

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет

Вісник
Криворізького національного
університету

Збірник наукових праць

Випуск 54

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.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. 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.; **Несмашний Є.О.**, 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 № 54 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 2 від 26.04.2022 року).

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

Кривий Ріг
Зміст

<i>Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко О. О., Гапоненко І. О.</i> Попереднє оброблення пульпи ультразвуком для очищення рудних зерен та дезінтеграції флокулоутворень на основі ефектів кавітації	3
<i>Рабінович Е.Х., Грицук І.В., Буравцев М.Х., Зуєв В.О., Володарець М.В., Рижова В.Ю.</i> Оцінка ухилу дороги методом точок однакових швидкостей	8
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В.</i> Удосконалення системи і класифікації фінансово-економічних показників, як чинник забезпечення ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу та якісного розвитку підприємства	16
<i>Швагер Н.Ю., Комісаренко Т.А., Пряжнікова К.К.</i> Методи нейтралізації електричних зарядів гранульованих вибухових речовин при їх пневмотранспортуванні	22
<i>Толмачов С. Т., Ільченко О. В., Власенко В. А.</i> Розрахунок та оптимізація імпульсних апаратів для розмагнічування пульп чорних металів	27
<i>Замицький О.В., Громадський В.А., Ільченко О.В.</i> Вибір конструкції змішувача контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора	33
<i>Бойко С.М., Касаткіна І.В., Данілін О.В.</i> Вплив на якість електричної енергії впровадження джерел розосередженої генерації	37
<i>Шишкіна О.О.</i> Бетони високої міцності для композитних матеріалів	42
<i>Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко О. О., Гапоненко І. О.</i> Використання нелінійних ультразвукових вимірювань для оцінки параметрів осадження твердої фази пульпи у дешламаторі ...	46
<i>Куліковська О. Є.</i> Геодезія, картографія і кадастр у Сербській Республіці	50
<i>Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Савенко В.О., Балецька К.В.</i> Класифікація геосинтетичних матеріалів	56
<i>Долгих О.В.</i> Вибір типу знімальної камери для маркшейдерського забезпечення гірничодобувних підприємств ...	63
<i>Лашин О. С., Лашин О. О., Худик М. В.</i> Безпека проведення висхідних виробок за допомогою бурильних машин	70
<i>Сахно С.І., Янова Л.А., Пицикова О.В., Манько А.Є., Пицикова К.С.</i> Аналіз напружено-деформованого стану конструкції п'ятиповерхової будівлі з CLT панелей методом скінчених елементів	76
<i>Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Савенко В.О., Болотніков А.В.</i> Особливості рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються	83
<i>Горбачов Ю.Г., Громадський А.С., Кривенко О.Ю., Чумак Ю.І.</i> Дослідження можливості створення конструкції легкого вібротранспортного модулю універсального призначення	89
<i>Чубенко В.А., Дмитрієв І.</i> Дослідження раціональних режимів обробки при прокатуванні прямокутної смуги	94
<i>Астахова Н. В.</i> Дослідження деформативних властивостей цементного каменю з використанням активованих відходів ГЗК	98
<i>Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О.</i> Обґрунтування параметрів інструментального забезпечення виробництва в умовах функціонального аутстафінгу або аутсорсингу	103
<i>Турило А.М., Турило А.А., Короленко Р.В., Короленко С.М.</i> Стратегія розвитку, корпоративне управління і людський капітал відносно економічної стратегії, економічної девіації і фінансово-економічної безпеки в діяльності підприємства	109
<i>Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Савенко В.О., Коваль С.А.</i> Застосування енергопоглиначів у металевих каркасах будівель	115
<i>Жуков С. О., Костянський О.М.</i> Прогнозування змін параметрів вантажопотоків ДПП конвейсних підйомників в наступному періоді їх експлуатації	121
<i>Горбачов Ю.Г., Громадський В.А., Ліфенцов О.С., Трішин Д.В.</i> Розробка пристрою для безупинного завантаження потягу віброживильником під час очисного виймання руди	126
<i>Шепель О.Л., Худик М.В., Косенко А.В.</i> Дослідження питання зниження гірничого тиску при випуску руди за різних умов, що впливають	131
<i>Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О.</i> Визначення можливості використання відходів видобутку та збагачення залізних руд при будівництві автошляхів в кра'єрі та на відвалах	137
<i>Данилейко О.К., Коломіц Г.В.</i> Розробка пристрою для визначення груп з'єднання обмоток трифазних трансформаторів	143

<i>Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Савенко В.О., Яблонська В.М.</i> Використання сучасних ефективних утеплювачів для підвищення енергоефективності громадських будівель	153
<i>Rumiantseva O. P., Shvets D. V., Karabut N. O.</i> Influence of information technologies on the environment and support for green computing as a solution to ecological problems	159
<i>Шахно А.Ю., Турило А.А.</i> Підвищення ролі цінності людини на інноваційний розвиток підприємства	163
<i>Кравченко О.М.</i> Дослідження параметрів функцій приналежності тривимірного інтервального нечіткого контролера для ультразвукового очищення	173
<i>Бровко Д.В., Романенко А.О., Сидоренко В.Д.</i> Визначення відстані до сейсмічного явища в межах кар'єрного поля на основі звукометричних методів контролю	179
<i>Куліковська О. Є., Переметчик А.В., Катушков В.О., Ісаєв О.П.</i> Порівняльний аналіз програмних систем SinergyMap і ЗЕМПРО (Spliterw)	183
<i>Перович Л.М., Перович І.Л., Сидоренко В.Д., Паламар А.Ю.</i> Універсальний підхід до оцінки територій	190
АНОТАЦІЇ	
<i>А н о т а ц і ї</i>	196

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори,
В. В. ТРОНЬ, канд. техн. наук, доц., О. Ю. СЕРДЮК, асист.,
О. О. ГАПОНЕНКО, І. О. ГАПОНЕНКО, наукові співробітники
Криворізький національний університет

ПОПЕРЕДНЄ ОБРОБЛЕННЯ ПУЛЬПИ УЛЬТРАЗВУКОМ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РУДНИХ ЗЕРЕН ТА ДЕЗІНТЕГРАЦІЇ ФЛОКУЛОУТВОРЕНЬ НА ОСНОВІ ЕФЕКТИВ КАВІТАЦІЇ

Метою дослідження є підвищення ефективності флотаційного доведення магнетитових концентратів шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток.

Методи дослідження. При дослідженні процесу флокулоутворення та дефлокуляції враховано залежність величини магнітної сприйнятливості часток рудної сировини від тривалості намагнічування. Результати експериментальних досліджень використання пристрою розмагнічування часток залізорудної пульпи, одержані із застосуванням ультразвукового гранулометра «Пульсар».

Наукова новизна. На підставі дослідження закономірностей протікання кавітаційних процесів одержано залежності, які дозволяють визначити оптимальну частоту високоенергетичного ультразвуку для підтримання кавітаційних процесів у залізорудній пульпі у залежності від параметрів її складових.

Практичне значення. На основі результатів моделювання встановлено, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу, який включає комбінацію високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц та імпульсного магнітного поля спадної напруженості.

Результати. Запропоновано застосовувати нелінійні ефекти поля високоенергетичного ультразвуку та дослідити особливості формування кавітаційних режимів у залізорудній пульпі для дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток рудної сировини. На основі узагальненої моделі динаміки руху повітряних бульбашок, представленої у вигляді рівняння Релея-Плессета, розраховано параметри ультразвукового впливу для формування і підтримання у залізорудній пульпі кавітаційних процесів і акустичних течій. Для моделювання процесу поширення ультразвукового сигналу в рідкому середовищі в умовах зміни швидкості поширення звуку та зміни щільності використовують метод k -space першого й другого порядку, заснований на системі лінійних рівнянь першого порядку. Розрахунок потужності високоенергетичного ультразвуку, що дозволяє підтримувати кавітаційні режими у залізорудній пульпі, здійснювався на основі результатів дослідження поширення фронту ультразвукового імпульсу за допомогою комп'ютерного моделювання.

Ключові слова: ультразвук, кавітація, залізорудна пульпа, дезінтеграція, флокулоутворення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-3-8

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Під дією ультразвуку в рідкому середовищі відбуваються фізичні, хімічні та фізико-хімічні процеси, до яких відносять: кавітацію, радіаційний тиск і ультразвукові потоки [1,2]. Оскільки рідини є чутливими до розтяжних зусиль, отже під впливом потужних ультразвукових коливань у рідині виникають зони стиснення та розрідження. При проходженні фази хвилі, що створює розрідження, у рідині утворюється велика кількість розривів у вигляді кавітаційних бульбашок, які в наступній фазі стиснення різко закриваються. Різницю в дії ультразвуку на окремі мінерали було успішно використано в низці робіт [3-5]. Наприклад, встановлено можливість подрібнення мінералів шаруватої структури (графіт, молібденіт) до високого ступеня дисперсності. Процес подрібнення молібденіту в умовах надлишкового статичного тиску дозволяє за один і той же час отримати продукт, дисперсність якого в 2-3 рази вища від дисперсності продукту, одержуваного при атмосферному тиску [3]. Отже, застосування ультразвуку при переробці рудної сировини залишається актуальною сферою і потребує подальших досліджень..

Аналіз досліджень та публікацій. Впровадження ультразвуку у водну систему переробки рудної сировини забезпечує специфічну активацію на основі двох фізичних явищ: акустичної кавітації та акустичного вітру [6-9]. Виділення газу у процесі акустичної кавітації є найбільш переважним при меншій частоті в діапазоні від 20 до 40 кГц, тоді як акустичний вітер домінує на частотах вище 400 кГц та 1 МГц в ультразвуковій та мегазвуковій системах відповідно [6]. Швидкий розпад кавітаційних бульбашок не тільки спричиняє дефрагментацію часток, але й створює значну силу зсуву в об'ємному середовищі, що призводить до генерування енергійних ефектів перемішування та акустичного вітру. Поєднання цих ефектів призводить до розриву

вугільно-домішкових зв'язків, видалення шламового покриття з вугілля, забивання реагенту в серцевину часток, поліпшення масообміну, збільшення площі поверхні часток вугілля і, нарешті, допомагає у вдосконаленні фізичного, фізико-хімічного та хімічного процесів збагачення вугілля. Ефекти кавітації та акустичного вітру також відповідають за посилення подрібнюваності, суспензійності та ефективності зневоднення вугільної суспензії. Важливо відзначити, що ефект кавітації підвищує температуру середовища для суспензії вугілля під час ультразвукової обробки, і це може вплинути на властивості вугілля, оскільки вугілля чутливе до температури.

Результати експериментів [10] продемонстрували підвищення виходу чистого вугілля з 3% до 10%, більше видобутку чистого вугілля та зменшення вмісту сірки, ртуті, золи та вологи в обробленому вугіллі. Ці результати були пов'язані з ультразвуковими ударними хвилями, що утворюються внаслідок кавітації бульбашок, що відповідає за порушення властивих зв'язків між вугіллям та золеутворюючими мінеральними домішками, та очищенням часток вугілля від домішок. Кавітація також сприяла видаленню небажаних часток глини, шламів та продуктів окислення, що покривають поверхню вугілля.

Застосування згаданих методів є перспективним підходом до підвищення ефективності технологічних процесів збагачення залізородної сировини [11,12].

Постановка завдання. Метою роботи є підвищення ефективності флотажного доведення магнетитових концентратів шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток. Для досягнення поставлено мети необхідно дослідити особливості формування кавітаційних режимів у залізородній пульпі за допомогою високоенергетичного ультразвуку.

Викладення матеріалу та результати. Моделювання поведінки повітряних бульбашок під дією ультразвукового випромінювання виконано з використанням спеціалізованого програмного пакету «Bubblesim» у середовищі MATLAB [13].

Динаміка розміру повітряних бульбашок у процесі моделювання визначалась на основі модифікованого рівняння Рейля-Плессета [14]

$$\ddot{a}a + \frac{3}{2}\dot{a}^2 + \frac{p_0 + p_l(t)p_l}{\rho} - \frac{a}{\rho c} \dot{p}_l = 0, \quad (1)$$

де a – радіус бульбашки, м; p_0 – гідростатичний тиск, Па; p_l – акустичний тиск, Па; p_l – тиск на поверхні бульбашки, Па; ρ – густина рідини, кг/м³; c – швидкість звуку, м/с.

Для визначення величини поверхневого тиску бульбашки p_l використано залежність

$$p_l = -4\eta_l \frac{\dot{a}}{a} - (T_2 - T_1) + p_g \left(\frac{a}{a_0} \right)^{3k}, \quad (2)$$

де η_l – коефіцієнт внутрішнього тертя; T_1, T_2 – натяг відповідно внутрішньої і зовнішньої стінки бульбашки; p_g – внутрішній тиск газу бульбашки, Па; k – газова константа політропного процесу.

Результати моделювання урахуванням нелінійних ефектів високоенергетичного ультразвуку представлено на рис. 1: початковий імпульс (рис. 1а), розсіяний імпульс: (рис. 1б); змінення радіусу бульбашки (рис. 1в).

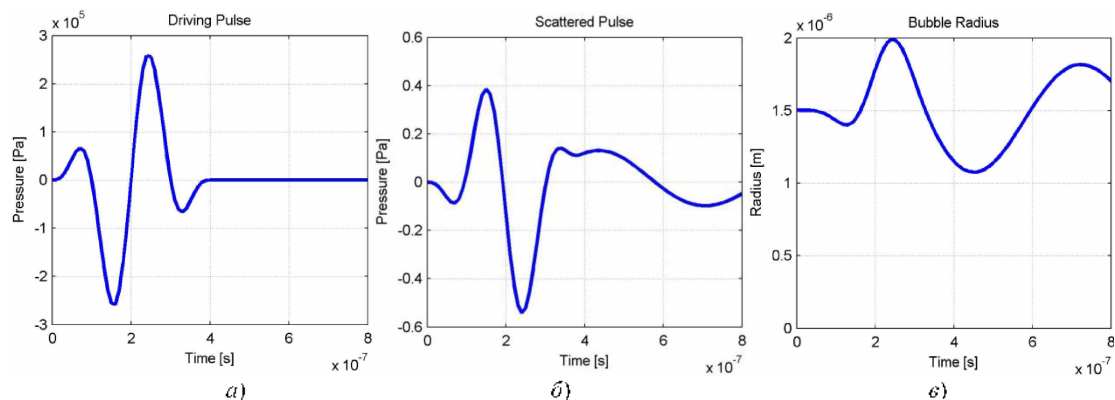


Рис. 1. Моделювання кавітаційних процесів при впливі високоенергетичного ультразвуку: а – початковий імпульс; б – розсіяний імпульс; в – змінення радіусу бульбашки

У процесі дослідження значення амплітуди радіаційного тиску ультразвуку становило 0,3 МПа, водночас частота ультразвуку змінювалась: 1 МГц, 3 МГц, 5 МГц (рис. 1)

Для моделювання процесу поширення ультразвукового сигналу в рідкому середовищі в умовах зміни швидкості поширення звуку та зміни щільності використовують метод k -спасе першого й другого порядку, заснований на системі лінійних рівнянь першого порядку [15–17]. Метод k -спасе другого порядку можна розглядати як модифікований метод кінцевих різниць, у якому просторовий лапласіан замінюється k -спасе оператором. Для застосування k -спасе методу до системи рівнянь першого порядку, що описують поширення хвиль, може бути використаний k -спасе оператор другого порядку шляхом його розділення на частини, які пов'язані з кожним просторовим напрямком. Для двовимірного випадку ця процедура виконується у такий спосіб

$$\begin{aligned} \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ x} &\equiv F^{-1} \left(ik_x e^{ik_x \Delta x / 2} \frac{\sin(c_0 \Delta t k / 2)}{c_0 \Delta t k / 2} F(p(r,t)) \right); \\ \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ y} &\equiv F^{-1} \left(ik_y e^{ik_y \Delta y / 2} \frac{\sin(c_0 \Delta t k / 2)}{c_0 \Delta t k / 2} F(p(r,t)) \right); \\ \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^- x} &\equiv F^{-1} \left(ik_x e^{ik_x \Delta x / 2} \frac{\sin(c_0 \Delta t k / 2)}{c_0 \Delta t k / 2} F(p(r,t)) \right); \\ \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^- y} &\equiv F^{-1} \left(ik_y e^{ik_y \Delta y / 2} \frac{\sin(c_0 \Delta t k / 2)}{c_0 \Delta t k / 2} F(p(r,t)) \right), \end{aligned} \quad (3)$$

так що

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ x} \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^- x} + \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ y} \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^- y} \right) p(r,t) = \\ = (\nabla^{(c_0 \Delta t)})^2 p(r,t) \end{aligned} \quad (4)$$

Просторово-частотні компоненти k_x і k_y визначено так, що $k^2 = k_x^2 + k_y^2$.

Використання операторів рівняння (3) дозволяє сформулювати k -спасе метод першого порядку. Застосування експоненціальних коефіцієнтів із рівняння (3) вимагає оцінювання швидкостей ультразвукової хвилі u_x і u_y по точках сітки з інтервалами $\Delta x / 2$ і $\Delta y / 2$ відповідно. Отриманий алгоритм має вигляд

$$\begin{aligned} \frac{u_x(r_1, t^+) - u_x(r_1, t^-)}{\Delta t} &= \frac{1}{\rho(r_1)} \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ x}; \\ \frac{u_y(r_2, t^+) - u_y(r_2, t^-)}{\Delta t} &= \frac{1}{\rho(r_2)} \frac{\partial p(r,t)}{\partial (c_0 \Delta t)^+ y}; \\ \frac{p(r, t + \Delta t) - p(r, t)}{\Delta t} &= \\ &= -\rho(r) c(r)^2 \left(\frac{\partial u_x(r_1, t^+)}{\partial (c_0 \Delta t)^- x} + \frac{\partial u_y(r_2, t^+)}{\partial (c_0 \Delta t)^- y} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

де

$$\begin{aligned} r_1 &\equiv (x + \Delta x / 2, y), \quad r_2 \equiv (x, y + \Delta y / 2), \\ t^+ &\equiv t + \Delta t / 2, \quad t^- \equiv t - \Delta t / 2. \end{aligned} \quad (6)$$

У рівнянні (5) коефіцієнти c_0 і ρ_0 , замінені просторово, змінюються значеннями швидкості звуку й щільності $c(r)$ і $\rho(r)$. Просторове розподілення в рівнянні (5) неявно вводиться в просторові похідні розглянутих операторів. Наприклад, оператори $\partial / \partial (c_0 \Delta t)^+ x$ і $\partial / \partial (c_0 \Delta t)^- x$, що визначаються за формулою (3), відповідають за властивістю зсуву перетворення Фур'є похідним, розрахованим після просторових зрушень $\Delta x / 2$ і $-\Delta x / 2$ відповідно.

Розрахунок потужності високоенергетичного ультразвуку, що дозволяє підтримувати кавітаційні режими у залізорудній пульпі, здійснювався на основі отриманих вище результатів дослідження поширення фронту ультразвукового імпульсу за допомогою пакета NIFUSimulator [18]. Результати розрахунку наведено на рис. 2.

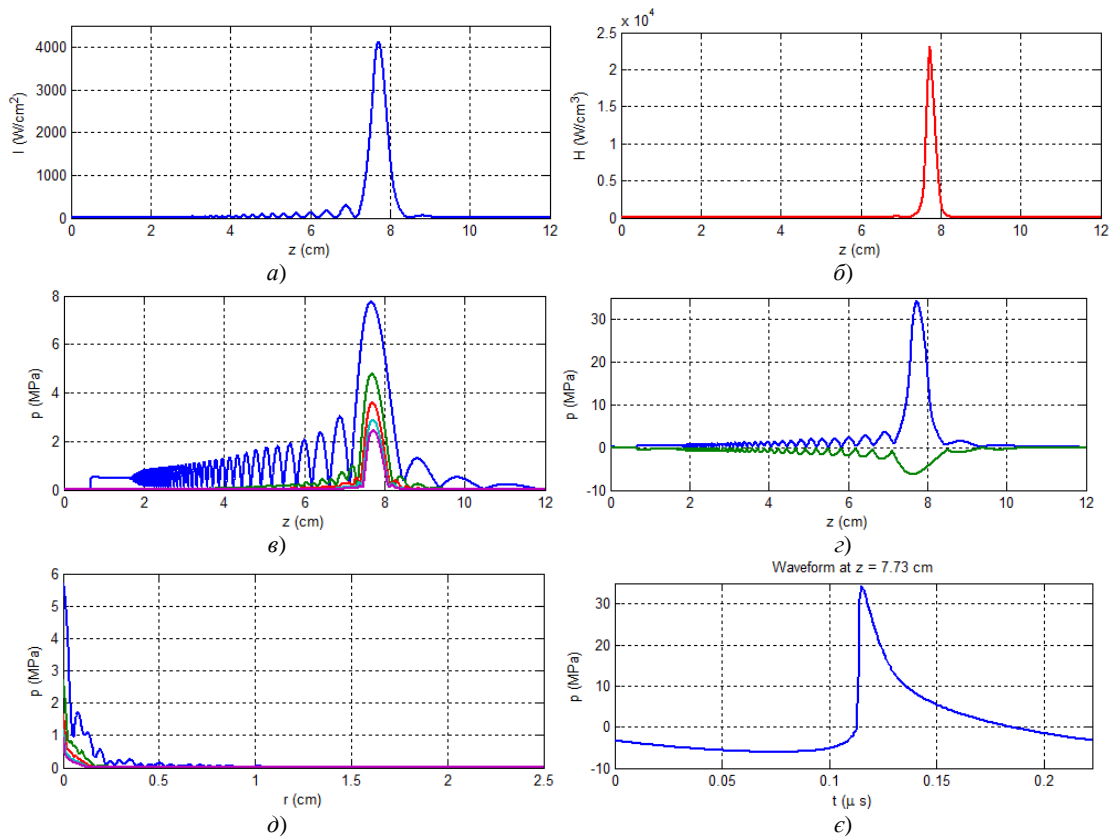


Рис. 2. Дослідження поширення фронту ультразвукового імпульсу за допомогою комп'ютерного моделювання: *a* – радіальна інтенсивність у фокусі ультразвукового випромінювання; *б* – інтенсивність фокусу ультразвукового випромінювання; *в* – осеве розподілення тиску п'яти перших гармонік ультразвукового випромінювання; *г* – осеві піки тиску в ультразвуковому випромінюванні; *д* – розподілення радіального тиску п'яти перших гармонік у фокусі ультразвукового випромінювання; *е* – форма ультразвукової хвилі по осі випромінювання на відстані ($z=7,73$ см), що відповідає піковій інтенсивності

Результати моделювання дозволяють зробити висновок про те, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц. Аналіз результатів виконаних досліджень дозволив зробити висновок про те, що для підвищення ефективності процесу флотації шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу, який включає комбінацію високоенергетичного ультразвуку та імпульсного магнітного поля спадної напруженості.

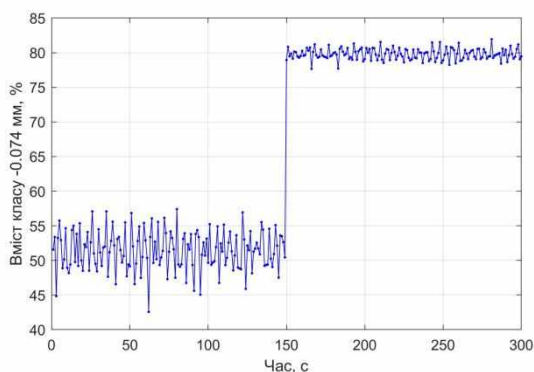


Рис. 3. Результати експериментальних досліджень використання пристрою розмагнічування часток залізорудної пульпи

На рис. 3 представлено результати експериментальних досліджень використання пристрою розмагнічування часток залізорудної пульпи, одержані із застосуванням ультразвукового гранулометра «Пульсар». Результати вимірювання на інтервалі 0-150 с одержано при вимкненому пристрої, результати вимірювання на інтервалі 151-300 – при увімкненому пристрої розмагнічування пульпи.

Результати моделювання дозволяють зробити висновок про те, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу, який включає комбінацію високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц та імпульсного магнітного поля спадної напруженості.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Для підвищення ефективності флотаційного доведення магнетитових концентратів шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток доцільно застосовувати нелінійні ефекти поля високоенергетичного ультразвуку для формування і підтримання у залізорудній пульпі кавітаційних процесів і акустичних течій. На підставі дослідження закономірностей протікання кавітаційних процесів одержано залежності, які дозволяють визначити оптимальну частоту високоенергетичного ультразвуку для підтримання кавітаційних процесів у залізорудній пульпі в залежності від параметрів її складових. На основі результатів моделювання встановлено, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу, який включає комбінацію високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц та імпульсного магнітного поля спадної напруженості.

Список літератури

1. Губин Г. В., Ткач В. В., Равинская В. О. Применение ультразвука для очистки поверхности измененных минеральных частиц перед флотацией. Качество минерального сырья : сб. научн. трудов. 2017. Т. 1. С. 341–349.
2. Morkun, V., Morkun, N., Pikilnyak, A. The adaptive control for intensity of ultrasonic influence on iron ore pulp. Metallurgical and Mining Industry. 2014. Vol. 6(6), P. 8–11.
3. Fornberg B. A. Practical Guide to Pseudospectral Methods. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
4. Golik V., Komashchenko V., Morkun V., Zaalishvili V. Enhancement of lost ore production efficiency by usage of canopies. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7 (4), P. 325–329.
5. Morkun V., Semerikov S., Hryshchenko S., Slovak K. Environmental geo-information technologies as a tool of pre-service mining engineer's training for sustainable development of mining industry. CEUR Workshop Proceedings. 2017. Vol. 1844, P. 303–310.
6. Ambedkar B., Nagarajan R., Jayanti S. Investigation of high-frequency, high-intensity ultrasonics for size reduction and washing of coal in aqueous medium, Ind. Eng. Chem. Res. 2011. Vol. 50. 13210–13219.
7. Ambedkar B. Ultrasonic coal-wash for de-ashing and de-sulfurization: experimental investigation and mechanistic modeling, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2012.
8. Morkun V., Morkun N., Tron V. Distributed closed-loop control formation for technological line of iron ore raw materials beneficiation. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7(7). P. 16–19.
9. Morkun V., Morkun N. Estimation of the crushed ore particles density in the pulp flow based on the dynamic effects of high-energy ultrasound. Archives of Acoustics. 2018. Vol. 43 (1). P. 61–67.
10. Harrison C.D., Raleigh C.E., Jr., Vujnovic B.J. The use of ultrasound for cleaning coal, in: Proceedings of the 19th Annual International Coal Preparation Exhibition and Conference, Lexington, KY, USA, 2002, P. 61–67.
11. Morkun V., Morkun N., Tron V. Model synthesis of nonlinear nonstationary dynamical systems in concentrating production using Volterra kernel transformation. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7(10), P. 6–9.
12. Morkun V., Morkun N., Tron V. Distributed control of ore beneficiation interrelated processes under parametric uncertainty. Metallurgical and Mining Industry. 2015. Vol. 7(8). P. 18–21.
13. Hoff L., Sontum P. C., Hovem J. M. Oscillations of polymeric microbubbles: Effect of the encapsulating shell. J. Acoust. Soc. Am. 2000. Vol. 107. P. 2272–2280.
14. Hoff L. Acoustic characterization of contrast agents for medical ultrasound imaging. Dordrecht ; London: Kluwer Academic Publishers, 2001.
15. Tabei M., Mast T. D., Waag R. C. A k-space method for coupled first-order acoustic propagation equations. Acoustical Society of America. 2002. Vol. 111 (1), Pt. 1. P. 53–63.
16. Pierce D. Acoustics: An Introduction to its Physical Principles and Applications, 2nd ed. Acoustical Society of America, Woodbury, NY, 1989.
17. Mast T. D., Souriau L. P., Liu D.-L., Tabei M., Nachman A. I., Waag R. C. A k-space method for large-scale models of wave propagation in tissue. IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control. 2001. Vol. 48. P. 341–354.
18. Sonesson J. HIFU Simulator v1.2. URL: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/30886-high-intensity-focused-ultrasound-simulator>

Е.Х. РАБІНОВИЧ, канд. техн. наук, доц.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

І.В. ГРИЦУК, д-р техн. наук, проф., Херсонська державна морська академія

М.Х. БУРАВЦЕВ, інж., В.О. ЗУЄВ, асист.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

М.В. ВОЛОДАРЕЦЬ, канд. техн. наук, доц.,

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

В.Ю. РИЖОВА, ст. викл., Міжнародний технологічний університет «Миколаївська політехніка»

ОЦІНКА УХИЛУ ДОРОГИ МЕТОДОМ ТОЧОК ОДНАКОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

Мета. Головною метою представленої роботи є вирішення актуального завдання підвищення ефективності оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги за рахунок розробки методу точок однакових швидкостей (ТОШ), що полягає у записі діаграм проїзду автомобіля накатом у двох протилежних напрямках та підбору таких точок, у яких модуль швидкості в обох напрямках однаковий.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використані положення теорії експлуатації автомобіля, методи обробки випадкових процесів і математичної статистики, а також, аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень.

Наукова новизна. Пропонується новий метод оперативного оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги. В основу методу покладено вимірювання параметрів руху транспортного засобу накатом вперед, потім зворотного руху його через ту ж точку і з однаковою швидкістю та подальшому розрахуванні необхідних параметрів дороги/автомобіля в частині визначення ухилу дороги. При цьому досягається необхідна точність значень градієнта, отриманих після необхідної кількості прогонів. Таким чином, з'явилася можливість раціонального застосування простих технічних засобів для визначення і оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині ухилу дороги.

Практична значимість. Результати і точність практичного керування процесом оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги та подальшому розрахуванні необхідних параметрів дороги/автомобіля, а саме якості складових компонентів реалізації представленого методу.

Авторами запропоновані теоретичні положення методу ТОШ, сформовані детальні рекомендації щодо вимірювання та обробки результатів, що покращують якість експериментального оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги.

Результати. Показано, що при оцінюванні продольних профілів дороги результати визначення градієнта мало залежать від вітрового навантаження (коливання від середнього до 1%) і від правильності оцінки опору автомобіля (коливання до 2%). Різниця градієнта за методом ТОШ з іншими методами становить близько 1 ppm на гладкій дорозі, близько 2 ppm на більш крутій дорозі з локальними пошкодженнями тротуару.

Ключові слова: транспортний засіб, параметри руху, швидкість, навігатор, профіль дороги, ухил, оцінка.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-8-16

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Конкуренція на ринку автомобільних перевезень змушує постачальників транспортних послуг будь-якими засобами знижувати собівартість послуг. Наразі спостерігається підвищений інтерес до дистанційного моніторингу роботи рухомого складу. Це, безумовно, підвищить якість оперативного управління, знизить простой через організаційні та технічні проблеми – але не позбавить перевізника від втрат через неточне планування, нормування та прогнозування роботи автомобілів.

Ухил дороги – один із найсильніших факторів, що підвищують витрати палива чи електроенергії. Навіть якщо завтра всі автомобілі стануть електричними, а післязавтра – водневими, залишиться викид в атмосферу тепла від вироблення електроенергії для зарядки електромобілів, від електролізу води для отримання водню – і всієї витраченої автомобілем та перетвореної на тепло енергії. Про останнє часто забувають, а навіть невеликий автомобіль масою 1,5 т на звичайній швидкості 80 км/год витрачає на подолання опорів 40-50 кВт. Дуже скромний ухил 0,02 збільшує це число вдвічі. Відповідно зростає витрата палива – і знижується середня технічна швидкість, тобто збільшується плановий час доставки пасажирів та/або вантажів. Останнє особливо важливе для планування військових операцій.

Але оцінити ухили окремих ділянок дороги непросто. Можна знайти офіційні дані про ухили основних доріг (щоправда, є ризик отримання даних за проектом, а не здавальної зйомки). Але це не відноситься до зон будівництва автомобільних і залізничних доріг, ЛЕП, нових посе-

лень – там часто-густо вантажні автомобілі рухаються по об'їздах і тимчасових дорогах, що використовуються недовго (так що немає сенсу замовляти дорогу геодезичну зйомку). Тому вимір ухилів – важлива, актуальна і відповідальна задача, і так само важливий і актуальний пошук способів скорочення витрат праці та коштів на її вирішення.

Аналіз досліджень і публікацій. При створенні доріг застосовуються геодезичні способи побудови поздовжнього профілю – нівелювання поверхні та теодолітна зйомка, що страждають великою трудомісткістю та низькою продуктивністю, – або більш сучасні GNSS-технології (диференціальні вимірювання супутникових сигналів двома одночасно діючими дорогими професійними геодезичними приймачами, один з яких є базовим і повинен бути встановлений у точці з відомими координатами, а другий, пересувний, використовується для визначення координат і висот точок, що цікавлять) [1].

У прикладних задачах для вимірювання ухилів використовують водяний рівень, бульбашкові рівні, механічні та електронні інклінометри. Вони дають прийнятну точність на ділянках довжиною до десятків метрів, але при більшій довжині вимагають надмірних витрат часу та праці. Відомі непрямі методи, наприклад, оцінка ухилу швидкості руху контрольного автомобіля, для якого встановлена залежність цієї швидкості від відомих ухилів при фіксованому положенні органу управління подачею палива [2]. Недолік цього способу – велика варіабельність параметрів робочого циклу двигуна, властивостей палива, погодних умов тощо. Зараз все ширше застосовуються відносно дешеві туристичні приймачі супутникових сигналів, оснащені барометричним альтиметром (БА), який вимірює висоту точніше, ніж за GPS-сигналами, але вимагає серйозної підготовки оператора [3]. У роботі [4] описано вимірювання ухилу дороги поєднанням датчиків прискорень, сигналів GPS/ГЛОНАСС та водяного рівня. Отримано середній ухил 3° із середньою похибкою $0,2^\circ$ та максимальною $0,47^\circ$ (відповідно 8,8 та 15,6%). Для оцінки витрати пального та викиду шкідливих речовин, а також для експертизи ДТП такі похибки надто великі. Відомі різні поєднання методів супутникової навігації з вимірюванням параметрів руху автомобіля - метод скочування, метод стабілізації швидкості - і аналізований метод точок однакових швидкостей (ТОШ) [5].

Пропонуються різні прийоми, наприклад, поєднання побутових навігаторів з високоточними приймачами супутникових сигналів при багаторазових проїздах потрібною ділянкою дороги [6]. У роботі [7] використовується лише стандартне обладнання вантажного автомобіля (навігатор, БА, датчик крутного моменту). Опір кочення і повітря оцінюються розрахунком, обчислюється ухил і зіставляється з еталонним значенням, отриманим від державної дорожньої служби.

Ринок пропонує інклінометри тощо (наприклад, [8]), однак вони не дають потрібної точності виміру ухилів дороги.

У деяких випадках прийом супутникових сигналів утруднений або взагалі неможливий, наприклад, на вузьких дорогах у мокрому листяному лісі або місті з густою багатоповерховою забудовою [9], а також за наявності біля траси вишок стільникових ретрансляторів, діючих радіолокаторів і навантажених ЛЕП високої напруги, які створюють місцеві перешкоди.

Постановка задачі. Отже, практиці потрібен метод вимірювання ухилів дороги для побудови її поздовжнього профілю, який забезпечує потрібну точність, наприклад, 0,001, не вимагає спеціальних засобів, зокрема приймачів супутникових сигналів, і надмірних витрат праці, часу і фінансів. Як такий обраний метод ТОШ (точок однакових швидкостей), що полягає у записі діаграм проїзду автомобіля накатом у двох протилежних напрямках та підбору таких точок, у яких модуль швидкості в обох напрямках однаковий.

Викладення матеріалу та результати. Метод ТОШ пропонується для випадків відсутності барометричного альтиметра (БА) або неможливості його застосування за погодними або місцевими умовами. Від його застосування і був названий метод [1-12].

Будемо називати рухом у прямому напрямку підйом по ухилу, у зворотному – спуск. На підйомі розганяють автомобіль до потрібної швидкості, а потім роз'їднують трансмісію і пускають автомобіль на вибіг, тобто рух накатом, за інерцією. На спуску можна чинити так само, а можна просто торкнутися автомобіль з місця двигуном, а далі пустити на вільне скочування - на ухилі швидкість його зростає до настання рівності скочувальної сили з сумою опорів.

Теоретичні основи методу ТОШ. Два режими руху описуються двома рівняннями з деякими однаковими членами, що дозволяє зменшити кількість невідомих. Аналіз сил, що діють на автомобіль на ухилі, проілюстрований на рис. 1.

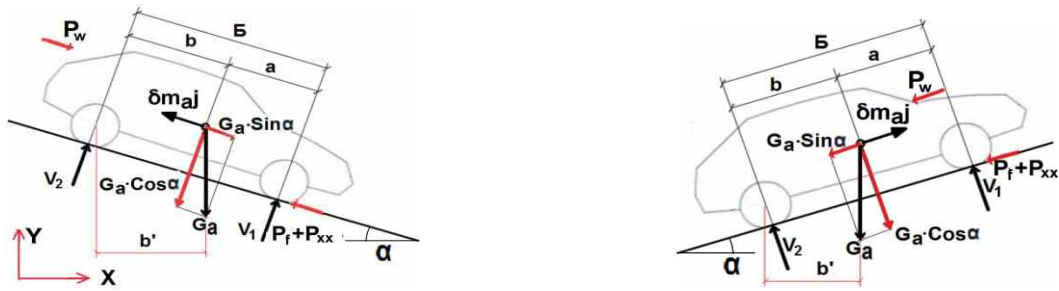


Рис. 1. Сили, що діють на автомобіль на спуску (ліворуч) та на підйомі

Силовий баланс на спуску

$$P_a - P_f - P_{xx} - P_{wdn} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} = 0, \quad (1)$$

де P_a - скочувальна сила, Н; P_f - сила опору коченню, Н; P_{xx} - опір холостого ходу трансмісії, Н; P_w - опір повітря, Н; m - маса автомобіля в даному випадку, кг; δ - коефіцієнт урахування обертових мас; j_{dn} - прискорення автомобіля під час руху на спуск (down), m/c^2

$$P_a = i(S) \cdot m \cdot g, \quad (2)$$

де $i = \sin \alpha$, ухил, що змінюється в залежності від шляху автомобіля S; α - кут нахилу поздовжньої осі дороги до горизонту; g - прискорення вільного падіння, m/c^2 ; $g = 9,81 m/c^2$

$$P_f = f(v) \cdot m \cdot g, \quad (3)$$

де $f(v)$ - коефіцієнт опору коченню (КОК), що залежить від швидкості автомобіля; v - швидкість автомобіля, м/с

$$P_{xx} = P_0 + 3.6a \cdot v \approx (1 \dots 2) \cdot (6 + 1.2v) \quad (4)$$

$$P_w = kF \cdot (v \pm w)^E \quad (5)$$

де k - фактор обтічності; $k = 0.5\rho \cdot C_x$ (ρ - густина повітря, kg/m^3 , C_x - коефіцієнт лобового аеродинамічного опору); F - лобова площа автомобіля, m^2 ; w - проекція вектора швидкості вітру на вісь дороги, м/с; E - запропонований у роботі [13] показник ступеня. В першому приближенні $E=2$.

Додамо рівняння руху автомобіля на підйом з прискоренням j_{up}

$$\begin{cases} +P_a - P_f - P_{xx} - P_{wdn} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} = 0 \\ -P_a - P_f - P_{xx} - P_{wup} - \delta \cdot m \cdot j_{up} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Обидва рівняння описують рух автомобіля через ту саму точку дороги (тобто ухил в обох рівняннях однаковий) і з однією і тією ж за модулем швидкістю. Віднімаючи друге рівняння з першого, ми знайдемо скочувальну силу, а через неї - ухил.

$$\begin{aligned} 2P_a - P_{wdn} + P_{wup} - \delta \cdot m \cdot j_{dn} + \delta \cdot m \cdot j_{up} &= 0; \\ 2m \cdot g \cdot i - kF(v \pm w_{dn})^E + kF(v \cdot m \cdot w_{up})^E + \delta \cdot m \cdot (j_{up} - j_{dn}) &= 0; \\ i = \frac{kF[(v \pm w_{dn})^E - v \cdot m \cdot w_{up}^E] - \delta \cdot m \cdot (j_{up} - j_{dn})}{2m \cdot g} \end{aligned} \quad (7)$$

Якщо швидкість вітру в обох режимах однакова за модулем і напрямом ($w_{dn} = w_{up} = w$), а $E = 2$, то

$$i = \frac{-kF \cdot 4v \cdot w - \delta \cdot m \cdot (j_{dn} - j_{up})}{2mg} \quad (8)$$

Якщо рівняння не віднімати, а складати, отримаємо формулу для розрахунку КОК

$$\begin{aligned} P_f &= -(j_{dn} + j_{up}) \cdot \delta \cdot \frac{m_a}{2} - kF[(v + w)^2 + (v - w)^2] - P_x; \\ f &= \frac{P_f}{(g \cdot m_a)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Іноді маса автомобіля у русі на спуск m_{dn} не дорівнює його масі у русі на підйом m_{up} . Введемо коефіцієнт маси

$$K_m = m_{dn}/m_{up} \quad (10)$$

Перепишемо систему рівнянь з урахуванням нерівності мас

$$\begin{cases} m_{dn}gi - kF(v \pm w_{dn})^2 - P_{xx} - m_{dn}gf - \delta m_{dn}j_{dn} = 0; \\ -m_{up}gi - kF(v m w_{up})^2 - P_{xx} - m_{up}gf - \delta m_{up}j_{up} = 0, \end{cases}$$

помножимо друге рівняння на введений коефіцієнт маси

$$-m_{up}gi \cdot kF \cdot K_m (vmw_{up})^2 - P_{xx} \cdot K_m - m_{up}gf \cdot K_m - \delta m_{up}j_{up} \cdot K_m = 0,$$

перетворимо з урахуванням того, що $m_{up} \cdot K_m = m_{dn}$,

$$-m_{dn}gi - kF \cdot K_m \left(\frac{v_a}{3.6} - v_w \right)^2 - P_{xx} \cdot K_m - m_{dn}gf - \delta m_{dn}j_{up} = 0$$

і віднімемо перетворене друге рівняння від першого

$$2m_{dn}gi - kF \cdot \left[(v \pm w_{dn})^2 - K_m (vmw_{up})^2 \right] - P_{xx}(1 - K_m) - \delta m_{dn}(j_{dn} - j_{up}) = 0$$

Звідси отримуємо формулу для ухилу

$$i = \frac{kF \cdot \left[(v \pm w_{dn})^2 - K_m (vmw_{up})^2 \right] + P_{xx}(1 - K_m) + \delta m_{dn}(j_{dn} - j_{up})}{2m_{dn}g}. \quad (11)$$

Формулу для коефіцієнта опору коченню можна отримати, якщо не віднімати одне рівняння від іншого, як у загальному випадку, а скласти їх, або просто підставити готове значення ухилу в одне з рівнянь, наприклад, друге, і перетворити:

$$f = \frac{m_{dn}gi - kF(v \pm w_{dn})^2 - P_{xx} - \delta m_{dn}j_{dn}}{m_{dn}g}. \quad (12)$$

Експериментальна перевірка. Попередні випробування підтвердили результативність такого підходу. Найбільші експерименти, що мали на меті зіставлення можливостей різних методів і шляхів їх удосконалення, були проведені на чотирьох автомобілях: DAEWOO Lanos (FSO, Польща), Hyundai i30 (2007), ZAZ Lanos та Samara2 VAZ-2115. Використані дані незалежних тестів на автомобілі Renault Kangoo.

Обладнання: приймач сигналів GPS/ГЛОНАСС (навігатор) туристський Garmin eTrex 30 з барометричним альтиметром, чашковий анемометр MC-13, фотокамери Canon PowerShot A700 і A2100 IS.

Випробувальні режими: розгін на підйом з наступним вибігом до кінця мірної ділянки дороги (на першій ділянці – на південь, на другій – на північ), а після розвороту у зворотному напрямку, на спуск – або повторення розгону з вибігом, або скочування з різних швидкостей; розгони виконувались на 4-й передачі від 60 до 130 км/год, на 3-й – від 50 до 110 км/год, на 2-й – від 20 до 80-90 км/год, на 1-й – від 0 до 40-50 км/год; розгони на другій передачі удавалося повторити в одному напрямку за один заїзд два-три рази, на 1-й – до 7 разів.

Протягом усього експерименту навігатор кожену секунду записував трек, тобто значення часу, широти, довготи та висоти у кожній послідовній точці. Використання описаних вище прийомів дозволяло зчитувати значення показників з точністю до 10 знаків після коми [12-20].

Обробка результатів вимірювань. Координати точок однакових швидкостей (ТОШ) знаходили після перетину кривих вибігу автомобілів на підйомі після розгону з кривими вільного скочування на спуску. Приклад діаграми перетинів показано на рис. 2. Точкові значення швидкості обчислювали діленням шляху між двома сусідніми точками ΔS на відповідне збільшення часу Δt з подальшим згладжуванням отриманого ряду точкових швидкостей методом ковзної середньої або поліномами.

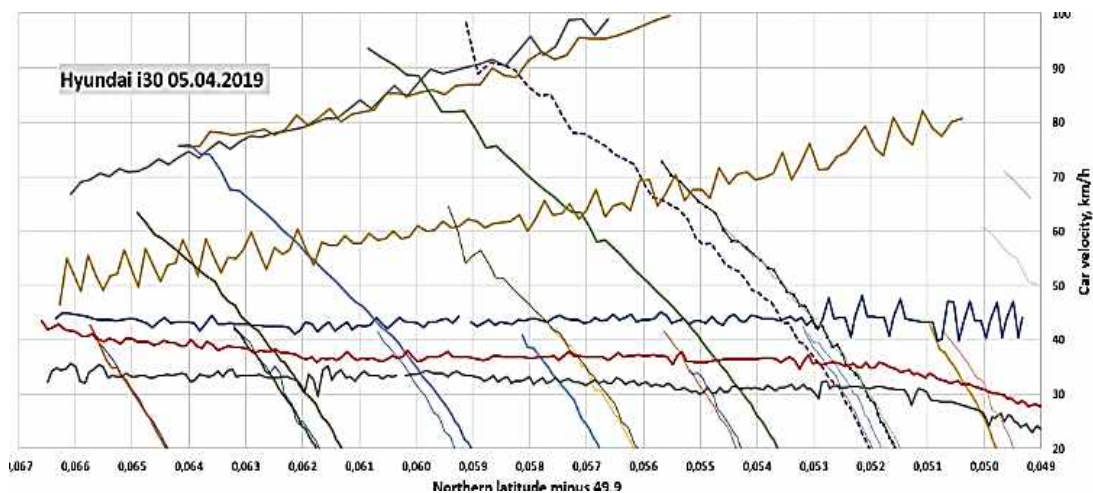


Рис. 2. Приклад діаграми пошуку ТОШ для автомобіля Hyundai i30; криві скочування (близькі до горизонталі) йдуть справа наліво, криві вибігу (крутіші) – зверху вниз

Якщо криві перетиналися в зоні явного порушення гладкості дорожньої поверхні, що повторюється на кількох кривих скочування, цю точку видаляли з масиву (приклад – зона широт від 0,0526 до 0,0530, рис. 3). Прискорення в ТОШ обчислювали по кривій апроксимації швидкості в п'яти послідовних прольотах (між шістьма точками), причому ТОШ перебувала в останньому прольоті, а в безперечних випадках - по середньому прискоренню в цьому останньому прольоті. Так досягалося оптимальне наближення розрахункових ухилів до значень за методом БА при найменшій дисперсії.

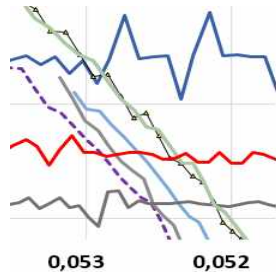


Рис. 3. Приклад повторюваних у різних вимірах порушень гладкості дорожньої поверхні

Криві позначали номером рядка в таблиці треку, точки – номерами кривої вибігу та кривою скочування, наприклад, Zu1491_2175 (Zu – індекс випробувача, який виконував заїзд).

Урахування впливу вітру та аеродинаміки автомобіля. Можливо припустити, що найточніші результати дасть поєднання вибігу та скочування, розділених найменшим інтервалом часу. Однак, за нашими спостереженнями, за три секунди швидкість вітру може змінитися вдвічі, а напрямок – на 120°. Тому в роботі використані формули, що дозволяють підставляти різні значення швидкості вітру у прямому та зворотному напрямках.

Як показав аналіз, результати розрахунку ухилу i та коефіцієнта опору коченню f мало залежать від швидкості вітру w та фактора обтічності kF – табл. 1 і 2, де i і f обчислені для прийнятних діапазонів можливих значень w і kF . За результатами наших вимірювань, найбільший розмах швидкості вітру у дозволеному стандартом [14] діапазоні до 3 м/с на рівні до 1 м становить 1,8 м/с (рис. 4).

Таблиця 1
Варіація розрахункового ухилу (проміле) у межах можливого діапазону швидкості вітру та фактора обтічності

Сх дорожній	kF	Швидкість вітру, м/с					Середн.
		1	1,5	2	2,5	3	
0,34	0,5458	17,93	17,71	17,85	17,98	18,10	17,92
0,36	0,5779	17,98	17,74	17,89	18,03	18,16	17,96
0,38	0,6100	18,02	17,77	17,93	18,07	18,21	18,00
0,4	0,6421	18,06	17,80	17,96	18,12	18,26	18,04

Основні вимірювання виконано на автомобілі Hyundai i30 із номінальним $S_x=0,329$. На дорозі за даними [14] значення може бути на 3 ... 13% більше, з прийнятою нами добавкою від поперечок для багажника - до 20%. Відповідно прийняті діапазони швидкості вітру від 1 до 3 м/с, для S_x – від 0,34 до 0,4. Найбільш можливе відхилення ухилу від загального середнього – до 0,001, КОК – менше 0,5 кгс/т (тобто 0,0005). Тож у практичних розрахунках замість невідомих значень цих чинників можна використовувати значення середні чи найімовірніші за оцінкою розрахувальника. Однак це справедливо лише за стабільного напрямку вітру.

Таблиця 2
Варіація розрахункового коефіцієнта опору коченню (кгс/т) у межах можливого діапазону швидкості вітру та фактору обтічності, кгс/т

Сх дор.	kF	Швидкість вітру, м/с					середн.
		1	1,5	2	2,5	3	
0,34	0,4281	17,53	17,57	17,62	17,69	17,78	17,637
0,36	0,4533	17,66	17,70	17,76	17,84	17,93	17,778
0,38	0,4785	17,80	17,84	17,90	17,98	18,08	17,920
0,4	0,4852	17,83	17,88	17,94	18,02	18,12	17,957

У загальному випадку воно заслуговує на серйозну увагу: за час одного проїзду (3...5 хв) напрямок може змінитися два-три рази. Якщо в основному вітер спрямований уперек дороги, то варіація напрямку змінюватиме знак його проекції на вісь дороги. Відповідно буде змінюватись і результат розрахунку ухилу. Поки вітер слабкий, відмінності незначно малі, але зростатимуть у міру його посилення. Так, зміна знака швидкості вітру 5 м/с, що підставляється у фо-

рмули, з плюсу на мінус змінює розрахунковий ухил на 6 проміле, що у відповідальних випадках може дати негативні результати, наприклад, визнання побудованої ділянки дороги не відповідною до вимог нормативних документів. Тому в таких випадках бажано супроводжувати вимірювання синхронним записом швидкості та напрямку вітру.

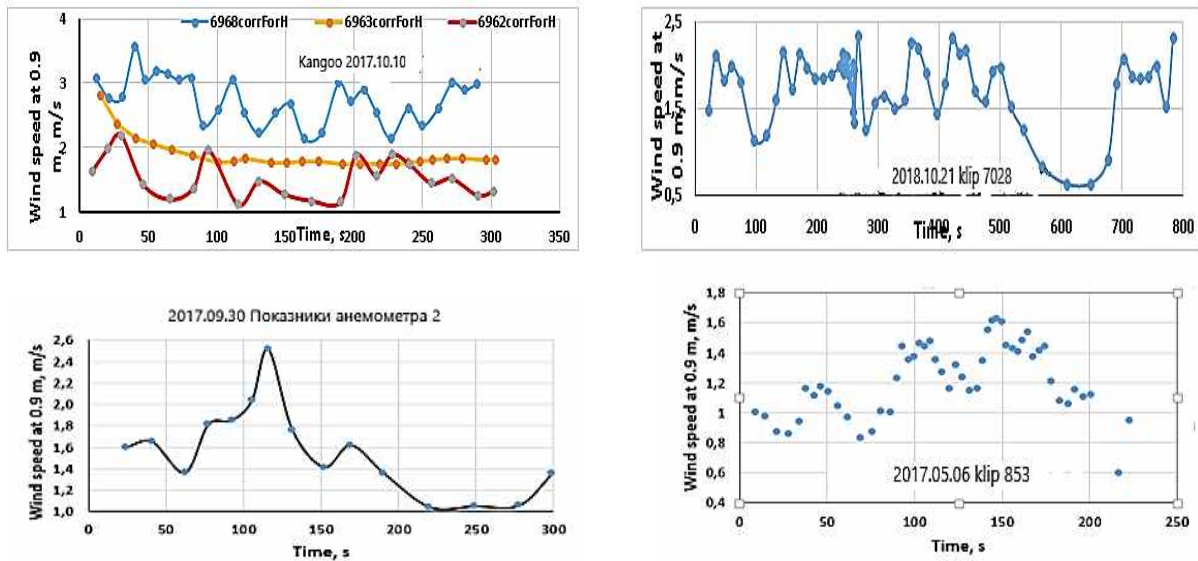


Рис. 4. Діаграми швидкості вітру у різних експериментах

Результати експериментів та їх зіставлення з результатами вимірів методом БА. У розрахунках використані дані 134 точок, у тому числі по автомобілю DAEWOO Lanos – 25 точок, і30 – 84, ZAZ Lanos – 15 і VAZ-2115 – 10 точок. Результати в порівнянні з діаграмою ухилів, отриманої М. Буравцевим за показаннями БА шляхом двоступінчастого згладжування багаторазових вимірювань, представлені на рис. 5. Зрозуміло, ці дані також є непрямими, але прийняті тут як точніші – через брак актуальних даних геодезичних вимірів.

На рис. 5 червоні трикутні маркери означають середні значення в групах по п'ять ТОШ (точки 1-5, 6-10 і т.д.). Дрібні червоні круглі маркери, з'єднані відрізками прямих, це ковзні середні значення з інтервалом згладжування 5, тобто середні в послідовних групах по п'ять ТОШ, складених зсувом на одну точку (1-5, 2-6, 3-7 і т.д.). Фіолетові Х-подібні маркери, з'єднані відрізками прямих – це середні значення ухилів за 33 симетричними суміщеними точками, отримані двоступінчастою обробкою експериментальних даних з восьми заїздів.

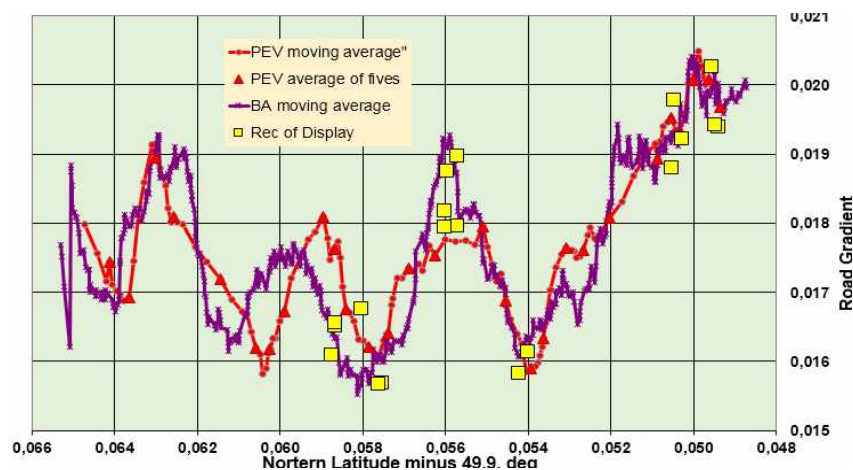


Рис. 5. Поздовжні профілі ділянки 1, побудовані за результатами експериментів двома методами

Як видно з діаграми, розбіжність між ординатами БА і ТОШ найчастіше укладається в одну тисячну. Для автомобіля масою 1,5 т це означає різницю щодо оцінки опорів 15 Н, тобто 1,5 кгс, при загальному опорі руху підйому – 500...700 Н. Розбіжність абсцис не перевищує

0,001 градуса довготи, тобто до 72 м. Більшість практичних завдань автотранспорту такі розбіжності допускає.

Одним із завдань дослідження була перевірка можливості використання грубіших вимірвальних засобів. Згадані вище різні програми для зчитування даних з навігаторів виводять значення широти і довготи у градусах з п'ятьма знаками після коми, і висоти в метрах без десятих, а робота з розшифрованим GPX-файлів, що описується тут, дає значно кращу дискретність відліків. Було перевірено вплив цього на кінцевий результат. На рис. 6 показано два графіки ухилів на другій ділянці: червоний відповідає даним з GPX-файлу, а зелений отриманий після штучного огрублення даних заокругленням їх до п'яти знаків. Округлення помітно згладили профіль, він втратив більшість перегинів, хоча загальний характер кривої зберігся. У невідповідних випадках роботу з таким профілем може бути допущено.

На ранніх стадіях дослідження ми використовували тодішні, більш прості навігатори Magellan SporTrak та Triton 300 і фіксували їхні показання відеозаписом. На рис. 5 показано кілька точок таких записів – жовті квадратні маркери. Ті процеси не використовували метод ТОШ, точок перетину мало, але вони лежать досить близько до кривої БА.

Якщо немає супутникового сигналу, можна використовувати дані про швидкість, взяті з діагностичного роз'єму OBD II або відеозапису показань цифрового електронного спідометра. Але їх слід прив'язувати до місцевих орієнтирів.

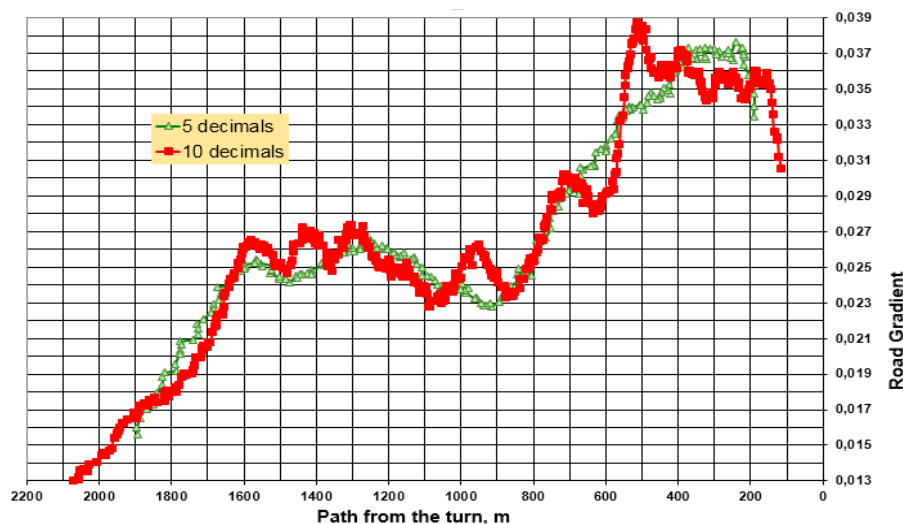


Рис. 6. Поздовжній профіль другої ділянки за даними з 10-ю та 5-ю десятковими знаками

Висновки та напрямок подальших досліджень. Експериментальна перевірка та досвід застосування на практиці показали, що сьогодні для вимірювання ухилів дороги та побудови її поздовжнього профілю з похибкою до 0,001 без залучення спеціальних служб можна рекомендувати використання ручного навігатора GPS/ГЛОНАСС з барометричним альтиметром (БА), а за його відсутності чи неможливості використання за місцевими або погодними умовами – метод дорожніх тестів з проїздом автомобіля накатом у двох протилежних напрямках через ту саму точку з однаковою швидкістю (метод ТОШ). Розбіжності значень ухилів, отриманих двома методами, допустимі під час вирішення практичних завдань.

Для отримання поздовжнього профілю методом ТОШ бажано мати чимало таких точок по довжині мірної ділянки. Це досягається збільшенням числа розгонів з наступними вибігами. Зручно розганяти автомобіль на першій передачі – у цьому випадку час та шлях розгону скорочуються до мінімуму, а вибіг починається зі швидкості близько 40 км/год. Цього достатньо для отримання ТОШ на перетинах з кривою скочування. Якщо крива скочування йде вище 40 км/год, можна використовувати розгони на другій передачі, але не до відсічення (80...90 км/год), а максимум до 50 км/год. Використовувати вищі швидкості не рекомендується. Як показав досвід, чим вища швидкість, то більше розкид результатів її виміру – це стосується і кривих вибігу, і кривих скочування (рис. 4). Найскладніший момент обробки даних – обчислення прискорень, особливо негативних прискорень вибігу. Але й прискорення скочування теж можуть помітно змінити результати розрахунку. Якщо крива плавна та монотонна, складнощі

не виникає. Але зі збільшенням відхилень від передбачуваної середньої кривої дедалі частіше доводиться вибирати прискорення інтуїтивно. Декілька правил. Якщо крива на потрібній ділянці неплавна, захопіть більшу ділянку, апроксимуйте і обчислюйте уповільнення в потрібній точці за рівнянням апроксимації. Якщо крива має перелом у потрібній точці або поблизу неї, прискорення потрібно обчислювати на ділянці, що передує у часі очікуваної ТОШ. При необхідності повторити розрахунок з урахуванням нового варіанта очікуваної ТОШ. Втім, на швидкостях до 40 км/год визначення прискорень не створює труднощів.

Може здатися, що описане дослідження не є актуальним, оскільки можна отримати поздовжній профіль дороги в програмі Google Earth Pro. Однак це завдання програма не вирішує. Дані з рельєфу наводяться виходячи з радарної топографічної зйомки SRTM (Shuttle radar topographic mission), зробленої у лютому 2000 р. [15]. Не для території США вони представлені з роздільною здатністю 90 м (дані Level-1). Для Євразії абсолютна помилка положення точок у плані становить 8,8 м, за висотою - 6,2 м. При цьому розбіжність по висотах можлива навіть у сусідніх точок. Через це профілі Google Earth Pro непридатні для доріг, що йдуть насипами, естакадами, дамбами, у виїмках тощо. Програма згладжує їх, інтерполюючи дані щодо точок сусідньої місцевості. Крім того, є проблеми з поверхнею водойм, а також дорогами, побудованими після 2000 року.

В частині подальших досліджень розроблений розрахунково-аналітичний модуль, у відповідності до отриманих результатів, потребує адаптації в програми дистанційного моніторингу в частині інформації про дороні умови експлуатації засобів транспорту.

Список літератури

1. Patent RU 1796903 : cl. G01C7/04 // <http://www.findpatent.ru/patent/179/1796903.html> The Road Profile height in meters from classical survey and kinematic GPS. https://www.researchgate.net/figure/The-Road-Profile-height-in-meters-from-classical-survey-and-kinematic-GPS_tbl1_240797536
2. **Воробьев К.А.** Современные технологии ГНСС для проведения геодезических работ в сложных полевых условиях. // <http://www.geoprofi.ru/Services/Doc/2143/bbf60ba40eba4792aba8acc300d2a6a0/True>
3. Scientific-practical conference "Alternative Energy Sources in the Transport and Technological Complex: Problems and Prospects of Rational Use" (Voronezh, 2014) / **Shein V.S.** et al. Determination of the Inclination of a road... pp. 163-168.
4. Оценка уклона дороги методом скатывания автомобиля / **Э. Рабинович, М. Буравцев, В. Зуев, К. Здебский** / Сб. «Транспорт, экология — устойчиво развитие». XXV научно-техническая конференция с международно участие. ЕКОВАРНА '2018. Технически университет — Варна. Кафедра «Транспортна техника и технологии». 15-17 июня 2017. С. 148-155.
5. Boroujeni B.Y. Road grade quantification based on global positioning system data obtained from real-world vehicle fuel use and emissions measurements / Behdad Yazdani Boroujeni, H. Christopher Frey // Atmospheric Environment Volume 85, March 2014, Pages 179-186 // <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.12.025>
6. Johansson Road Slope Estimation with Standard Truck Sensors / **Ken Johansson** // https://people.kth.se/~kallej/grad.../johansson_thesis05.pdf
7. Inclinometers, Clinometers, Slope Measuring Devices // Access: www.engineersupply.com/inclinometers.aspx
8. **Potočnik I.** Use of various survey methods in forest engineering. International Summer School/ Integrated Rural Road Network Re-engineering/ July 14-27, 2013 – Jezersko, Slovenia/ http://intra.tesaf.unipd.it/cms/IR-RNR/doc/011_2013.pdf
9. Garmin eTrex 30 Owner's Manual <https://www.manualslib.com/manual/302033/Garmin-Etrex-30.html>
10. Географическое расстояние (по документу 47 CFR 73 208 федеральной комиссии по связи США FCC. Geographical distance http://en.wikipedia.org/wiki/Geographical_distance)
11. Компас и барометр в навигаторах Garmin. Обзор малоизвестных настроек. <https://www.garmin.ru/about/posts/kompas-i-barometr-v-navigatorakh-garmin-obzor-maloizvestnykh-nastroeek/>
12. Rabinovich, E., Gritsuk, I.V., Zuiiev, V. et al., "Evaluation of the Powertrain Condition Based on the Car Acceleration and Coasting Data," SAE Technical Paper 2018-01-1771, 2018, doi:10.4271/2018-01-1771
13. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. ГОСТ 22576-90 (СТ СЭВ 6893-89). М., Госстандарт, 1990. – 14 с.
14. **Petrushov V.A.** (2008) Cars and lorry trains: New technologies for studying the resistance of rolling and air [Avtomobili i avtopoezda: Novye tehnologii issledovaniya soprotivlenij kachenija i vozduha]. Moscow: Torus Press, 2008. 352 p.
15. **Dubinin M.** Description and receiving SRTM data. 2014 // <http://gis-lab.info/qa/srtm.html>
16. **Volodarets, M., Gritsuk, I., Chygyryk, N. et al.**, "Optimization of Vehicle Operating Conditions by Using Simulation Modeling Software," SAE Technical Paper 2019-01-0099, 2019, doi:10.4271/2019-01-0099
17. **Матейчик В.П.** Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / **В.П. Матейчик, В.П. Волков, П.Б. Комов** и др. // Науковий журнал «Управління проектами, системний аналіз і логістика». – К.: НТУ, 2014. – Випуск 13, с. 126-138.
18. **Klets, D., Gritsuk, I., Makovetskyi, A.** et al., "Information Security Risk Management of Vehicles," SAE Technical Paper 2018-01-0015, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>.

19. **Волков В.П.** Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / **Волков В.П., Грицук І.В., Комов А.П., Волков Ю.В.** // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2014. – Випуск 30, 416 с., с. 51-62.

20. **Pohorletsnyi, D., Gritsuk, I., Mateichyk, V.** et al., “Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems),” SAE Technical Paper 2020-01-2031, 2020, doi:10.4271/2020-01-2031.

УДК 330.341.1

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

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ І КЛАСИФІКАЦІЇ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ, ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ, ОБҐРУНТОВАНОЇ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛУ ТА ЯКІСНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА

Мета. Метою є удосконалення підходів до формування і класифікації фінансово-економічних показників, які дозволять обґрунтовано і по місцю використовувати їх у науковій, навчальній і практичній сферах діяльності людини і які стануть важливою умовою ефективного менеджменту, змістовної й комплексної оцінки потенціалу та рівня якості підприємства.

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Виявлено недосконалість представлених у сучасній економічній літературі методико-прикладних підходів до системного і обґрунтованого оцінювання фінансово-економічної діяльності підприємства. Запропоновано удосконалену систему і класифікацію фінансово-економічних показників діяльності підприємства.

Практична значимість. Представлена система і класифікація фінансово-економічних показників діяльності підприємства виступає значним методичним підґрунтям у загальному процесі його оцінювання. Дана система дозволяє предметно розрахувати і проаналізувати показники різного виду на різних стадіях функціонування підприємства.

Результати. Визначено систему і класифікацію фінансово-економічних показників діяльності підприємства. Надано зміст і особливості формування фінансово-економічних показників діяльності підприємства по стадіях його функціонування: показники початку (початкові показники) для визначеного періоду (моменту часу); проміжні показники для визначеного періоду (моменту часу); показники підсумку (підсумкові показники) для визначеного періоду (моменту часу).

Зазначено, що: початкові показники є основою визначення початкового економічного потенціалу підприємства (в більшій мірі за ресурсним підходом до оцінки потенціалу підприємства); проміжні показники характеризують поточну фінансово-економічну діяльність підприємства, і в той же час, виступають з'єднуючим ланцюжком між початковими і підсумковими показниками; підсумкові показники відображають всю сукупність показників за видами і методами обчислення, що пов'язані безпосередньо з підсумками діяльності підприємства у всьому їх розмаїтті.

Ключові слова: фінансово-економічні показники, система, класифікація, менеджмент, потенціал, якість підприємства, формування, оцінювання.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-16-22

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В економічній літературі існує багато підходів до формування фінансово-економічних показників діяльності підприємства. Також існують різні підходи до їх класифікації. Проблема полягає в тому, що вони розкривають суть питання недостатньо системно і комплексно. А з позиції конкурентного розвитку підприємства дуже важливо мати раціональну систему фінансово-економічних показників.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз публікацій економічного напрямку показує що є підходи до формування фінансово-економічних показників діяльності підприємства. Вони по різному розкривають зміст фінансово-економічної діяльності підприємства. Потрібно відмітити що у наукових працях немає такої системи показників яка б комплексно охоплювала весь операційний цикл діяльності підприємства [1–13 та ін.].

Постановка задачі. Метою даної наукової роботи є спроба розробити і представити логічну систему фінансово-економічних показників, що розкривають суть діяльності підприємства в аспекті його операційного циклу.

Викладення матеріалу та результати. Ніяка наука, ніякий вид господарської діяльності не можуть обійтись без вимірювань, обчислень і показників різного роду.

У період прискороного руху подій, неймовірного зростання обсягу інформації, квантових змін та глобальних трансформацій у всіх сферах життєдіяльності людини вимірювання і показники стають визначальним інструментом їх оцінки та прогнозування подальшого розвитку суспільства, суб'єкта господарювання тощо.

Великий вчений енциклопедист Д. Менделєєв з цього приводу відмічав, що наука починається з того моменту, коли починають вимірювати.

А відомий французький філософ і вчений Рене Декарт відносно значимості вимірювань в житті людини вказував, навіщо ми сперечаємося, давайте порахуємо.

Стосовно економіки треба відмітити, що існує неймовірна кількість економічних показників, а з часом з'являються нові показники, і всі вони разом, в силу різних причин, ускладнюють процес об'єктивного сприйняття економічної діяльності підприємства.

Такими причинами можуть бути: дублювання різних показників за змістом; розбіжності та неузгодженості в термінології економічних показників; недостатня системність, стандартизація і класифікація відносно економічних показників, що використовуються для оцінки економіки підприємства; тощо.

У даній роботі представлено авторський підхід стосовно вирішення даної проблеми в одному із її аспектів, а саме формування певної системи показників і визначення змістовних основ їх класифікації.

Особливість даної роботи полягає в тому, що вона присвячена не безпосередньо розрахунку конкретних економічних показників, що характеризують діяльність підприємства, а формуванню теоретико-методичних засад щодо удосконалення загального термінологічного апарату та загальної системи показників відносно обґрунтованого їх використання при комплексній економічній оцінці будь-якого суб'єкта господарювання.

Ми вбачаємо, що запропоновані в роботі термінологічний апарат і система економічних показників є певною концепцією, яка отримує свій подальший розвиток або в аспекті конкретизації методико-прикладного характеру, або в аспекті удосконалення теоретико-методичних засад щодо системної оцінки економіки підприємства.

Така система показників оцінки економічної діяльності підприємства що пропонується в нашій роботі має за мету бути важливим чинником ефективного менеджменту підприємства, визначення обґрунтованої оцінки потенціалу й якісного розвитку підприємства і в кінцевому підсумку забезпечення конкурентного його функціонування (рис. 1).

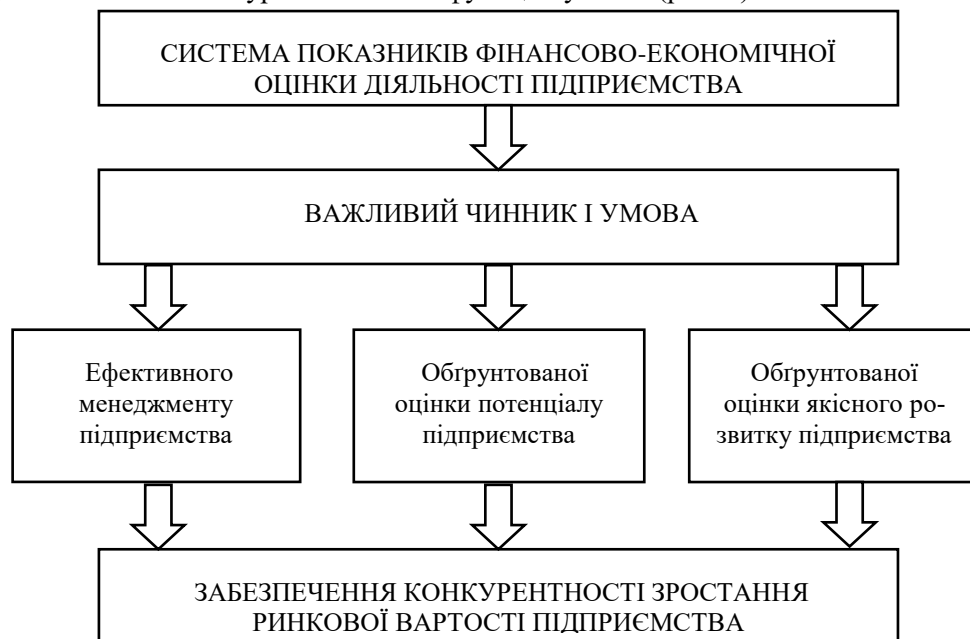


Рис.1. Обґрунтована система економічної оцінки підприємства – важливий чинник ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу й якісного розвитку підприємства

Для систематизованого і стандартизованого підходу до економічної оцінки діяльності підприємства важливо сформулювати загальну систему економічних показників виходячи з теоретико-методологічних позицій у відповідності до принципів науковості, логічності, системності, відкритості, обґрунтованості тощо та з урахуванням вимог ефективності управлінського обліку й зовнішньої директивної звітності та аналітики.

Концепт загальної системи економічних показників за структурою, змістом і логікою формування, у відповідності до вимог внутрішнього і зовнішнього оцінювання економічної діяльності підприємства, представлено на рис. 2.

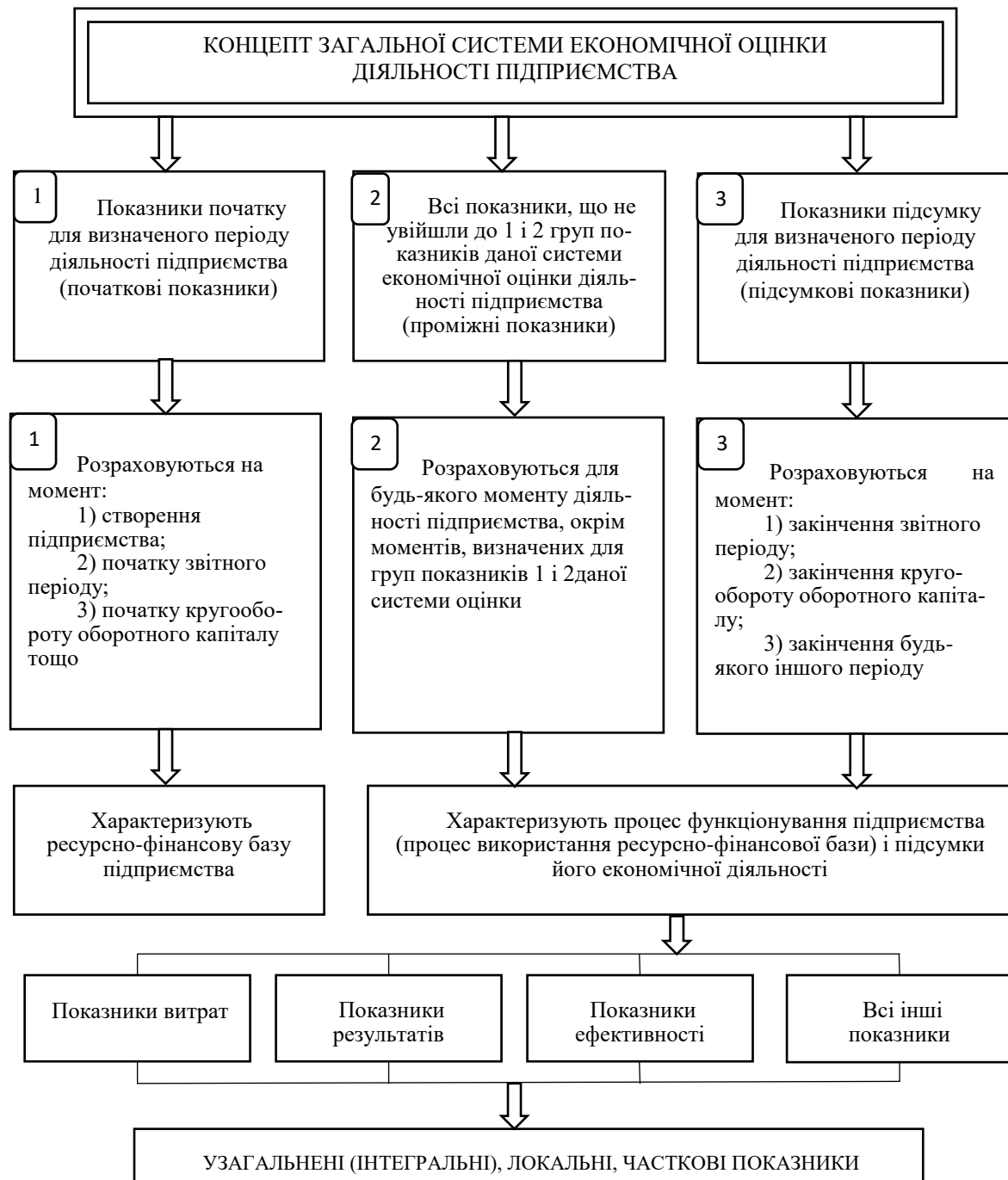


Рис.2. Концепт загальної системи економічної оцінки діяльності підприємства

Як система показників (рис. 2) вона охоплює в загальному виді все підприємство відносно його економіки, дозволяє оцінити її з абсолютно різних аспектів та масштабів в будь-якій сфері і по будь-якому виду господарської діяльності підприємства.

Класифікацію економічних показників у координатах визначеної вище системи показників (рис. 2) здійснено на основі:

генезису ринкової діяльності підприємства;
аналізу циклічності і кругообороту капіталу підприємства;
логіки і аналізу структури та змісту стадій виробничо-господарської діяльності підприємства;

аналізу змісту і значимості показників у аналітичній оцінці діяльності підприємства.

Методологічно і методико-практично важливо розкрити сутність і призначення кожної групи показників у запропонованій системі показників (рис. 2).

Початкові показники – це показники, призначення яких дати комплексну оцінку підприємства на момент його створення або на момент початку будь-якого періоду функціонування підприємства у відповідності від поставленої мети, об'єкту і предмету дослідження.

Яскравим прикладом формування і розрахунку таких показників (різних за видом і методом обчислення) виступають дані, що відображені в положенні (стандарті) бухгалтерського 2 (П(С)БО) Баланс підприємства.

У даному положенні в наявності вся інформація про економічні ресурси, і кожний окремий елемент активів підприємства вже є початковим показником, а інші початкові показники відносно активів підприємства вже утворюються як різні сукупності та співвідношення цих елементів.

Аналогічним чином, визначаються, формуються і розраховуються початкові показники відносно пасивів підприємства (П(С)БО 2). Вони характеризують фінансовий аспект діяльності підприємства (фінансові джерела, фінансові ресурси, вартість і структуру капіталу, тощо).

Початок діяльності підприємства або початок визначеного періоду функціонування підприємства з позиції економічної оцінки – це комплексна економічна категорія, що представляє собою сукупність показників різних за змістом та методом обчислення, які логічно на науковій і ринково-природній основі характеризують і оцінюють підприємство на момент його створення або на момент початку будь-якого періоду його функціонування.

Показники початку діяльності підприємства дуже важливі, бо показують стартові умови функціонування підприємства, ефективність менеджменту відносно створення підприємства, а потім і ефективність подальшого формування ресурсної і фінансової бази підприємства.

Початкові показники є основою визначення початкового економічного потенціалу підприємства. Початкові показники дозволяють характеризувати стартові і наступні початкові етапні умови функціонування підприємства з позиції сформованої кількості та якості економічних ресурсів, у тому числі і його персоналу за рівнем людського капіталу – як ключового ресурсу сучасного підприємства.

Проміжні показники (друга група загальної системи показників) – це показники, призначення яких дати поточну комплексну економічну оцінку діяльності підприємства (тобто за виключенням оцінок, що здійснюються за допомогою початкових і підсумкових показників).

Проміжні показники є поєднуючим ланцюжком між початковими і підсумковими показниками. Їх особливість полягає в тому, що за їх допомогою не тільки здійснюється комплексна і всебічна економічна оцінка поточної діяльності підприємства, а і досліджується як реалізується початковий економічний потенціал підприємства в поточному і підсумковому варіантах його функціонування, визначаються втрати і слабкі місця у всьому виробничо-господарському процесі. Проміжні показники виступають містком від початкових до підсумкових показників.

Проміжна діяльність підприємства з позиції економічної оцінки – це комплексна економічна категорія, що представляє собою сукупність показників різних за змістом та методом обчислення, які логічно на науковій і ринково-природній основі характеризують і оцінюють проміжну (поточну) діяльність підприємства в періоді, який вибрано для оцінювання.

Найбільш значимою і складною в науковій і практичній сфері є третя група показників загальної системи економічної оцінки підприємства, тобто підсумкові показники.

На це вказує аналіз літературних джерел [3–11 та ін.].

Дана група показників не має чіткого визначення термінологічно і за змістом, і тому доволі часто помилково ототожнюється або підміняється іншими групами показників, такими як: результативні показники; результуючі показники; показники результативності; показники результату діяльності підприємства.

Розглянемо кожну з вказаних вище груп показників за змістом їх термінів.

Результативні і результуючі показники за своєю економічною сутністю це показники результатів діяльності підприємства (у них один об'єднуючий і визначальний смисловий корінь «результат»), а з позиції термінології, вони лише певна модифікація терміну «результати» і дублюють його.

Така модифікація терміну «результати» по відношенню до економічної діяльності підприємства призводить до того, що результативні показники і результуючі показники починають трактувати як показники, що підміняють собою підсумкові показники підприємства.

Далі, показник результативності, що походить від терміну «результативність» («результативність діяльності підприємства»), є тільки відносним показником і розраховується в загальному виді як відношення результату діяльності підприємства до витрат, що призвели до отримання такого результату.

У показнику результативності результат і витрати виступають як абсолютні величини. Тому цей аспект економічної оцінки підприємства потребує свого серйозного дослідження і чіткої аргументації, щоб унеможливити необґрунтовану тотожність, дублювання та змістовно-термінологічне використання економічних показників у аналітико-господарській, науковій та методично-навчальній сферах діяльності і розвитку людини.

Конкретизація результату і витрат в терміні або показнику «результативність підприємства» призводить до трансформації даного показника в інші більш конкретні терміни або показники.

Наприклад, термін «результативність підприємства» трансформується в терміни «ефективність підприємства» і «продуктивність підприємства», а показник результативність підприємства в показник ефективність підприємства (економічна ефективність підприємства) і показник продуктивність підприємства. Тобто результат підприємства в показнику результативності підприємства в процесі діяльності підприємства відображається в залежності від мети оцінки в двох показниках: продуктивності підприємства і ефективності підприємства у вигляді відповідно продукту і ефекту (економічного ефекту).

Термін «результат підприємства» є більш загальним по відношенню до термінів «продукт підприємства» і «економічний ефект підприємства». Генезис і логіка формування і вимірювання показників такого виду більш системно відображено нами в роботах [12,13].

Таким чином, показники, що характеризують результати діяльності підприємства (показники результатів підприємства) і показники, що характеризують підсумки діяльності підприємства (показники підсумку або підсумкові показники підприємства) це різні за змістом речі. Показники результатів підприємства пов'язані тільки з результатами підприємства, що розраховуються як абсолютні величини, а підсумкові показники – з будь-яким підсумком діяльності підприємства. В цьому сенсі зміст категорії «результати підприємства» полягає в наступному.

Результат підприємства – це комплексна економічна категорія, що представляє собою абсолютну величину і характеризує науково-логічно визначений та ринково-природний підсумок діяльності підприємства, що виступає, як правило метою або важливим оціночним критерієм його розвитку для вибраного періоду часу.

Показники підсумку діяльності підприємства охоплюють сукупність різних за змістом та обрахунком показників. Головна їх ознака це відобразити саме підсумок діяльності підприємства за визначеним економічним показником. Іншими словами відобразити певний спектр того, що має підприємство на «виході» своєї діяльності. Підсумкові показники включають в себе і показники результатів діяльності підприємства. Підсумкові показники діяльності підприємства (вихідні показники підприємства, кінцеві показники підприємства) є найбільш важливими, бо по ним визначається загальний фінансово-економічний стан підприємства, рівень його конкурентності і стратегічні можливості подальшого розвитку.

Визначення категорії «підсумки підприємства» наступне.

Підсумки діяльності підприємства з позиції економічної оцінки – це комплексна економічна категорія, що представляє собою сукупність різних за змістом та обчисленням показників, які логічно на науковій і ринково-природній основі характеризують і оцінюють підсумкову економічну діяльність підприємства за період, що вибраний для оцінювання.

Підсумкові показники розраховуються як підсумок для будь-якого періоду діяльності підприємства за бажанням менеджменту, чи як підсумок періоду, що визначений для підприємства нормативно-правовими документами (фінансова звітність, статистична звітність тощо).

Підсумкові показники – це кінцеві показники в стадії економічної оцінки діяльності підприємства. Вони є завершальними в загальному процесі дослідження фінансово-економічного стану підприємства і в той же час визначальними в розробці тактики і стратегії його розвитку.

Підсумкові показники за різним методом розрахунку (рис. 2) характеризують прибуток, рентабельність, ліквідність, обсяг реалізації, собівартість, витрати, капітал, фінансовий стан підприємства, гудвіл, конкурентність, ринкову вартість підприємства тощо.

У даній роботі важливо розглянути і такий аспект в економічній оцінці діяльності підприємства як співвідношення термінів «показник», «коефіцієнт», «рівень» і «індикатор».

Показник, на наш погляд, за етимологією і семантикою пов'язаний зі словом показувати. Така смислова сутність і генезис походження терміна «показник» дозволяє нам визначити його як більш ємний і узагальнюючий термін по відношенню до таких широковживаних в економічній і інших сферах діяльності людини термінів як «коефіцієнт», «індикатор», «рівень» та інше (наприклад, коефіцієнт зносу основних засобів підприємства, коефіцієнт оборотності активів (ресурсів) підприємства, рівень рентабельності підприємства, рівень продуктивності праці, питома вага енергетичних витрат в собівартості тощо).

І коефіцієнт зносу, і рівень рентабельності, і питома вага, і інші різновиди співвідношень економічних величин підпадають під поняття «показник» і є показниками; тільки особливість їх є в тому, що вони розкривають і конкретизують термін «показник» через історичний аспект і у відповідності до специфіки обчислення предмету дослідження, що склалася в тій чи іншій галузі господарської діяльності підприємства.

Таким чином, коефіцієнт зносу, рівень продуктивності праці, рівень рентабельності, коефіцієнт оборотності, питома вага, коефіцієнт покриття, частка ринку, величина витрат, величина відсотків, величина капіталу тощо це все показники, і ці показники урізноманітнюють сферу їх прикладання, відображають її специфіку і визначають певним чином конкретне математико-економічне значення показника для даної сфери прикладання і предмету оцінки в ній. Наприклад, рівень рентабельності показує конкретну цифрову величину розрахованої рентабельності для певного моменту часу в діяльності підприємства і таким чином розкриває показник рентабельності через конкретну величину у вигляді рівня рентабельності для вибраного моменту часу.

Стосовно терміну індикатор (економічний індикатор), то він представляє собою певний показник, який вибраний в залежності від мети і сфери економічної діяльності як важлива оціночна величина, за допомогою якої відслідковується і контролюється певний економічний процес чи об'єкт.

Економічні індикатори – це певні «реперні крапки» в загальній економічній діяльності підприємства.

Висновок та напрямок подальших досліджень. Представлений у роботі матеріал удосконалює теоретико-методичні підходи стосовно визначення і використання термінологічного апарату, логіки й системності економічного оцінювання діяльності підприємства, і є важливим чинником та інструментом в забезпеченні ефективного менеджменту, обґрунтованої оцінки потенціалу і якісного тактичного та стратегічного розвитку підприємства. У подальших дослідженнях буде більш деталізовано розкрито кожен із груп представленої класифікації фінансово-економічних показників діяльності підприємства.

Список літератури

1. Турило А. М., Турило А. А., Короленко С.М. Фінанси підприємства та їх місце в його інвестиційно-витратній діяльності. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* Кривий Ріг, 2019. № 49. С. 64-69.
2. Турило А. М., Турило А. А., Корнух О.В. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* Кривий Ріг, 2018. № 46. С. 191-195.
3. Стакеєва Н.Л. Структури управління на горно-обогатительных комбинатах. М.: Недра, 1990. 287 с.

4. Ступницька Т.М. Підвищення ефективності використання основного капіталу підприємства харчової промисловості : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Одеса, 2008. 20 с.
5. Бойчик І.М. Економіка підприємства. Львів : Сполом, 1998. 212 с.
6. Бланк И.А. Финансовый менеджмент: учеб. курс. К.: Эльга, 2004. 655 с.
7. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учеб. пособие. М.: ИЭП, 1996. 128 с.
8. Рижиков В.А. Економіка підприємства: навч. посіб. Краматорськ: ДДМА, 2003. 267 с.
9. Петухов Р.М. Оценка эффективности промышленного производства. М. : Экономика, 1990. 95 с.
10. Салига К.С. Економічний зміст та показники ефективності господарської діяльності промислових підприємств. *Держава та регіони*. Серія: Економіка. 2004. №5. С. 22-26.
11. Феликс Б. Умные бизнес-показатели. Днепропетровск: Баланс, 2004. 312 с.
12. Турило А.М., Турило А.А. Нова концепція ефективності: навч. посіб. Кривий Ріг: Видав. Р. Козлов, 2021. 132 с.
13. Турило А.А., Турило А.М. Оцінка результативності, ефективності, продуктивності і збитковості підприємства, Кривий Ріг: Етюд-Сервіс, 2009. 196 с.4.

УДК 622.81:537.24

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф., Т.А. КОМІСАРЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
К.К. ПРЯЖНІКОВА, магістр
Криворізький національний університет

МЕТОДИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАРЯДІВ ГРАНУЛЬОВАНИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН ПРИ ЇХ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННІ

Мета. Метою даної статті є аналіз та розробка засобів і заходів щодо обмеження та ліквідації статичної електризації при пневмотранспортуванні, а також спеціальних приладів для контролю ступеня електризації ГВР.

Методи дослідження. У статті використано загальнонаукові методи дослідження. За основу при проведенні дослідження було покладено системний підхід. За допомогою аналізу та порівняння виокремлено особливості різних методів щодо обмеження та ліквідації статичної електризації при пневмотранспортуванні гранульованих вибухових речовин. У більшості випадків для запобігання небезпечних проявів статичної електрики намагаються усунути або, принаймні, зменшити величину електростатичних зарядів що утворюються. Метод узагальнення дав змогу визначити шляхи зниження величини електростатичних зарядів.

Наукова новизна. В результаті досліджень було встановлено, що ступінь електризації потоку гранул вибухових речовин в основному залежить від режиму пневмотранспортування, та визначається величиною конвекційного струму.

Практична значимість. Для вирішення цієї проблеми запропоновано зволоження потоку ВР водою або струмопровідними розчинами солей на її основі. В якості засобів для зниження поверхневого опору застосовується підвищення вологості повітря (що забезпечує утворення на поверхнях вологої плівки), нанесення або обробка поверхонь елементів обладнання антистатичними речовинами. Зручні та ефективні методи захисту від статичної електрики, засновані на підвищенні антистатичних властивостей полімеру шлангів шляхом введення в його склад відповідних добавок, наприклад сажі, графіту, порошоків металів, карбонільного нікелю.

Результати. Надані пропозиції щодо боротьби з явищем статичної електризації гранул вибухових речовин (ВР) в зарядних трубопроводах. Проведено аналіз методів і засобів контролю ступеня електризації ГВР в процесі пневмотранспортування. Встановлено, що в даний час не існує пристроїв для точного визначення ступеня електризації безпосередньо у виробничих умовах. Відсутність таких пристроїв не дозволяє виявити оптимальні шляхи боротьби з явищем електризації при пневмотранспортуванні. Також зручні та ефективні методи захисту від статичної електрики, засновані на підвищенні антистатичних властивостей полімеру шлангів шляхом введення в його склад відповідних добавок, наприклад сажі, графіту, порошоків металів, карбонільного нікелю.

Ключові слова: вибухові речовини, пневмотранспортування, нейтралізація, пневмопроводи, статична електризація.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-22-27

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Зі зростанням інтенсифікації праці в гірничому виробництві підвищуються вимоги до забезпечення безпеки робітників. Останнім часом, у зв'язку з широким використанням механізованої зарядки вибухових порожнин гранульованими вибуховими речовинами (ГВР), виникла проблема боротьби з явищем статичної електризації гранул вибухових речовин (ВР) в зарядних трубопроводах. Гранули

ВР в результаті механічної взаємодії між собою, а в більшій мірі за рахунок контакту з внутрішньою поверхнею зарядного трубопроводу, в певних умовах здатні електризуватися, тобто здобувати заряди статичної електрики того чи іншого знаку. Збільшення швидкості пневмотранспортування ГВР, а значить і збільшення продуктивності праці при заряджанні свердловин сприяє збільшенню ступеня електризації. Разом з цим зростають масштаби зовнішніх проявів статичної електрики [1]. Наявність явища електризації унеможливило використання більш прогресивної технології ведення буропідливних робіт, зокрема застосування багаточкового ініціювання свердловинних зарядів.

Аналіз досліджень і публікацій. Пневматичний спосіб транспортування і заряджання забезпечує високу економічну ефективність за рахунок збільшення продуктивності праці, підвищення щільності заряджання шпурів і свердловин і дозволяє використовувати дешеві ВР, що відрізняються малою чутливістю до механічних впливів.

Однак при пневматичному транспортуванні розсипних ВР і пневматичному заряджанні свердловин виникають процеси електризації матеріалів що транспортуються і різних елементів пневмотранспортуючих систем. Параметри електростатичних полів при пневматичному транспортуванні гранульованих ВР можуть досягати значень, достатніх для виникнення іскрового розряду всередині магістралі.

Створення нових матеріалів, що застосовуються в пневмотранспорті, використання на вибухових роботах нових типів ВР, високопродуктивного пневмозаряджаючого устаткування, а також специфічність кліматичних і гірничо-геологічних умов окремих гірничих підприємств вимагають експериментальних досліджень для теоретичного обґрунтування технологій профілактики небезпечної статичної електрики і ефективних для конкретних умов засобів захисту від нього.

Електризація матеріалів залежить від численних факторів, основними з яких є:
електричні властивості і фізичний стан матеріалів;
вологість матеріалів і навколишнього повітря;
чистота і якість обробки контактуючих поверхонь, характер контакту;
швидкість переміщення контактуючих поверхонь відносно один одного.

Чим нижче вологість повітря і електропровідність контактуючих тіл, чистіше їх поверхні і краще контакт між ними, тим вище швидкість переміщення їх відносно один одного тим активніше протікає процес електризації. Вологість повітря і зволоження матеріалу, як правило, збільшують поверхневу провідність тіл тим сильніше і швидше, чим більше гідрофільність тіл. Електризацію гідрофільних матеріалів, до яких відноситься аміачна селітра, можна практично виключити або істотно зменшити, якщо, наприклад, транспортувати їх з досить низькою швидкістю в атмосфері з вологістю 60-70%.

В даний час існує досить велика кількість пристроїв, що дозволяють визначити ступінь електризації ВР. За принципом дії їх можна розбити на наступні групи:

пристрої, дія яких заснована на знятті електростатичного розряду з потоку гранул ВР;
пристрої, дія яких заснована на вимірі параметрів електричного поля заряджених гранул ВР;

пристрої, дія яких заснована на вимірі параметрів електромагнітного поля, створюваного рухомими електрично зарядженими гранулами ВР.

Найбільш представницькою є перша група пристроїв, вимірювання яких заснована на розміщенні в потоках ВР металевих зондів, ізольованих від землі. Вимірний потенціал на зонді є параметром, що характеризує ступінь електризації ВР [2-5]. Однак ступінь точності і достовірність результатів вимірювань таким методом є дуже низькою. При мінімальних розмірах зонда з потоку ВР знімається тільки частина електричних зарядів, а при максимальних - похибка вимірювань істотно зростає від додаткової ударної електризації гранул о зонд і зниження електричного поля електрично зарядженого потоку ВР.

Прикладом, який ілюструє пристрої другої групи, є прилади, описані в [6]. Принцип їх дії заснований на вимірюванні напруженості електричного поля потоку гранул ВР. При цьому зонд приладу знаходиться зовні зарядного трубопроводу на деякій відстані від нього. У цього класу пристроїв точність набагато вище. Однак на результаті вимірювань негативно позначається та обставина, що потік електростатичних зарядів екранується зарядним трубопроводом, на внутрішній поверхні якого можуть знаходитися нерухомі електричні заряди.

Найбільш перспективними є пристрої третьої групи. В основу їх принципу дії покладено вимірювання напруженості магнітного поля, викликаного потоком електростатичних зарядів що рухаються, іншими словами, конвекційним електричним струмом. Застосування такого приладу дозволяє вивчити процес електризації потоку в динаміці, в його природному вигляді. Це його безперечна перевага. Однак в силу принципу дії він реєструє тільки змінну складову струму конвекції і абсолютно не реагує на постійну. В результаті точність даного приладу не можна вважати задовільною.

Проведений аналіз методів і засобів контролю ступеня електризації ГВР в процесі пневмотранспортуванні дозволив зробити наступні висновки:

в даний час не існує пристроїв для точного визначення ступеня електризації безпосередньо у виробничих умовах;

відсутність таких пристроїв не дозволяє виявити оптимальні шляхи боротьби з явищем електризації при пневмотранспортуванні.

Разом з цим, аналіз дозволив викласти основні вимоги до пристрою, які б дозволили використовувати його як в лабораторних умовах для вивчення процесу електризації, так і в промислових - для контролю ступеня електризації ГВР.

Пристрій повинен:

бути безконтактним;

вимірювати повний електричний заряд, що переноситься гранулами ВР;

мати захист від дії виробничого середовища;

мати високий захист від ушкоджень;

бути компактним, зручним у використанні;

мати автономне живлення;

володіти малою потужністю щодо власних споживань;

дозволяти використовувати його як основу для створення автоматичної системи подавлення електризації;

бути універсальним для вимірювання ступеня електризації в інших технологічних виробництвах.

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз та розробка засобів і заходів щодо обмеження та ліквідації статичної електризації при пневмотранспортуванні, а також спеціальних приладів для контролю ступеня електризації ГВР.

Викладення матеріалу та результати. Величина електростатичних зарядів, що утворюються під час пневмозарядження свердловин, залежить від розмірів часток вибухових речовин, температури навколишнього повітря, швидкості руху частинок і їх щільності в потоці, відносної вологості і температури рудничної атмосфери, електропровідності контактуємих речовин, довжини транспортної магістралі і інших чинників. Недостатнє вивчення впливу цих факторів окремо пояснюється їх дуже складним взаємозв'язком. Ситуація ускладнюється відсутністю надійних і точних засобів контролю величини електростатичного заряду.

У більшості випадків для запобігання небезпечних проявів статичної електрики намагаються усунути або, принаймні, зменшити величину електростатичних зарядів що утворюються. Розряд статичної електрики може бути джерелом займання при дотриманні наступних умов:

наявність джерела електростатичних зарядів;

накопичення зарядів на контактуючих поверхнях, при цьому досягнення пробійного напруження електростатичного поля;

наявність горючого середовища;

енергія електростатичних розрядів повинна бути достатньою для займання даного горючого середовища.

З даних умов слід, що відсутність хоча б одного з них унеможливує виникнення вибуху або пожежі від статичної електрики. На цьому і засновані найбільш загальні методи захисту.

Умова безпеки при розрядах статичної електрики записується у вигляді рівняння, з якого випливає, що розряди з енергією, меншою за мінімальну енергію запалювання ВВ, не становлять небезпеки. Тому в виробничих умовах прагнуть зменшити енергію електростатичних розрядів до безпечної величини. Існують основні методи, що сприяють зменшенню електризації ВР.

Відведення зарядів за допомогою заземлення.

Заземлення деталей і вузлів пневмозаряджаючих пристроїв є одним із засобів захисту від накопичення зарядів статичної електрики. Заземлення забезпечує відведення електричних зарядів з провідних і напівпровідних елементів. Як заземлення для пневмозаряджаючих пристроїв використовують індивідуальні заземлювачі у вигляді заглиблених в породу металевих стрижнів або труб, при цьому питомий електричний опір породи має забезпечувати стікання зарядів. Ефективне відведення зарядів статичної електрики від частин і деталей машин забезпечується за умови, якщо їх питомий об'ємний опір не перевищує 10^6 Ом·м. При цьому обладнання можна вважати електростатично заземленим, якщо опір витоку струму в будь-якій точці при найнесприятливіших умовах не перевищує 10^6 Ом·м.

Ще один спосіб боротьби з електризацією полягає в розміщенні всередині пневмопривода струмопровідної жили довжиною близько 35-40м. За допомогою цієї жили повинні зніматися електростатичні заряди безпосередньо з гранул ВР і відводитися на землю. Недоліком цього способу є те, що в процесі пневмотранспортування струмопровідна жила покривається компонентами ВР і втрачає свої електропровідні властивості. Негативна дія цього способу також позначається на пневмозарядженні: збільшується ступінь подрібнення гранул ВР і знижуються швидкісні параметри потоку гранул.

Розсіювання і стікання зарядів. До заходів, що забезпечує розсіювання і стікання зарядів, відносяться збільшення електричної провідності навколишнього середовища; зниження поверхневого або об'ємного опору поверхонь що електризуються [5]. В якості засобів для зниження поверхневого опору застосовується підвищення вологості повітря (що забезпечує утворення на поверхнях вологої плівки), нанесення або обробка поверхонь елементів обладнання антистатичними речовинами.

Збільшення витоку зарядів при підвищенні вологості [5] пов'язано з адсорбцією на поверхні діелектриків тонкої плівки води, що містить певну кількість іонів з забруднень і розчинених речовин, що сприяє підвищенню провідності матеріалів і утворенню шляхів витоку зарядів статичної електрики.

Час утворення провідної плівки на поверхнях ізоляційних матеріалів значний і може досягати 3, 4 доби. Це обумовлено швидкістю зміни відносної вологості повітря, адсорбційною здатністю матеріалу пневмопроводів і т.п. Тому в рудниках і шахтних умовах, навіть при відносній вологості повітря від 80 до 85%, тільки що змонтована і включена в роботу пневмозарядна установка не матиме протягом деякого часу провідної плівки.

Зволожене рудникове (шахтне) повітря містить в своєму складі певну кількість домішок. При високій відносній вологості навколишнього середовища таке повітря можна вважати своєрідним електролітом. Тому збільшення вологості рудникового повітря якщо і не робить істотного впливу на витік зарядів з гідрофобних поверхонь діелектриків, то сприяє розсіюванню зарядів, що накопичуються на металевих елементах пневмозарядних установок. Так, при пневмотранспортуванні гранульованої аміачної селітри по поліетиленовому шлангу при відносній вологості повітря 80% потенціал рушійного потоку становив 100 В. У той же час на сполучних металевих муфтах потенціал був відсутній.

Таким чином, зволоження повітря є одним із засобів боротьби зі статичною електрикою, що прискорює розсіювання і стікання зарядів з наелектризованих поверхонь, що зменшує ймовірність накопичення електростатичних зарядів до небезпечних величин. При пневмотранспортуванні розсипних ВР в мінні камери і свердловини зволоження повітря як захід, що сприяє зменшенню накопичення зарядів, доцільно застосовувати в сухих вибоях, використовуючи для цієї мети локальні засоби: зрошення водою, водяні завіси.

Зручні та ефективні методи захисту від статичної електрики, засновані на підвищенні антистатичних властивостей полімеру шлангів шляхом введення в його склад відповідних добавок, наприклад сажі, графіту, порошоків металів, карбонільного нікелю. Витік електростатичних зарядів в цьому випадку забезпечується збільшенням об'ємної провідності цих матеріалів.

Більшість наповнювачів знижує питомий опір тільки при концентраціях вище 40% за масою. Такі високі концентрації роблять полімерні композиції крихкими і непридатними для конструкційних виробів. Кращим наповнювачем є ацетиленова сажа. Введення в полімер 20% ацетиленової сажі знижує її питомий опір на 1,0 - 10 порядків. Збільшення концентрації сажі до 40% зменшує опір ще на три порядки.

Запобігання електростатичним розрядам. При транспортуванні сипучих ВР найбільшу небезпеку становлять іскрові розряди, що виникають всередині шлангів пневмопроводів. Для попередження електростатичних розрядів всередині діелектричного шланга пневмопроводів прокладається струмопровідний багатожильний лужений дріт, з'єднаний з наконечником шлангу і пневмозарядним пристроєм, або застосовуються електропровідні матеріали для магістралі, описані вище. Більш надійно і ефективно використання електропровідних шлангів. Істотно знижується ефект електризації і виникнення електростатичних зарядів за рахунок зволоження ВР двома відсотками води або розчином аміачної селітри. Це одночасно різко знижує запиленість повітря в магістралі і на виході зі свердловини. Але кількість води не рекомендується більше 6%, так як може призвести до змиву алюмінієвого порошку з поверхні гранул і порушення однорідності заряду вибухової речовини.

Таким чином, для забезпечення електростатичної безпеки під час пневмозарядження ВВ використовують такі прийоми:

- застосування антистатичних шлангів з питомим опором не більше $10^6 \text{ Ом} \times \text{м}$;
- використання токопровідної жили, розміщеної всередині шлангу;
- обмеження швидкості транспортування ВВ по шлангах;
- введення до складу ВВ антистатичних добавок, що виключають електризацію;
- зволоження ВВ (до двох відсотків води);
- заземлення металевих обладнання та металевих з'єднувальних елементів шлангу.

Застосування перерахованих заходів сприятиме значному підвищенню безпеки вибухових робіт у гірничодобувній промисловості та інших областях, пов'язаних з використанням ВР.

В даний час основним методом боротьби з зарядами статичної електрики при пневмотранспортуванні ГВР є зволоження потоку ВР водою або струмопровідними розчинами солей на її основі [7,8]. Причому кількість зволожуючої рідини може досягати 6-8%, що негативно позначається на технології пневмотранспортування внаслідок налипання і закупорки зарядного трубопроводу, а також погіршує процес пневмозарядження, зокрема, вертикальних і крутопадаючих свердловин. Надмірне зволоження також сприяє порушенню стахіометричного балансу, що призводить до зниження детонаційної здібності ВР і, як наслідок, погіршує якість подрібнення гірського масиву під час вибуху. Деякі автори [8-10] рекомендують додавати в воду, будь-які поверхнево-активні речовини (сульфонол, змочувач ДБ) для підвищення змочування гідрофобних ВР. Всі без винятку автори, що займаються питаннями підвищення безпеки праці під час пневмозарядження, пропонують, як радикальний засіб, обмежувати швидкість транспортування ВР до 18-25 м/с і регулярно проводити випробування зарядних трубопроводів для контролю їх електропровідних властивостей.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Явище електризації було комплексно досліджено, що включає вивчення контактних явищ при ударі гранул об поверхню зарядного трубопроводу, аналіз процесу перенесення електростатичних зарядів, частотно-гармонійний аналіз режимів пневмотранспортування.

Було встановлено, що ступінь електризації потоку гранул ВР в основному залежить від режиму пневмотранспортування: швидкості обертання барабана живильника (продуктивності зарядної машини) і тиску стисненого повітря в зарядному трубопроводі. Зволоження ГВР водою в межах від 0 до 6% практично не впливає на процес електризації. Ступінь електризації не залежить від протяжності пневмотранспортування, в тому сенсі, що в будь-якій точці зарядного трубопроводу можна зареєструвати як максимально можливі значення конвекційного струму для даного режиму транспортування, так і нульові значення. Було встановлено, що з урахуванням поля швидкостей гранул, ступінь електризації визначається величиною конвекційного струму.

Список літератури

1. Демидюк Г.П., Бугайский А.Н. Средства механизации и технологии взрывных работ с применением гранулированных взрывчатых веществ. М., Недра, 1975, - 312 с.
2. Теоретические основы разработки водосодержащих ВВ и опыт механизированного применения их в народном хозяйстве. Материалы Всесоюзного совещания по буровзрывным работам. "М., ИФЗ АН СССР, 1974.
3. Меркушев Д.В., Шелехов П.Ю. Основы возникновения взрывоопасных условий при электризации пневмотранспортирующих систем, ВНИИ РАН, Труды молодых ученых, вып. 4, 2004.- С. 47-54.

4. Шелехов П. Ю. Исследование статической электризации при пневмотранспортировании рассыпных ВВ. Тезисы докладов на НТК, посвященные 60-летию СКГМИ, Орджоникидзе, 1991, с.151-152.
5. Голик В.И., Шелехов П.Ю. Электризация в транспортируемом потоке ВВ и условия возникновения электростатических разрядов.// Известия ВУЗ СК, Технические науки.- Ростов, 2006.- Вып 6. С. 58-61.
6. Голик В.И., Шелехов П.Ю. Исследование влияния технологических параметров пневмозарядания рассыпных ВВ на интенсивность электризации.// Известия ВУЗ СК, Технические науки.- Ростов, 2006 Вып 6.-С. 61-64.
7. Емекеев В.И., Сергеев В.В. Увлажняющие устройства и камерные зарядчики. //Безопасность труда в промышленности, №11, М., 1988. - С. 59-61.
8. Емекеев В.И., Сергеев В.В. Внедрение увлажняющих устройств и смачивающих жидкостей при пневматическом зарядании гранулированных ВВ.// Бюл. Цветная металлургия, 1984, №3.- С. 19-21.
9. Емекеев В. И., Шелехов П.Ю. Исследование статического электричества при пневмотранспортировании рассыпных ВВ // Безопасность труда в промышленности, №3,1967.- С. 17-20.
10. Шелехов П. Ю. Аналитическая оценка возникновения электрического разряда в пневмопроводе //Изв. ВУЗ СК, техн. науки. Приложение 5. Ростов, 2006-С. 68-73

УДК: 622.7.051(088.8)

С. Т. ТОЛМАЧОВ, д-р техн. наук, проф., О. В. ІЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
В. А. ВЛАСЕНКО, викладач
Криворізький національний університет

РОЗРАХУНОК ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ІМПУЛЬСНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ РОЗМАГНІЧУВАННЯ ПУЛЬП ЧОРНИХ МЕТАЛІВ

Конкуренція на світовому ринку сировини загострила проблему підвищення якості залізородних концентратів. Одним з важливих методів електромагнітного впливу на пульпу з метою підвищення ефективності класифікації, зневоднювання, магнітно-флотацийних процесів збагачення є розмагнічування пульпи. Промислові розмагнічувальні апарати при високих масо-габаритних та низьких енергетичних параметрах не забезпечували прийнятний рівень розмагнічування. Прогрес у галузі силових електроніки сприяв розробці низки високочастотних імпульсних розмагнічувальних апаратів, параметри яких в значній мірі визначалися на базі емпіричних залежностей з недостатнім рівнем їх обґрунтованості і обмеженим діапазоном використання.

Метою роботи є розробка гнучкого й універсального методу проектування та оптимізації параметрів імпульсних розмагнічувальних апаратів у широкому спектрі технологічних вимог і обмежень.

Методи. У роботі використані теоретичні методи і точні формули коло-польового аналізу магнітного поля в коливальному контурі котушка-конденсатор, сучасні методи їх програмної реалізації та візуальні засоби відображення результатів обчислювальних експериментів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що на основі точних співвідношень математичного аналізу вперше реалізований розрахунок параметрів згасаючого за експоненціальним законом магнітного поля без обмежень на конструктивні (внутрішній та зовнішній діаметри пульпопроводу, довжина і висота намотки котушки) та технологічні (максимальна напруженість поля, його частота, магнітна проникність пульпи, її швидкість тощо) параметри.

Практична значимість роботи полягає у встановленні однозначної залежності між необхідними параметрами згасаючого розмагнічувального поля та числом витків циліндричної котушки з довільними геометричними параметрами. Запропонований метод та його програмна реалізація можуть бути корисними як для інженерів і науковців відповідних професійних напрямків, так і для студентів навчальних закладів гірничої та електричної галузей знань.

Результатами дослідження є: розробка універсальної програми для дослідження процесів імпульсного розмагнічування, обґрунтування високого рівня її адекватності та створення нових можливостей підвищення якості дослідження, конструювання та оптимізації нових систем імпульсного розмагнічування продуктів збагачення руд чорних металів.

Ключові слова: імпульсне розмагнічування, коливальний контур, коло-польовий метод, математичне моделювання, обчислювальна програма, оптимізація.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-27-33

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Технологічний процес розмагнічування різних матеріалів, зокрема рухомих і нерухомих гетерогенних сумішей, широко використовується в різних областях науки і техніки, зокрема в технологіях збагачення продуктів переробки руд чорних металів. Розробка способів дезінтеграції рудних флокулоутворень завжди була предметом активних досліджень в даній галузі. Особливо глибоко досліджувався вплив магнітного розмагнічування на показники якості продуктів збагачення. Широкі

дослідження в даному напрямку ще з 70-х років минулого століття проводилися в Кривому Розі. Серед них слід відзначити наукові та лабораторні дослідження в КГРІ, проектно-конструкторські та напівпромислові дослідження в інституті «Механобрчормет», промислові випробування на ГЗФ ЦГЗК, ПівдГЗК, ІнГЗК та ін.

Аналіз досліджень і публікацій. Рядом авторів були проведені дослідження достатнього широкого спектру розмагнічувальних апаратів (РА) [1-5], виконаний їх порівняльний аналіз [5]. Була переконливо доведена неефективність серійних РА промислової частоти за масо-габаритними і технічними параметрами розмагнічування продуктів збагачення руд Криворізького басейну. На базі досягнень силової електроніки у 70-і роки минулого століття був розроблений ряд РА підвищеної частоти [6-8]. Найбільш ефективними виявилися високочастотні імпульсні РА [7, 8], які були розроблені на кафедрі основ електротехніки та електричних машин КГРІ (нині кафедра електромеханіки КНУ) та випробувані в лабораторних, напівпромислових і промислових умовах. Але технічні параметри цих РА в значній мірі визначалися на базі емпіричних залежностей і без належного обґрунтування їх точності та області практичного використання. Разом з тим на фоні зростання конкуренції на світовому ринку сировини загострилася проблема підвищення якості залізородних концентратів, сфера використання РА поширилась на магнітно-флотаційну технологію [4] та ін. За цих умов додатково актуалізувалося завдання розробки гнучкого й універсального методу проектування РА у широкому спектрі технологічних вимог і обмежень.

Постановка задачі. Сучасний стан інформаційно-комп'ютерних технологій створює необхідні умови для розробки й реалізації складних математичних моделей різноманітних машин та апаратів. Метою роботи є обґрунтування точного аналітичного розрахунку магнітного поля імпульсних РА та розробка на його основі гнучкої й універсальної системи проектування та оптимізації таких пристроїв у широкому спектрі технологічних вимог і обмежень.

Викладення матеріалу та результати. Досягнення поставленої мети повинно базуватися на врахуванні встановлених в результаті численних експериментальних досліджень основних принципів ефективного розмагнічування: забезпечення необхідної для заданого матеріалу максимальної напруженості магнітного поля, достатнього числа перемагнічувань матеріалу в активній зоні РА при плавному зменшенні амплітуди напруженості розмагнічувального поля до практично нульової величини. Важливість виконання цих технологічних умов можна продемонструвати візуально (рис. 1).

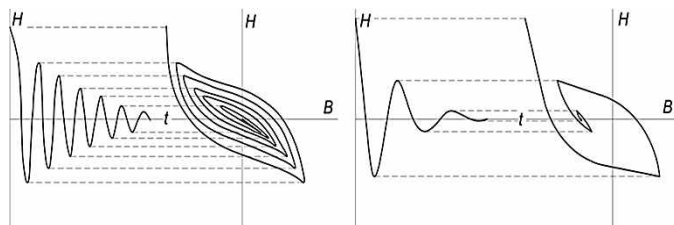


Рис. 1. Ефективне «м'яке» розмагнічування при достатній кількості імпульсів поля та плавному згасанні їх амплітуди – зліва та часткове розмагнічування при невеликій кількості імпульсів та швидкому згасанні їх амплітуди – справа

Практичними результатами підтверджено, що для ефективного розмагнічування мінімальна кількість імпульсів

залежить в основному від швидкості руху пульпи та коерцитивної сили (магнітної жорсткості) матеріалу і лежить в діапазоні 10 – 20. Очевидно, таку кількість перемагнічувань реально можна забезпечити лише використанням високочастотних (більше 1000 Гц) РА. Окрім вказаного технологічного ефекту пристрій повинен мати мінімальні масо-габаритні параметри, виключати можливість переорієнтації часток у процесі розмагнічування, зберігати працездатність і ефективність у широкому діапазоні швидкостей пульпи, найбільш повно використовувати енергію мережі живлення та ін. У якості базових типів для забезпечення цих вимог прийняті найбільш прості, надійні і ефективні за сукупністю перелічених вище властивостей імпульсні РА [7, 8]. Деякі модифікації РА даного типу показані на рис. 2.

У всіх РА за рахунок ударного збудження коливального контуру $L-C$ від накопичувального конденсатора, який заряджається від мережі 50 Гц через керовані тиристри VS , виникають згасаючі коливання магнітного поля. Тривалість пакету розмагнічувальних імпульсів залежить від модифікації РА. В зображеній на рис. 2а схемі [7] накопичувальний конденсатор C_2 при негативній напівхвилі напруги через діод D_2 заряджається до амплітудного значення напруги живлення мережі (рис. 3в). При позитивній напівхвилі напруги імпульс позитивної полярності через діод D_1 , резистор R_1 і потенціометр R_2 подається на керуючий електрод тиристора VS_1 ,

відкриває його і збуджує коливання в контурі $L-C_1$ (рис. 3б). Згасання процесу може тривати весь період (0,02 с) і забезпечується за рахунок активного опору контуру. Оптимальним рішенням є максимальна тривалість струму при практичному зменшенні його до нуля в кінці періоду.

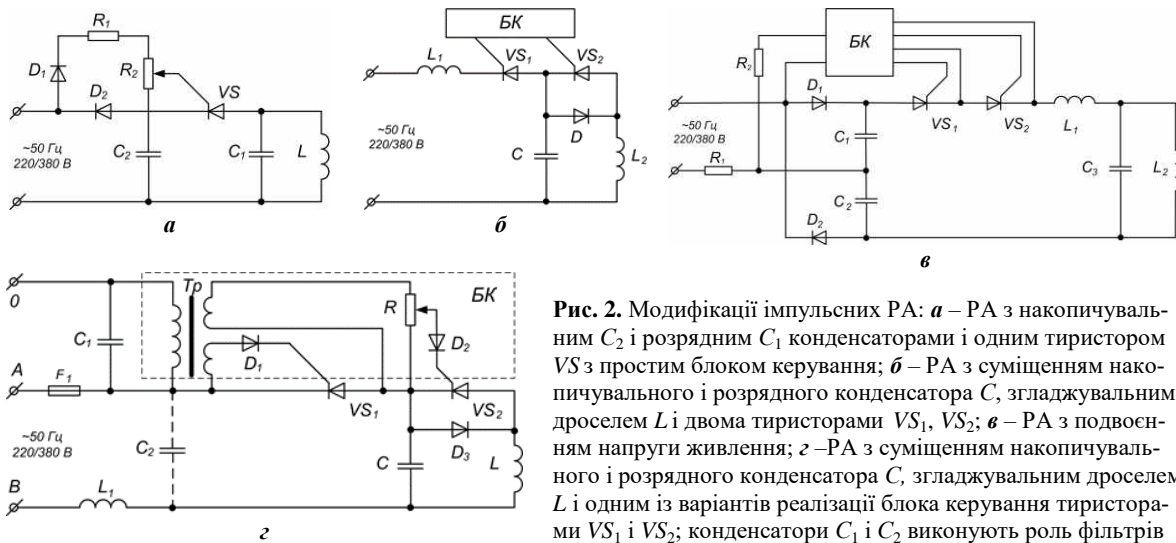


Рис. 2. Модифікації імпульсних РА: *а* – РА з накопичувальним C_2 і розрядним C_1 конденсаторами і одним тиристором VS з простим блоком керування; *б* – РА з суміщенням накопичувального і розрядного конденсатора C , згладжувальним дроселем L і двома тиристорами VS_1, VS_2 ; *в* – РА з подвоєнням напруги живлення; *г* – РА з суміщенням накопичувального і розрядного конденсатора C , згладжувальним дроселем L і одним із варіантів реалізації блока керування тиристорами VS_1 і VS_2 ; конденсатори C_1 і C_2 виконують роль фільтрів

В решті зображених на рис. 2 модифікаціях РА використано суміщення накопичувального і розрядного конденсатора C , але це досягається збільшенням кількості тиристорів та деяким ускладненням схеми керування (рис. 2г) [8]. Іншою особливістю цих схем є тривалість розрядного процесу пів періоду (0,01 с) – рис. 3г, що може обумовити необхідність збільшення частоти перемагнічування для забезпечення необхідної кількості циклів. Для зменшення ємності конденсатора інколи доцільно використати схему з подвоєнням напруги живлення (рис. 2в), що витікає із формули енергії зарядженого конденсатора $W_C = CU^2/2$. У подальшому для обґрунтування запропонованого методу використана схема РА за рис. 2б. З незначними змінами можна виконати розрахунок інших схем, поданих на рис. 2.



Рис. 3. Осцилограми перехідних процесів в схемі рис. 2а – а, б, в та в схемі рис. 2б – г

Головна складність розробки РА полягає у великій кількості факторів, що впливають на його основні параметри, в першу чергу параметри котушки, що розмагнічує: напруга мережі

живлення, максимальна напруженість та частота розмагнічувального поля, число перемагнічувань матеріалу в активній зоні РА, плавність зменшення напруженості поля до практично нульової величини, магнітна жорсткість матеріалу та його концентрація в пульпі, швидкість пульпи, внутрішній та зовнішній діаметри пульпопроводу, коефіцієнт заповнення вікна обмотки та її довжина і висота. Існують також технічні обмеження на температурний режим елементів, класи силових діодів і тиристорів, умови експлуатації та ін.

Перелічені вище вимоги враховані при розробці спеціальної обчислювальної програми, що реалізована в системі MATLAB і характеризується наступними особливостями:

використано комбінований коло-польовий метод, а саме: розрахунок струму в циліндричній котушці виконується на основі формул перехідного процесу при розряді конденсатора на котушку і резистор, а розподіл магнітного поля в пульпопроводі – на основі теорії електромагнітного поля;

в залежності від модифікації РА незначною зміною програми забезпечується експоненціальний закон згасання поля за пів періоду або повний період промислової частоти, що обумовлено відповідним значення активного опору коливального контуру;

з урахуванням магнітних властивостей пульпи визначено коригуючий коефіцієнт для обчислення струму в котушці, що забезпечує заданий рівень інтенсивності магнітного поля.

Універсальний характер розробленої програми на основі використання точних класичних методів та розрахункових формул теоретичної електротехніки дозволяє забезпечити високий рівень адекватності сформованої математичної моделі. У результаті розрахунків програма формує великий обсяг числової, графічної та візуальної інформації, яка може бути використана як безпосередньо при перевірці відповідності технологічним умовам, так і при подальших уточнюючих розрахунках, у т.ч. при оптимізації РА за деякими параметрами, наприклад, мінімізації активної потужності або маси котушки. Серію обчислювальних експериментів доцільно також проводити з метою забезпечення допустимої густини струму, використання доступних матеріалів, існуючих провідників для обмотки, уточнення коефіцієнту її заповнення провідниками тощо.

Наведемо базові математичні формули і співвідношення, що використані в математичній моделі розрахунку розмагнічувального поля. Найбільш складним і визначальним є розрахунок параметрів котушки, що забезпечують задані технічні параметри магнітного поля в конкретних технологічних умовах. Точність цих розрахунків в основному забезпечує адекватність математичної моделі і ефективність пристрою для розмагнічування. Оскільки в більшості випадків пульпопроводи мають циліндричну форму, в подальшому розглянуті котушки також циліндричної форми. Прийняті наступні геометричні параметри: D_1 – внутрішній, D – зовнішній діаметри пульпопроводу і внутрішній діаметр котушки, L і H – відповідно її довжина і висота намотки. У загальному випадку котушка може мати n шарів провідника з m витками у кожному з них, тобто число витків котушки $w = n \cdot m$. Позначимо через z і r координати центру (i, j) -го витка котушки

$$z_{i,j}=0,5 \cdot L/m+(i-1)L/m; r_{i,j}=D/2+0,5 \cdot H/n+(j-1) \cdot H/n,$$

де i – номер шару, а j – номер витка в цьому шарі. Магнітне поле у будь-якій точці r, z , створене витком $i-j$ при струмі величиною 1 А [9]

$$h_z = \frac{1}{2\pi a} \cdot \left(K + \frac{rr^2 - r^2 - (z-zz)^2}{bE} \right); \quad h_r = \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\frac{z-zz}{ra} \right) \cdot \left(-K + \frac{rr^2 + r^2 + (z-zz)^2}{bE} \right), \quad (1)$$

де $zz = z(i, j)$; $rr = r(i, j)$; $a = \sqrt{(r + rr)^2 + (z - zz)^2}$; $b = (r - rr)^2 + (z - zz)^2$,

$kk = \sqrt{\frac{4r \cdot rr}{(r+rr)^2 + (z-zz)^2}}$ – модуль еліптичних інтегралів першого K і другого E роду.

Для забезпечення заданого за технологічними умовами максимального значення напруженості магнітного поля $H_{\text{макс}}$ розрахуємо за формулами (1) максимальне значення напруженості $h_{z_{\text{макс}}}$ в точці $z=L/2, r=D_1/2$, де знаходиться її максимум, при умовній одиничній магніторушійній силі (МРС), рівномірно розподіленій по довжині котушки L . У результаті отримуємо значення необхідної МРС $F_{\text{макс}} = H_{\text{макс}}/h_{z_{\text{макс}}}$, що забезпечує задане значення $H_{\text{макс}}$. Для практичного забезпечення отриманої МРС використано формулу для струму в коливальному контурі [9]

$$i(t) = -Ae^{-\delta t} \sin(\omega t), \quad (2)$$

де $A = U_0/\omega L_k$; $\omega = 2\pi f$ – кругова частота; $U_0 = \sqrt{2}U$ – максимальна напруга мережі живлення (і заряду конденсатора в схемах без подвоєння напруги); $\delta = r_{\text{sum}}/2L_k$ – коефіцієнт згасання коливальних; r_{sum} – сумарний активний опір коливального контуру; L_k – індуктивність котушки.

З рис. 3 видно, що максимальне значення струму настає в момент $t_{\text{макс}} = 0,25/f$

$$i_{\text{макс}} = Ae^{-\delta t_{\text{макс}}} = \frac{U_0}{\omega L_k} e^{-0,25\delta/f}, \quad (3)$$

причому $\delta = -100 \ln(0,05) = 300$ при зменшенні початкової амплітуди коливальних у 20 разів (до $0,05i_{\text{макс}}$) для схем з суміщеним накопичувальним і розрядним конденсатором і $\delta = -50 \ln(0,05) = 150$ для схеми з окремими накопичувальним і розрядним конденсаторами. Для забезпечення згасання коливальних практично до нуля (наприклад, до $0,01i_{\text{макс}}$) відповідні значення δ дорівнюють 460 і 230. Вказані показники згасання обумовлені комутаційними вимогами до

тиристорів і на практиці забезпечуються відповідною величиною сумарного опору коливального контуру $r_{sum} = 2\delta L_k$.

Важливо зазначити, що формула для струму (3) справедлива за умови однорідного магнітного середовища у всьому навколишньому просторі. Але в реальних умовах навколишнє середовище є кусково-однорідним, оскільки пульпа включає магнітні частки і її відносна магнітна проникність $\mu_r > 1$. В залежності від вмісту твердого в пульпі та магнітних властивостей її компонентів для пульпи прийнято $\mu_r=1,1 - 1,4$ (уточнення можна виконати шляхом вимірювання в реальних умовах), а для навколишнього середовища, включно з немагнітним матеріалом пульпопроводу та обмотки, $\mu_r=1$. Врахування даного факту вимагає введення замість розрахованого за формулою (3) струму $i_{макс}$ деякого фіктивного струму $i'_{макс}$, який визначається за методом дзеркальних зображень [9]: $i'_{макс} = i_{макс} \cdot 2/(1+\mu_r)$. Далі легко отримати формулу

$$F'_{макс} = w i'_{макс} = \frac{U_0}{\omega L_{k_відн} w} e^{-0.25\delta/f}, \quad (4)$$

звідки число витків при забезпеченні максимальної напруженості

$$w = w_{макс} = \frac{U_0}{2\pi f L_{k_відн} F'_{макс}} e^{-0.25\delta/f}. \quad (5)$$

У формулах (4) і (5) враховано, що $L_k = L_{k_відн} w^2$, тобто $L_{k_відн}$ – це індуктивність котушки з одним витком. Для визначення цієї величини можна використати емпіричну формулу [10]

$$L_{k_відн} = \mu_r \frac{8 \cdot 10^{-9} (D+H)^2}{3(D+H) + HL + 10H} \quad (6)$$

або більш точно обчислити її за попередньо розрахованим розподілом магнітного поля.

Функціональні та обчислювальні можливості програми проілюструємо на прикладі розрахунку поля для наступних вхідних параметрів: $D_1 = 140$ мм, $D = 160$ мм, $L = 120$ мм, $H = 15$ мм, $n=3$, $H_{макс} = 50$ А/мм, $f = 1500$ Гц, $\mu_r=1,2$, коефіцієнт заповнення вікна котушки $k_3 = 0,6$. Для цих даних отримані наступні результати: $h_{z_макс} = 0,0053$ А/мм, $F_{макс} = 9472$ А, число витків котушки $w=48$ (3×16), максимальне і діюче значення струму $I_{макс} = 198$ А, $I=42,5$ А, густина струму в провіднику $\delta_{пр}=1,9$ А/мм², його переріз $S = 22$ мм², маса котушки $G_m = 5,3$ кг, довжина проводу $l_k = 26,4$ м, сумарна активна потужність контуру $P = 296$ Вт і котушки $P_k = 36$ Вт, індуктивність котушки $L_k = 0,274$ мГн, ємність конденсатора $C = 41$ мкФ, добротність контуру $Q = 15,7$. Вплив різних вхідних даних на кінцеві показники розрахунків наведені в таблиці.

Таблиця

Варіанти вхідних та вихідних (розрахованих) параметрів

	З а д а н о								Р о з р а х о в а н о						
	D_1 , мм	D , мм	$H_{макс}$, А/мм	H , мм	L , мм	f , Гц	n , од	μ_r , од	w , од	C , мкФ	I , А	$\delta_{пр}$, А/мм ²	S , мм ²	G_m , кг	P , Вт
1	100	120	50	10	100	800	2	1.2	116	27	14.9	2.9	5.2	2.2	194
2	100	120	50	10	100	1200	2	1.2	80	25	21.0	2.8	7.5	2.2	181
3	100	120	50	10	100	1500	2	1.2	66	24	24.4	2.7	9.2	2.2	176
4	100	120	35	10	100	800	2	1.2	166	13	7.3	2.0	3.6	2.2	94
5	100	120	35	10	100	1200	2	1.2	114	12	10.3	2.0	5.3	2.2	89
6	100	120	35	10	100	1500	2	1.2	94	12	12.3	1.9	6.5	2.2	86
7	200	225	50	10	100	800	2	1.2	36	104	57	3.4	17	3.9	746
8	200	225	50	10	100	1200	2	1.2	26	96	79	3.3	24	3.9	689
9	200	225	50	10	100	1500	2	1.2	20	96	99	3.3	30	3.9	690
10	200	225	50	10	100	1500	2	1.4	16	128	132	3.5	38	3.9	923
11	200	225	50	16	100	1500	3	1.2	27	117	77	2.1	37	6.0	534
12	200	225	50	10	140	1500	2	1.2	20	121	121	2.9	42	5.5	842
13	200	225	50	16	140	1500	3	1.2	27	93	96	1.9	52	8.4	671
14	200	225	50	10	200	1500	1	1.2	20	150	154	2.6	60	7.9	1071

Програмою передбачено також виведення візуальної інформації, наведеної на рис. 4.

З метою встановлення впливу різних факторів на кінцеві показники розрахунків проаналізуємо наведені в таблиці дані для різних варіантів. Як видно з варіантів 1-3 і 4-6, при $H_{макс} = \text{const}$ частота розмагнічувального поля f суттєво впливає на кількість витків котушки w і діюче значення струму I . При цьому добуток Iw (МРС обмотки) і ємність конденсатора C зали-

шаються практично незмінними, оскільки енергія магнітного поля при $H_{\text{макс}} = \text{const}$ не залежить від частоти. Незмінними залишаються також густина струму $\delta_{\text{пр}}$ і маса котушки G_M . Щодо впливу інтенсивності магнітного поля $H_{\text{макс}}$, то він є суттєвим по відношенню до всіх розрахункових параметрів (окрім маси котушки G_M) навіть при однакових геометричних розмірах котушки і пульпопроводу (варіанти 3 і 6). Порівняння результатів варіантів 1 і 7, 2 і 8, 3 і 9 свідчить про суттєве зменшення кількості витків обмотки w при збільшенні діаметра пульпопроводу. Це зменшення стає ще більш вираженим при одночасному збільшенні діаметра котушки і частоти розмагнічувального поля. На кількість витків обмотки w обернено пропорційно впливає магнітна проникність пульпи μ_r (варіанти 9 і 10). Щодо впливу геометричних розмірів котушки H і L при фіксованому внутрішньому діаметрі D , то як видно із порівняння варіантів 11 і 13 при однаковій висоті намотки проводу H збільшення довжини котушки L може привести до збільшення споживання активної потужності. Результати варіанта 14 показують, що значне збільшення довжини котушки L при одношаровому варіанті намотки ($n=1$) є неприйнятним відносно споживання активної потужності.

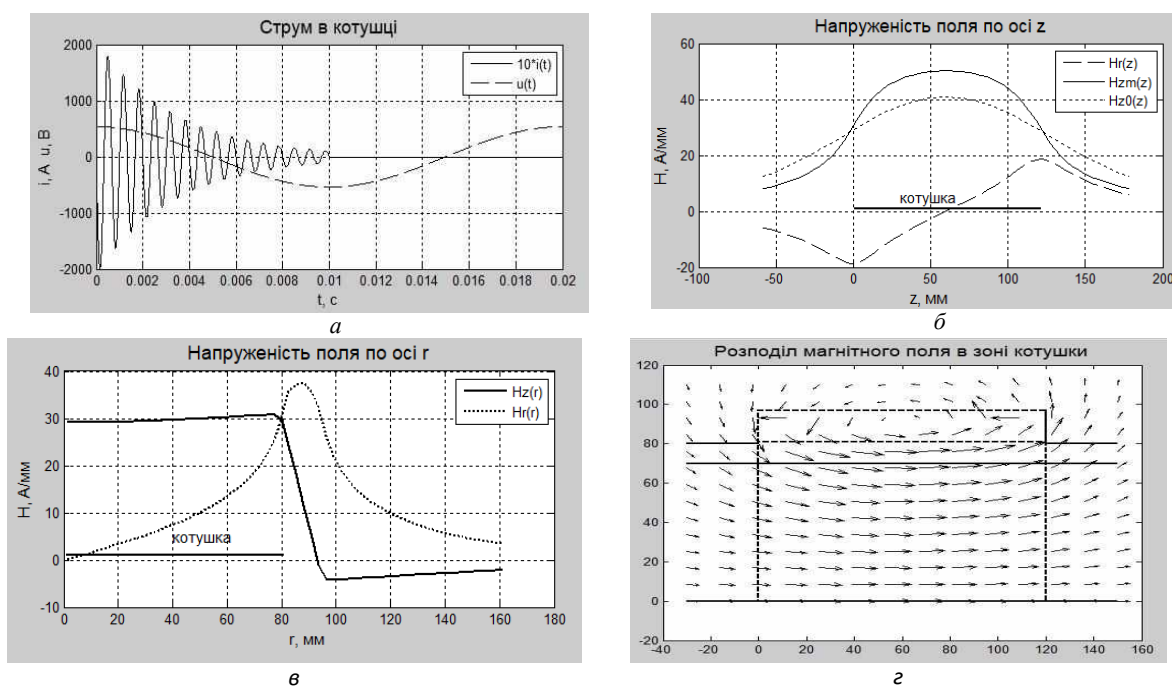


Рис. 4. Візуалізація результатів розрахунку ПА: *a* – зміна струму частоти 1500 Гц з 20-кратним зменшенням за пів періоду; *b* – зміна по осі z осьової складової напруженості поля на осі пульпопроводу та осьової і радіальної складових на відстані $D_1/2$ від осі; *c* – зміна осьової і радіальної складових в радіальному напрямку на виході з котушки ($z=L$); *d* – вектори магнітного поля в пульпопроводі та в зовнішньому просторі з урахуванням інтенсивності поля

Висновки та напрямок подальших досліджень. Використання розробленої універсальної програми розрахунку та оптимізації імпульсних ПА дає підстави зробити наступні висновки:

розмагнічування пульпи може бути реалізоване використанням високоефективних малогабаритних ПА з високочастотним полем 1-1,5 кГц на пульпопроводах діаметром 300 мм і вище при швидкостях пульпи до 5 м/с;

встановлено теоретично і підтверджено розрахунками однозначний зв'язок між кількістю витків обмотки та інтенсивністю магнітного поля, а також аналогічні зв'язки з діаметром пульпопроводу та частотою розмагнічувального поля при інших фіксованих параметрах;

універсальною властивістю імпульсних ПА є зменшення числа витків котушки та збільшення їх перетину при збільшенні діаметру пульпопроводу. Враховуючи, що при відношенні внутрішнього діаметру котушки до її довжини $D/L > 2$ напруженість поля в середній області труби може значно відрізнятися від максимального, розрахунок параметрів ПА рекомендується виконувати не по максимальному, а по середньому значенню;

розглянуті три модифікації імпульсних ПА не відрізняються за принципом дії, але мають певні відмінності щодо параметрів базових елементів, які слід враховувати з урахуванням конкретних технологічних та технічних умов та обмежень практичного використання;

у подальших дослідженнях заплановано доповнити програму окремим модулем оптимізації, який на основі сформованого вектору визначальних параметрів буде визначати їх оптима-

льні значення не шляхом простого перебору варіантів, а використанням сучасних інформаційних систем пошуку оптимальних рішень.

Список літератури

1. Губин Г.В. Аналитический обзор направлений улучшения качества магнетитовых концентратов/ Г.Г. Губин, В.Г. Губина, Л.В. Скляр, Т.П. Ярош // Збагачення корисних копалин. 2016. – Вип. 64(105) 18 с.
2. Ганженко И. М., Зарщикова Г. Г., Камалова Т. Б., Алексеева Л. А., Шестак Е. М., Якубайлик Э. К. Влияние размагничивания на процессы гидравлической классификации сильномагнитных руд // Обогащение руд. 2013. № 2. С. 13-16.
3. Пелевин А.Е. Влияние магнитной флокуляции на результаты обогащения железосодержащих руд // Обогащение руд. 2021. № 4. С. 13–16.
4. Равінська В. О. Обґрунтування технології дезінтеграції рудних флокулоутворень і агрегатів при магнітно-флотаційному збагаченні магнетитових кварцитів : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.15.08 – Збагачення корисних копалин – Кривий Ріг: [б. в.], 2019. – 248 с.
5. Ломовцев Л.А., Нестерова Н.А., Дробченко Л.А. Магнитное обогащение сильномагнитных руд. М.: – Недра, 1979, 235 с.
6. А.с. 293638. Устройство для размагничивания пульпы ферромагнитных материалов с разной коэрцитивной силой / Авт. изобрет. А.А. Статкевич, А.Ф. Харитоненко, Н.Г. Фролов и др. – Оpubл. В Б. И., 1971, №6.
7. А.с. 441964. Устройство для размагничивания пульпы ферромагнитных материалов / Авт. изобрет. Н.Н. Чайко, Э.Г. Файнштейн, С.Т. Толмачев, В.И. Ткач. – Оpubл. В Б. И. 05.09.1974, № 33.
8. Патент №15094. Пристрій для розмагнічування пульпи феромагнітних матеріалів / Авт. М.М.Чайко, С.Т.Толмачов, Е.Г.Кіриносів. – Оpubл. 15.06.2006.
9. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. – 12-е изд., исправ. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 701 с.
10. Немцов М. В., Шамаев Ю. М. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности. – М.: Энергоиздат, 1981. – 136 с.

УДК 697.957:532.575.54

О.В. ЗАМИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., В.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.,
О.В. ІЛЬЧЕНКО, асистент
Криворізький національний університет

ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА КОНТАКТНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ШАХТНОГО ТУРБОКОМПРЕСОРА

Мета роботи. Визначення та обґрунтування ефективної конструкції змішувача контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні методи дослідження (аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення).

Наукова новизна. Встановлено вперше, що найбільш ефективною конструкцією контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора змішувача є труба Вентурі з регульованим перерізом кільцевої горловини та центральним підводом води.

Практичне значення. Стиснене повітря – це чудове середовище для зберігання та передачі енергії. Воно відрізняється універсальністю, гнучкістю та відносно безпекою в порівнянні з іншими методами зберігання енергії, такими як акумулятори та пари. Жодна галузь промисловості не може обійтися без застосування стисненого повітря, яке є доступним і дешевим джерелом – як сировинним, так і енергетичним. Особливо широко стиснене повітря використовується в гірничорудній промисловості (рудовидобувній та паливобувній). Для отримання стисненого повітря на шахтах використовують турбокомпресори. Для підвищення ефективності турбокомпресора використовують охолоджувачі стисненого повітря. Існує багато видів охолоджувачів, але найбільш перспективним є контактний охолоджувач труба Вентурі – відцентровий сепаратор. Конструктивна схема апарату контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора являє собою послідовно включені по повітрю змішувач типу труба Вентурі і відцентровий сепаратор-краплеуловлювач. Ефективність охолоджувача безпосередньо залежить від конструкції самої труби Вентурі, бо саме в ній відбувається контакт стисненого повітря з охолоджуючою рідиною. Холодна вода поступає в змішувач, після чого вона розпорошується потоком повітря. В суміші води та повітря відбувається тепломасообмін, при якому повітря охолоджується, а вода нагрівається. Розроблено рекомендації щодо конструктивних характеристик труби Вентурі для системи контактної охолодження шахтного турбокомпресора.

Результати. Існує безліч конструкцій труб Вентурі, які відрізняються між собою. В результаті аналізу визначено, що найбільш перспективною є конструкція з горловиною, що регулюється рухомим конусом та з центральним підводом зрошуючої води. Але необхідні більш детальні дослідження інших конструктивних параметрів контактної охолоджувача труба Вентурі.

Ключові слова: стиснене повітря, система охолодження, контактний повітроохолоджувач, труба Вентурі, горловина, газ, рідина.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Кожухотрубні охолоджувачі найчастіше використовуються для охолодження стисненого повітря, але з часом їх ефективність знижується через забруднення теплообмінних поверхонь. В результаті відбувається постійне погіршення охолодження повітря. Також через забруднення ребра труб зростають втрати тиску в апараті, що позначається на ефективності роботи турбокомпресорів [1-8]. Контактні охолоджувачі не мають таких недоліків, тому їх використання ефективніше ніж кожухотрубних. Найбільш вдалою конструкцією контактних охолоджувачів є охолоджувач труба Вентурі – відцентровий сепаратор [9-11]. Головну роль в контактному охолодженні відіграє труба Вентурі, але в попередніх дослідженнях обґрунтовано конструктивні та технологічні параметри змішувача з постійним перетином горловини. Це не дозволяє підтримувати раціональні характеристики турбокомпресора при режимах турбокомпресора які відрізняються від номінальних. Тому вибір її конструкції змішувача з регульованим перетином горловини є актуальним науковим завданням.

Аналіз досліджень і публікацій. Конструкціям труб Вентурі присвячені роботи: Гічева Ю.А. [12], Сандуляк А.В. [14], Григор'єва В.П., Нечкіна Ю.М., Єгорова А.В., Нікольського Л.Є. [13], Юдашкіна М.Я., Карлова М.П. [15].

Постановка задачі. Ефективність контактної системи охолодження труба Вентурі – відцентровий сепаратор визначається конструкцією труби Вентурі. Існує багато конструкцій труб Вентурі, що відрізняються довжиною горловини і перетином, компонованням, способом підведення зрошуючої рідини тощо. Тому для обґрунтування та вибору конструкції труби Вентурі необхідні додаткові дослідження.

Викладення матеріалу та результати. Найбільш близькою конструкцією до контактного повітроохолоджувача є скрубери Вентурі. Скрубери Вентурі використовуються для охолодження газів і як високоефективні пиловловлювачі, що забезпечують очищення газу до дуже низької залишкової концентрації пилу. Конструктивно скрубери Вентурі є трубою, яку показано на рис.1, в якій здійснюється інтенсивне дроблення газовим потоком, що рухається з високою швидкістю (порядку 40-150 м/с), зрошуючої його рідини та встановленого за нею краплеуловлювача. Дія труби розпилювача аналогічно роботі пневмофорсунки та застосування труби Вентурі забезпечує мінімальні (не пов'язані з розпилом) гідравлічні втрати при проходженні газом розпилюючого пристрою. Застосування труби Вентурі для прискорення газу дозволяє зробити процес дроблення рідини з мінімальними гідравлічними втратами. Плавне звуження конфузора (оптимальне $25\div 28^\circ$), а потім плавне розширення дифузора (оптимальне $6\div 70^\circ$) роблять трубу Вентурі з аеродинамічного погляду найкращою для розпилювання зрошуючої води [12].

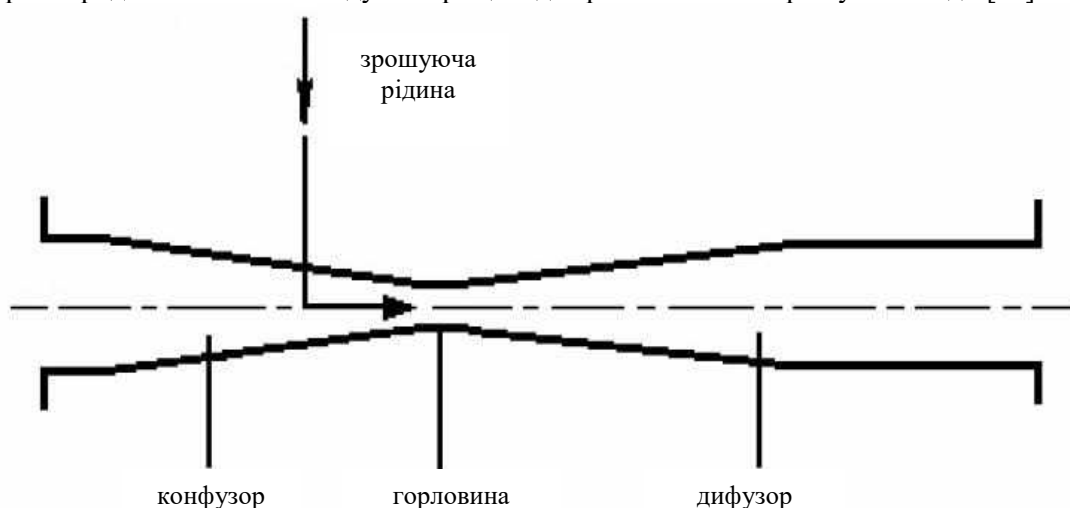


Рис.1. Труба Вентурі

Залежно від способу підведення зрошуючої рідини можна виділити основні типи апаратів: з центральним (форсуночним) підведенням рідини в конфузур (або перед ним); з периферійним

зрошенням (у конфузурі чи горловині); з плівковим зрошенням; із підведенням рідини за рахунок енергії газового потоку.

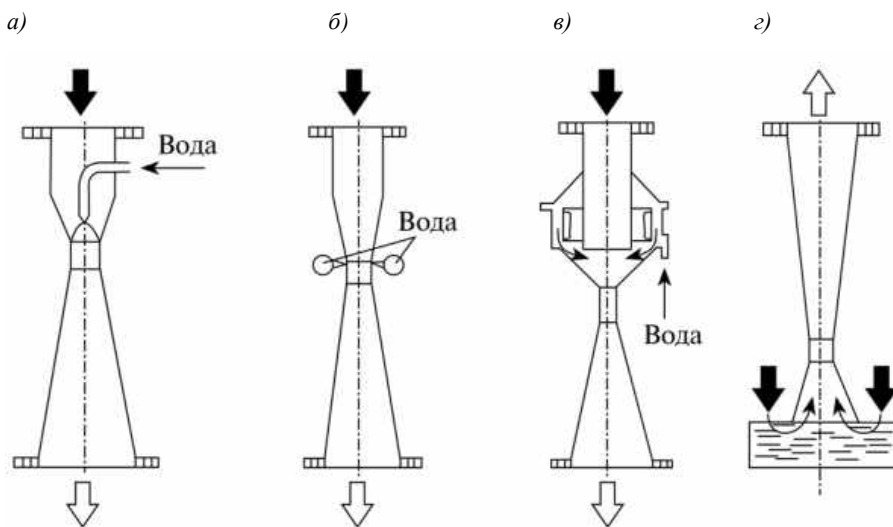


Рис. 2. Конструкції труб Вентурі: *а* – центральне (форсуночне) підведення рідини; *б* – периферійне зрошення; *в* – плівкове зрошення; *г* – безфорсуночне зрошення

У скруберах з центральним (форсунковим) підведенням рідини в конфузур типу подача зрошуючої рідини здійснюється форсунками, встановленими перед конфузуром або безпосередньо в ньому. Тиск нагнітання перед форсунками зазвичай становить від 0,2 до 0,3 МПа.

В основному застосовуються відцентрові (механічні авольвентні, цільнофакельні та ін.) форсунки.

Периферійна подача зрошуючої рідини використовується при подачі зрошення в конфузур чи горловину. У трубах-розпилювачах круглого перерізу зливні отвори зазвичай розташовуються по периметру конфузора або горловини, а в прямокутних трубах перерізу - з двох протилежних сторін, причому найбільш рівномірний розподіл зрошуючої рідини досягається при шаховому розташуванні зливних отворів. Подача рідини може бути здійснена за допомогою двох колекторів, що монтуються на протилежних стінках конфузора або горловини та мають отвори або прорізи по всій довжині.

Для запобігання утворенню відкладень на стінках конфузора та дифузора та можливості зрошення труби сильно забрудненої оборотною рідиною запропонована плівкова подача рідини. Плівкова подача може застосовуватися як спільно з подачею через форсунку або периферійною так і самостійно, головним чином у щільних трубах-розпилювачах. Для забезпечення кращого контакту газів з рідиною по периметру горловини труби з плівковим зрошенням рекомендується виконувати уступ. Для труб-розпилювачів з плівковим зрошенням велике значення має діаметр або ширина горловини. Розмір максимально можливого діаметра або ширини горловини залежить від швидкості газів, проте не рекомендується приймати його більше ніж 100 мм.

Скрубери Вентурі з підведенням рідини за рахунок енергії газового потоку (безфорсуночні скрубери Вентурі) застосовуються як абсорбери, але можуть застосовуватися і для пиловловлення, особливо при зрошенні оборотною рідиною з великою кількістю суспензії. Газу, що подаються на очищення, контактують з поверхнею рідини, що знаходиться в приймальній чаші або іншій ємності, захоплюють і захоплюють за собою рідина у вигляді бризок і крапель у трубу-розпилювач. Гідравлічний опір апарату зростає із зростанням питомого зрошення, яке може бути збільшено як за рахунок підвищення швидкості газу (при постійному рівні рідини), так і за рахунок підвищення рівня рідини (при постійній швидкості газу). Так, наприклад, при швидкості газів у горловині труби-розпилювача 50—60 м/с збільшення питомого зрошення з 0,8 до 3,3 л/м³ наводить до зростання гідравлічного опору апарату з 700 до 3000 Па. Гідравлічний опір безфорсуночної труби розпилювача нижче, ніж труби-розпилювача з форсунковим або периферійним ним зрошенням, при одних і тих же значеннях питомої витрати зрошуючої рідини та швидкості газів у горловині пояснюється «гіршим дробленням крапель у цьому апараті і наводить у свою чергу до його нижчої пиловловлюючої здібності.

Спосіб зрошення труб Вентурі не має вирішального значення для охолодження повітря, але найбільш вдалим є центральне (форсунковим) підведення рідини. Воно забезпечує найбільш рівномірну подачу рідини в горловину.

По виду поперечного перерізу труби Вентурі поділяються на круглі, кільцеві та щілинні. Круглі труби Вентурі застосовують при малих об'ємах газів, які охолоджують. При великих об'ємах газів застосовуються щілинні труби Вентурі з плівковим зрошенням або з кільцевою горловиною з центральним підведенням зрошення [13]. Так як ефективність контактного охолоджувача типу труба Вентурі – відцентровий сепаратор визначає швидкість газу в горловині, окремий інтерес представляє труба Вентурі з регульованим перетином горловини. Виконавчі механізми регуляторів перерізу виконуються у вигляді механічних чи пневматичних передач. В одному з випадків йдуть шляхом встановлення в горловині гнучких вставок або шторок із пружно-еластичного матеріалу, приклад якого зображено на рис.3.

«Енергосталь», наприклад, розробили конструкцію такої труби з поворотними лопатями. У таких пристроях матеріал гнучких вставок поступово втрачає свою еластичність, і горловина неадекватно реагує на зміни газового навантаження. При використанні регульованих шторок доводиться використовувати скрубери Вентурі прямокутного перерізу, який менш технологічний у виготовленні, і потрібно забезпечувати стійкість конструкції та додаткову жорсткість плоских стінок, оскільки системи газоочищення часто працюють під розрідженням. В роботі [14] вибрана труба Вентурі з прямокутним перерізом і регульованим розміром горловини, регулюючий засіб якої виконан у вигляді поворотних заслонок. Основним недоліком прототипа є ненадійність засобів для регулювання прохідного перерізу горловини труби, що обумовлено конструктивною неможливістю захисту від корозії всіх рухомих деталей механізму регулюючого засобу і його приводу, а також складний монтаж при ремонті або їх заміні. Для регулювання площі поперечного перерізу горловини також запропоновані горловини з еластичного матеріалу, що може стискатися під тиском стисненого повітря; труби Вентурі з рухомими стінками, які з'єднані між собою шарнірно і інші конструкції. Труба Вентурі з еластичною горловиною не набула промислового поширення через значну остаточну деформацію еластичного матеріалу. Регулювання перерізу горловини круглих труб Вентурі в деяких випадках може здійснюватись за допомогою дросельного пристрою.

У конструкції НДІОгаз регулювання перерізу здійснюється в одній площині переміщенням профільних кулачків, насаджених на спеціальні штоки. У цій конструкції регулювання перетину труби Вентурі здійснюється не тільки в перерізі горловини, але і в початковій ділянці дифузора та в кінці конфузору. Це зроблено для того, щоб винести зрив газового потоку до зони щодо низьких швидкостей. Недоліком конструкції є можливість заклинювання пристрою, що переміщається, у разі утворення відкладень.

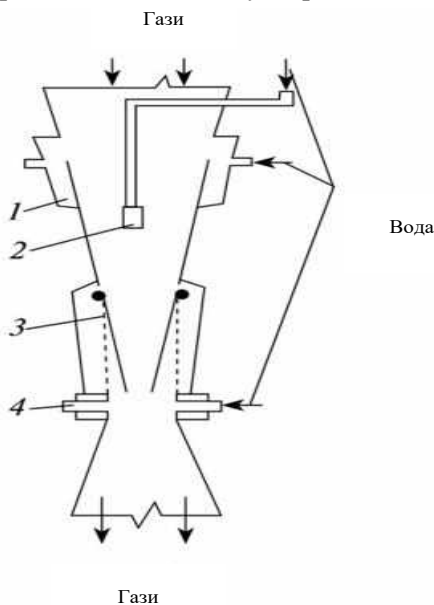


Рис. 3. Труба Вентурі з регульованим перерізом щілинної горловини: 1 – кишеня плівкового зрошення; 2 – форсунка; 3 – регулювальні лопаті; 4 – форсунка

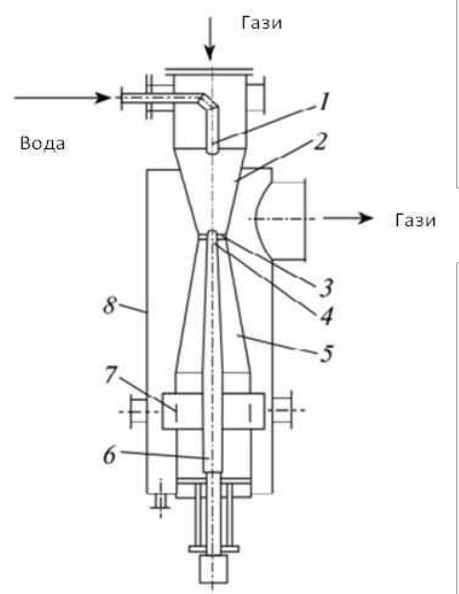


Рис. 4. Труба Вентурі з регульованим перерізом кільцевої горловини: 1 – форсунка; 2 – конфузор труби; 3 – горловина; 4 – регулюючий конус; 5 – дифузор; 6 – напрямний

нки нижнього ярусу зрошення

шток; 7 – відцентровий краплеуловлювач; 8 – корпус

В роботі [15] наведена схема регульованої труби Вентурі з рухомим конусом, показано на рис.4, що розташовується по осі труби і може здійснювати зворотно-поступальний рух за допомогою пневмоциліндра. Така конструкція набула найбільшого поширення та надійніша за всі інші.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, проаналізувавши сучасні конструкції скрубєрів Вентурі, можна відмітити, що кожна конструкція має свої переваги та недоліки, але найбільш перспективною для контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора є труба Вентурі з регульованим перерізом кільцевої горловини рухомим конусом та з центральним підведенням рідини. В подальшому планується проведення більш детальних досліджень, які полягають у визначенні конструктивних параметрів контактної охолоджувача труба Вентурі – відцентровий сепаратор з регульованим перерізом кільцевої горловини рухомим конусом та з центральним підведенням рідини.

Список літератури

1. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Рудничные пневматические установки. Недр. 1965. 312 с.
2. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Турбокомпрессоры в горной промышленности. Госгортехиздат. 1962. 72 с.
3. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Определение экономически целесообразной периодичности очистки промежуточных воздухоохлаждателей шахтных турбокомпрессоров. *Горная электромеханика и автоматика*. 1980. Вып. 36. С. 65–68.
4. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Упрощенный пересчет характеристик турбокомпрессоров при промышленных испытаниях их. Изв. вузов МВ и ССО. Энергетика. 1962. № 11. С. 21-25.
5. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Рудничные пневматические установки. Недр. 1965. 312 с.
6. Степанов А. И. Центробежные и осевые компрессоры, воздуходувки и вентиляторы. Пер. с англ.– М.: Машгиз, 1960.–342 с.
7. Борохович А. И., Борохович Б. А., Закиров Д. Г. Оптимальный срок очистки промежуточных пленочных холодильников поршневых компрессоров от осадков. *Изв. вузов. Горный журнал*. 1985. № 2. С.61–65.
8. Рис В. Ф. Центробежные компрессорные машины. Машгиз. 1951. 245с.
9. Замыцкий О.В. Анализ способов охлаждения при производстве сжатого воздуха для горных машин. Горный информационно-аналитический бюллетень. МГГУ. 2001. №10. С.67-70
10. Замыцкий О. В. Контактное охлаждение сжатого воздуха в турбокомпрессорах. Вісник Криворізького технічного університету. 2005. №17. С. 285-288.
11. Замыцкий О.В. Выбор параметров контактных воздухоохлаждателей рудничных турбокомпрессоров. Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. пр. Вип. 6. Кривий Ріг: КТУ, 2005. С.85-88.
12. Гичев Ю.А. Очистка газов. Часть I: Конспект лекций. Днепропетровск: НМетАУ, 2015. 51 с.].
13. Сандуляк А.В. Новое в технике и технологии физических методов очистки жидкостей и газов. К.: Вища школа, 1989. 55 с.
14. Григорьев В.П., Нечкин Ю.М., Егоров А.В., Никольский Л.Е. Конструирование и проектирование агрегатов сталеплавильного производства, М.: МИСиС, 1995. 512 с
15. Юдашкин М.Я., Карлов М.П. Механическое оборудование установок очистки газов. М: Металлургия, 1979. 247 с.

УДК 621.311

С.М. БОЙКО, канд. техн. наук, Національний університет «Запорізька політехніка»
І.В. КАСАТКІНА, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет
О.В. ДАНИЛІН, канд. техн. наук, доц., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Мета. Метою даної роботи є аналіз впливу та особливостей впровадження відновлювальних джерел електричної енергії в системи електропостачання.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано основні показники якості електричної енергії та особливості під'єднання джерел електричної енергії до мережі та проаналізована можливість і специфіка роботи розподілених джерел електроенергії на базі відновлювальних джерел електроенергії.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач і аналізу статистичних даних використано аналітичні методи – для дослідження аспектів впливу енергетичних параметрів джерел розосередженої генерації на якість електричної енергії у мережі.

Наукова новизна. Вперше проаналізовано вплив на якість електричної енергії впровадження джерел розосередженої генерації, враховуючи особливості сучасних енергетичних установок, що входять до складу енергетичних комплексів розосередженої генерації.

Практична значимість. За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок про те що, комплексний підхід до аналізу кожного окремого випадку під'єднання енергетичних установок розосередженої генерації надасть можливість покращити енергетичні показники мережі та визначити оптимальні місця під'єднання.

Результати. Впровадження джерел розосередженої генерації позитивно впливає на якість електричної енергії як у енергосистемі вцілому, так і у локальних енергетичних системах, але є необхідність перед впровадженням джерел розосередженої генерації до мережі в кожному окремому випадку проводити попереднє дослідження.

Ключові слова: система електропостачання, відновлювані джерела енергії, електропостачання, надійність електропостачання, якість електричної енергії.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-37-42

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Впровадження джерел розосередженої генерації змінює властивості енергосистеми. Під час експлуатації установок джерел розосередженої генерації, що приєднані до енергосистеми, виникають проблеми, пов'язані з забезпеченням стійкості і надійності роботи.

Між тим, на стійкість експлуатації установок джерел розосередженої генерації впливає режим роботи навантаження та співвідношення між потужністю, що споживається навантаженням, та потужністю, яка передається в енергосистему [1].

Слід зауважити той факт, що під'єднані у віддалених точках енергосистеми джерела розосередженої генерації підвищують рівень напруги у місці під'єднання, що є позитивно впливає на якість електричної енергії. Але, у той же час, робота установок розосередженої генерації генеруючи додаткові гармоніки створюють негативні впливи на електромережу до якої під'єднані [1].

Як показують результати досліджень, впровадження джерел розосередженої генерації до діючих енергосистем має як позитивний, так і негативний вплив на якість електроенергії тому у кожному окремому випадку потребує додаткового аналізу [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Збільшення частки джерел розосередженої генерації у енергосистемах до яких вони під'єднані, призводить до виникнення у них нових властивостей енергосистеми, серед яких підвищення її надійності завдяки можливості розділення енергосистеми на окремі райони в аварійних ситуаціях.

Відомо, що реалізація такої властивості потребує певної модернізації досліджуваної енергосистеми [2]. Для підвищення техніко-економічної ефективності сумісної експлуатації джерел розосередженої генерації і розподільних електричних мереж необхідно розв'язати ряд задач, що дозволять зменшити втрати електроенергії в розподільних електромережах, визначити оптимальну точку підключення, покращити якість і надійність електропостачання споживачів [1-12].

Постановка завдання. Аналіз впливу та особливостей впровадження відновлювальних джерел електричної енергії в системи електропостачання.

Викладення матеріалу та результати. Як відомо, в якості другого незалежного джерела живлення електроспоживачів можуть бути використані, у тому числі, спеціальні агрегати безперебійного живлення та акумуляторні батареї. Так як, потужність споживачів електроенергії може бути досить велика, то використання акумуляторних батарей не завжди представляється можливим. Тому одним з альтернативних рішень є використання відновлювальних джерел електричної енергії, які розташовані на території поблизу об'єкту електроспоживання, з метою електропостачання відповідальних електроприймачів у аварійних ситуаціях та у псевдоаварійних режимах роботи, з метою підвищення якості енергії та підвищення рівня надійності електропостачання [2].

Відповідно, система електропостачання повинна відповідати таким наступним вимогам, як:

забезпечувати безперебійного живлення електроенергією основних;

бути безпечною у експлуатації;

забезпечувати необхідну якість електроенергії в умовах змін структур електричних мереж;

бути економічно вигідною, при дотриманні вимог, перелічених вище.

У ряді робіт пропонується підхід до побудови систем автоматизованого керування електроспоживанням, заснований на базі відновлювальних альтернативних джерел енергії, у вигляді сукупності взаємозалежних структур. Як наслідок, є необхідним та актуальним при використанні новітніх технологій під час комутації електричних мереж, з можливістю прогнозування їх енергетичних параметрів.

Для розв'язання вищевикладеної мети, проаналізована можливість і специфіка роботи РДЕ в умовах діючих, розроблена конструкція комплексу, синтезована її структура. Розроблена структура РДЕ на базі ВДЕЕ і система управління нею дозволяють збільшити надійність і якість електропостачання споживачів, а також підтримувати безперебійність електропостачання споживачів електричної енергії [2].

За результатами дослідження зроблено висновок про те, що системи електропостачання на базі ВДЕЕ характеризуються наявністю в них генераторів обмеженої потужності, широким діапазоном зміни параметрів навантаження тощо [3-5]. У зв'язку з цим до їх застосування у складі схем електропостачання локальних енергетичних систем висувається ряд вимог, насамперед, надійність, обсяг згенерованої потужності, віддаленість споживачів від джерел живлення електроенергії, наявності зон з забрудненими та агресивними середовищами, вплив самих локальних енергетичних систем на якість електричної енергії тощо. Таким чином, РДЕ на базі ВДЕЕ слід наблизити до об'єкту споживання, щоб зменшити кількість мережевих ланок та ступенів проміжної трансформації електроенергії та комутації в системі електропостачання в локальних енергетичних системах, що можливо на основі децентралізованої архітектури. Це, з одного боку, зменшує кількість проміжних ланок між ВДЕЕ та електроспоживачами, а також знижує кількість ступенів трансформації в локальних енергетичних систем, а з іншого може збільшити кількість факторів негативного впливу на якість електроенергії та негативні перехідні процеси в цих системах.

В результаті аналізу можливості впровадження ВДЕЕ у складі локальних енергетичних систем було виявлено, що РДЕ на базі ВДЕЕ, впливають на розподільні мережі в локальних енергетичних системах та перетворюють їх на активні елементи. Це передбачає необхідність внесення змін у прийнятті стратегії управління локальних енергетичних систем та планування структури і режимів локальних енергетичних систем. При цьому їхній вплив може мати як позитивний, так і негативний характер, тому доцільно заздалегідь ґрунтовно досліджувати та аналізувати питання приєднання РДЕ до локальних енергетичних систем в залежності від умов експлуатації та особливостей режимів роботи електроприймачів [8].

До складу раніше запропонованої системи електропостачання може входити наступне устаткування: ВЕС, СЕС, ГЕС; батарея акумуляторів, що служить для накопичення електроенергії при роботі ВДЕЕ для живлення системи її управління (або, за необхідності, як резервне джерело живлення); перетворювальна апаратура, у випадку використання генератора змінної напруги, що служить для перетворення електроенергії від ВДЕЕ у постійний струм для живлення інвертора й заряду акумуляторних батарей і перетворення постійного струму від акумуляторів в напругу змінного струму із стандартними параметрами [3].

При проектуванні ВДЕЕ у складі локальної системи електропостачання, доводиться вирішувати питання, пов'язані із номінальною роботою станції, що виключає перевантаження генератора, за умови надійності в експлуатації. Тому запропоновано підключати мережу до споживача через автоматизований розподільчий пристрій, що призначений для регулювання електроживлення споживача в автоматичному режимі. Таким чином, за умови достатнього електропостачання споживача від ВДЕЕ, енергосистема працює в автономному режимі. У випадку, коли відбувається, за рядом причин, недостатнє генерування електричної енергії ВДЕЕ чи аварійна ситуація, то автоматичний розподільчий пристрій автоматично підключає до системи електропостачання споживача блок акумуляторних батарей, а у разі нагальної необхідності, електромережу, як додаткове джерело електричної енергії. Таким чином мережа є додатковим аварійним джерелом електричної енергії [3].

За такої системи регулювання підвищується надійність електропостачання споживача та модульність системи вцілому. Оскільки, за необхідністю, відбувається регулювання кількості акумуляторних батарей та ВДЕЕ.

У зв'язку з особливостями електромагнітної сумісності та оптимальним електроживленням споживачів, при плануванні та впровадженні систем локального електроживлення на базі

ВДЕЕ, необхідно щоб розташування ВДЕЕ відповідало вимогам забезпечення оптимального енергообміну, покращення якості електроенергії, вимогам до стійкості, надійності та ефективності роботи системи, потужністю, характером і місцем розташування джерел які впливають на параметри електричної енергії, а також умові досягнення оптимальних значень техніко-економічних показників системи в цілому [3].

Схема електропостачання-електроспоживання з використанням відновлювальних джерел електричної енергії дозволяє забезпечити підвищення ефективності роботи системи електропостачання з використанням додаткових джерел електричної енергії, що дозволить підвищити надійність та безперебійність електропостачання підключених до нього споживачів.

Система має можливість регулювати роботу джерел електричної енергії, як додаткових джерел живлення, на одну спільну систему електропостачання, в результаті аварійної ситуації живлення відбувається від магістральної електромережі, система при необхідності може підключати та відключати певну кількість споживачів, з метою регулювання навантаження та ефективної роботи, що зумовлює підвищення надійності електропостачання і підвищує ефективність роботи комплексу [3].

Таким чином сумарна згенерована потужність РДЕ на базі ВДЕЕ визначається з виразу

$$S_{\Sigma DES} = \sum_{i=1}^n S_{VES_i} + \sum_{i=1}^n S_{SES_i} + \sum_{i=1}^n S_{GES_i},$$

де S_{VES} – згенерована потужність ВЕС ; S_{SES} – згенерована потужність СЕС; S_{GES} – згенерована потужність ГЕС.

Тоді, спожита потужність за умови використання РДЕ на базі ВДЕЕ в системі електропостачання дорівнює

$$S_{PP} = S_{PS} + \left(\sum_{i=1}^n S_{VES_i} + \sum_{i=1}^n S_{SES_i} + \sum_{i=1}^n S_{GES_i} \right),$$

де S_{PS} – спожита електрична енергія з енергосистеми.

А за умови генерування РДЕ більшої потужності від необхідного споживання, потужність спожитої електричної енергії з енергосистеми дорівнює

$$S_{PS} = S_{PP} - \left(\sum_{i=1}^n S_{VES_i} + \sum_{i=1}^n S_{SES_i} + \sum_{i=1}^n S_{GES_i} \right).$$

За умови можливості накопичення надлишку згенерованої електричної енергії ВДЕЕ потужність спожитої електричної енергії з енергосистеми дорівнює

$$S_{PS} = S_{PP} \pm S_{\Sigma EB} - \left(\sum_{i=1}^n S_{VES_i} + \sum_{i=1}^n S_{SES_i} + \sum_{i=1}^n S_{GES_i} \right).$$

За умови від'ємного значення потужності спожитої електричної енергії з енергосистеми відбувається віддача надлишку згенерованої електричної енергії до мережі.

Оскільки, при впровадженні комбінованого електропостачання велика кількість можливих конфігурацій, то буде актуальним описування цих конфігурацій у вигляді тензора. Тензор електропостачання від локальних енергетичних систем з використанням ВДЕЕ представлено у вигляді [3]

$$B_i^k \sum_{PP} = \sum_{i=1}^{k=4} S_i^k t^i = \begin{pmatrix} S_1^1 t^1 & S_2^1 t^2 & S_3^1 t^3 & S_4^1 t^4 & S_5^1 t^5 \\ S_1^2 t^1 & S_2^2 t^2 & S_3^2 t^3 & S_4^2 t^4 & S_5^2 t^5 \\ S_1^3 t^1 & S_2^3 t^2 & S_3^3 t^3 & S_4^3 t^4 & S_5^3 t^5 \\ S_1^4 t^1 & S_2^4 t^2 & S_3^4 t^3 & S_4^4 t^4 & S_5^4 t^5 \end{pmatrix}$$

де, k – варіанти електропостачання, i – джерела постачання ЕЕ, S_i^k – потужність i -го джерела ЕЕ в k -му варіанті електропостачання, t^i – час електропостачання від i -го джерела ЕЕ, S^k – варіант електропостачання ЕЕ, S_1 – електромережа, S_2 – вітроелектростанція, S_3 – сонячна фотоелектростанція, S_4 – мікрогідроелектростанція, S_5 – акумулятори.

Перший рядок відображає сумарне постачання електричної енергії від локальних енергетичних систем на базі ВДЕЕ за 1-м варіантом.

Другий рядок відображає сумарне постачання електричної енергії від локальних енергетичних систем на базі ВДЕЕ за 2-м варіантом.

Третій рядок відображає сумарне постачання електричної енергії від локальних енергетичних систем на базі ВДЕЕ за 3-м варіантом.

Четвертий рядок відображає сумарне постачання електричної енергії від локальних енергетичних систем на базі ВДЕЕ за 4-м варіантом.

Згідно правила додавання, знак суми в записі тензора можна опустити і записати його у вигляді

$$B_i^k \sum_{PP} = S_i^k t^i.$$

Враховуючи результати ряду попередніх досліджень, широкого розповсюдження набули асинхронні генератори у складі ГЕС та ВЕС, так, як вони мають ряд переваг: краще захищені від попадання бруду і вологи, більш стійкі до короткого замикання і перевантажень, а вихідна напруга асинхронного електрогенератора відрізняється меншим ступенем нелінійних спотворень. Це дозволяє використовувати асинхронні генератори не тільки для живлення промислових пристроїв, які не критичні до форми вхідної напруги, але й підключати до них електронну техніку. До переваг асинхронного генератора також відносять низький клірфактор (коефіцієнт гармонік), що характеризує кількісну наявність у вихідній напрузі генератора вищих гармонік. Вищі гармоніки викликають нерівномірність обертання і небажаний нагрів електромоторів. У синхронних генераторів можна спостерігати величину клірфактора до 15%, а клірфактор асинхронного електрогенератора не перевищує 2% [9].

Ще однією перевагою асинхронного електрогенератора є те, що в ньому повністю відсутні обертові обмотки і електронні деталі, які чутливі до зовнішніх впливів і досить часто схильні до пошкоджень. Тому асинхронний генератор більш стійкий в роботі і менше схильний до зносу і може служити дуже довго.

Між тим, як відомо, якість електричної енергії характеризується сукупністю властивостей електричної енергії, які обумовлюють придатність її для нормальної роботи електроприймачів відповідно до їх призначення при розрахунковій працездатності [10].

Показники якості електричної енергії (ПЯЕ) - поділяються на дві групи: основні і додаткові.

Основні ПЯЕ визначають властивості електричної енергії, які характеризують її якість. Додаткові ПЯЕ представляють собою форми записи основних ПЯЕ, використовувани в нормативно-технічних документах.

До основних ПЯЕ відносяться: відхилення напруги δU , розмах зміни напруги δU_t , доза коливань напруги Ψ , коефіцієнт несинусоїдальності кривої напруги k_{nsU} , коефіцієнт ν -ої гармонійної складової $K_{U(\nu)}$, коефіцієнт зворотньої послідовності напруги K_{2U} , коефіцієнт нульової послідовності напруги K_{0U} , відхилення частоти Δf , тривалість провалу напруги Δt_p , імпульсна напруга U_{ipn} [11].

До додаткових ПЯЕ відносяться: коефіцієнт амплітудної модуляції K_{mod} , коефіцієнт небалансу міжфазних напруг K_{neb} , коефіцієнт небалансу фазних напруг $K_{neb.f}$.

Таким чином якість ЕЕ в запропонованій системі електропостачання можна описати за допомогою тензора через суму тензорів

$$\begin{aligned} \prod_{jiq}^k &= \sum_{k,j=1}^{k,j=4} (a_j^k \delta U^j + b_j^k \delta U_t^j + c_j^k \Psi^j + d_j^k U_{ipn}^j) + \\ &+ \sum_{k,i=1}^{k,i=4} (a_i^k k_{nsU}^i + b_i^k k_{U(\nu)}^i + c_i^k k_{2U}^i + d_i^k k_{0U}^i) + \\ &+ \sum_{k,q=1}^{k,q=4} (a_q^k k_{mod}^q + b_q^k k_{neb}^q + c_q^k k_{neb.f}^q + d_q^k \Delta t_p^q) \end{aligned}$$

або в спрощеному вигляді, враховуючи правило додавання, знак суми можна опустити і записати у вигляді

$$\prod_{jiq}^k = A_j^k + B_i^k + C_q^k.$$

Між тим, аналіз розподілу потоків споживання електроенергії свідчить, що велика частка електричної енергії припадає саме на локальні енергетичні об'єкти, що обумовлює в цілому актуальність вирішення питань енергоефективності їх експлуатації [12].

Одним з альтернативних та перспективних рішень є використання відновлювальних дже-

рел електричної енергії, з метою електропостачання відповідальних електроприймачів у аварійних ситуаціях та у інших псевдоаварійних режимах роботи, з метою зменшення витрат за спожиту електроенергію та підвищення рівня надійності електропостачання, що між тим підвищить якість електричної енергії у мережі.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Широкого розповсюдження отримали відновлювані джерела електричної енергії, у тому числі у складі як локальних енергетичних систем, комплексів розосередженої генерації, так і як мережеві енергетичні установки.

Впровадження джерел розосередженої генерації позитивно впливає на якість електричної енергії як у енергосистемі вцілому, так і у локальних енергетичних системах, але є необхідність перед впровадженням джерел розосередженої генерації до мережі в кожному окремому випадку проводити попереднє дослідження.

Список літератури

1. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії / Під заг. ред. **А. К. Шидловського**. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2007 – 560 с.
2. **Денисюк С. П., Базюк Т. М.** Аналіз впливу джерел розосередженої генерації на електромережу та особливості побудови віртуальних електростанцій // Електрифікація транспорту. – 2012. – № 4. – С. 23–29.
3. **Бойко С.М.** Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації гірничорудних підприємств. Монографія, під редакцією доктора техн. наук, професора **О.М. Сінчука**. – Кременчук, 2020. – 263с.
4. **Lezhnyuk P. Kulyk V.** Functioning optimization of various types of renewable sources of electric energy in electric networks // Papers of the 2012 United Kingdom – Vietnam Clean Energy Conference (UK-VN CECE 2012). – Danang city, Vietnam. – pp. 487-492.
5. **Stognii B., Kyrylenko O., Prakhovnyk A., Denysiuk S.** The evolution of intelligent electrical networks and their prospects in Ukraine // Tekhnichna elektrodynamika. – 2012. – № 5. – pp. 52–67.
6. **Buchholz B., Styczynski Z.** Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks, Springer – 2014. – 396 p.
7. **Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л.** Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
8. **Papaika Y.** Normalization of voltage quality as the way to ensure energy saving in power supply systems / **G. Pivnyak, I. Zhezhelenko, Y. Papaika** // CRC Press/Balkema – Taylor & Francis Group: Power Engineering Control and Information Technologies in Geotechnical Systems. – Leiden, The Netherlands, 2013 annual publication. – P. 11-18.
9. Аналіз споживання електроенергії з контролем якості в розподільних мережах / **О. Г. Гриб, Ю. О. Сиротин, Д. А. Гапон, А. В. Дяченко, Т. С. Ієрусалимова, О. В. Бортніков** // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. – Харків : ХНТУГС, 2015. – С. 9–10.
10. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: за заг. ред. акад. НАН України **О.В. Кириленка** / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.
11. **A. Ghosh and G. Ledwich,** Power Quality Enhancement Using Custom Power Devices. Norwell, MA: Kluwer, 2002.
12. **Janik P.** Photovoltaic Power Generation Assessment Based on Advanced Signal Processing and Optimisation Techniques. Wroclaw: Publishing house of Wroclaw University of Science and Technology Wroclaw, 2014.

УДК 666.9.035

О.О. ШИШКІНА, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

БЕТОНИ ВИСОКОЇ МІЦНОСТІ ДЛЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Метою роботи є одержання високоміцних матричних бетонів для композиційних матеріалів, що призначені для виготовлення тонкостінних конструкцій. Відомі в даний час способи підвищення міцності бетонів такого призначення володіють деякими недоліками. Головним з них є рекомендація використання високомарочних цементів для забезпечення отримання високих показників міцності бетону через їх високу вартість, обмежену доступність та збільшені показники усадки. Іншим популярним способом підвищення міцності бетону є використання хімічних добавок, який в свою чергу може призвести до зниження довговічності матеріалу, адже такі добавки можуть втручатися в стандартні процеси гідратації, викликаючи зміну структури новотворів.

Методи дослідження. При проведенні експериментів, спрямованих на досягнення поставленої мети застосовувалися стандартні **методи** дослідження фізико-механічних та будівельно-технічних властивостей бетонів згідно чинних нормативних документів та за загальноприйнятих методик.

Наукова новизна. В роботі вперше пропонується більш ефективний метод підвищення міцності матричних бетонів, який полягає в активації води замішування бетону гідрофобними аліфатичними колоїдними поверхнево-активними речовинами (МПАР), застосованими у надмалих концентраціях.

Практичне значення. Практичне значення запропонованого нами способу полягає в отриманні високоміцного матричного бетону для тонкостінних конструкцій без використання високомарочних цементів та можливості збільшити величину прольотів конструкцій й зменшити їх товщину.

Результати. Проведеними дослідженнями було встановлено, що наноактивація МПАР води замішування призводить до значного збільшення міцності матричного бетону. Було виявлено, що активування МПАР води замішування прискорює формування структури бетону, що дозволяє отримувати високі показники матричного бетону у ранньому віці. Це в свою чергу, є актуальним питанням при виготовленні тонкостінних конструкцій. При застосуванні такої активованої води міцність цементного каменю зростає в 1,52 та 1,3 рази відповідно у віці 7 та 28 діб порівняно з каменем отриманим на основі портландцементу без добавок. Також проведені дослідження показали відсутність значного впливу активованої МПАР води замішування на структуру новотворів цементного каменю.

Ключові слова: тонкостінні конструкції, бетон, міцність, активація води.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-42-46

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В сучасному світі спостерігається бурхливе будівництво споруд та будівель різноманітного призначення. Велика частка новітніх будівельних об'єктів відзначаються своєю масштабністю – значною висотою та площею. Все більшого використання для ряду галузей застосування набувають тонкостінні конструкції. Так, наприклад, з таких конструкцій виготовляють оболонки покриття, бункери та силоси, транспортні споруди, водонапірні башти, резервуари, облицювання для тунелів та зрешувальних каналів, водоочисні споруди, плавучі споруди, дрібні судна і таке інше. Використання тонкостінних конструкцій має ряд переваг – зменшення ваги та матеріаломісткості виробів, суміщення несучих та огорожуючих функцій, можливість застосування різноманітних архітектурних форм.

Слід зазначити, що деякі з таких конструкцій піддаються впливу певних особливих умов, наприклад, навперемінного зволоження та висушування, заморожування та відтавання, постійної дії вологи, навантаження різного виду та їх поєднання і т.д.. Для надійної та тривалої експлуатації таких будівель вкрай важливе застосування якісних матеріалів, які будуть відповідати всім вимогам їх застосування.

Існує достатньо широкий досвід використання металу для виготовлення тонкостінних конструкцій. Та його використання має ряд недоліків. Так, металеві конструкції володіють значною масою, що ускладнює процес зведення будівлі. Також значна металоемність конструкцій призводить до значного підвищення вартості будівництва. Окрім цього, метал схильний до дії корозії, що ускладнює експлуатацію будівель, особливо тих, які мають безпосередній контакт з водою, як наприклад, у випадку гідротехнічних та плавучих споруд, а призводить до значних затрат на їх ремонт.

Також відоме застосування полімерних матеріалів для виробництва зазначених конструкцій. Однак такі матеріали також недосконалі. Для них характерне руйнування під дією підвищених температур та сонячної радіації, токсичність. Ті види полімерів які в меншому ступені піддаються означеним впливам мають велику вартість.

Виходячи з викладеного, найбільш раціонально виготовляти тонкостінні конструкції з бетону. Адже він володіє достатньо високою міцністю при стиску, має високі показники корозійної стійкості, морозостійкості та інше. До того ж, бетонні тонкостінні конструкції мають невелику вагу.

Аналіз досліджень і публікації. Бетон давно відомий як ефективний будівельний матеріал, який здатен витримувати різноманітні впливи навколишнього середовища. Головною його особливістю є те, що він набагато краще витримує навантаження стиску, у порівнянні з іншими видами навантажень. Тому існує необхідність вживання заходів щодо покращення сприйняття ним навантажень інших видів. Для цих цілей застосовують армування конструкцій металевими виробами, дисперсне армування різними матеріалами, введення різних добавок, тощо [1-4].

Для виготовлення тонкостінних конструкцій необхідне застосування високоміцних бетонів. Існує ряд композитних матеріалів, які володіють високою міцністю, в тому числі на розтяг, морозостійкістю та іншими позитивними якостями. До таких матеріалів відносять армоцемент та склоцемент [5,6], використання яких дає змогу формування виробів та конструкцій з високою міцністю складних форм та різною фактурою невеликої товщини, а отже і маси.

Склоцемент – це конструкційний матеріал, що складається зі скляного волокна, орієнтованого певним чином та матриці на основі неорганічних в'язучих речовин [7]. Скловолокняна арматура використовується у вигляді окремих ниток, сіток або тканин, які склеєні цементним або полімерцементним клеєм. За рахунок дисперсного та напрямленого армування високоміцними та пружними волокнами склоцемент володіє високою міцністю, тріщиностійкістю, пружністю, здатністю до механічної обробки.

Армоцемент представляє собою конструкційний матеріал, який складається з декількох шарів сталеної сітки, сполучених дрібнозернистим цементно-піщаним бетоном [8]. Сітки застосовують з проволочи діаметром 0,5 – 1 мм з чарунками 3 – 10 мм. В деяких випадках для збільшення міцнісних характеристик допускається часткова заміна сіток арматурними стрижнями. Армоцемент характеризується підвищеною, у порівнянні із залізобетоном, міцністю на розтяг, збільшеними показниками тріщиностійкості, водонепроникності, опору удару, вібрацій та динамічним навантаженням [8, 9].

В більшості випадків виготовлення армоцементних та склоцементних конструкцій потребує використання бетонів високих класів міцності (наприклад, С35/45) [8, 10-12]. Забезпечення отримання таких значних міцнісних показників матричного бетону наразі пропонується в першу використанням цементів високих марок (М500, М600). Такий спосіб не представляється доцільним за цілої низки причин, серед яких є висока вартість таких в'язучих, невеликий обсяг випуску, значні показники усадки. Іншим методом підвищення міцності бетону є використання спеціальних хімічних добавок. Однак, як відомо, вони здатні втручатися в хімічні процеси твердіння в'язучих речовин, зменшуючи тим самим довговічність бетону [13, 14].

В той же час потрібно зауважити, що такі композиційні матеріали мають низку й інших вад. Так, використання портландцементу для створення матриці склоцементу створює агресивне по відношенню до скляного армування середовище. В результаті відбувається корозія скловолокна [8, 9]. Тому виникає необхідність застосування спеціальних заходів захисту скловолокна. В якості методів захисту використовують спеціальні полімерні добавки та лаки, які підвищують стійкість скла до руйнування. Та використання таких добавок в свою чергу також пов'язані з деякими труднощами. Вони схильні до деформацій та руйнування під дією сонячного проміння. А ті з них, що витримують такі впливи відзначаються підвищеною вартістю. До того ж застосування захисних покриттів призводить до необхідності впроваджувати додаткових технологічних операцій при виробництві склоцементних конструкцій (сушіння).

Глиноземистий цемент, що пропонується для виготовлення склоцементу з метою створення менш агресивного середовища по відношенню до скляного армування, має обмеження по використанню – умови твердіння з температурою не більше 25°C, неможливість використання тепловологісної обробки. Крім того, таких цемент має високу вартість.

Для армоцементу існує можливість виникнення корозії арматури при порушенні товщини захисного шару бетону. А підвищення товщини захисного шару більше 3 мм призводить до зниження ефективності армування сітками. Тож виникає необхідність спеціального захисту арматури. В умовах середовища середньої або сильної агресивності використання армоцементу не допускається. Окрім цього, армоцементу властиві підвищені деформації усадки [7, 8].

Постановка задачі. Зважаючи на все вищевикладене, актуальною задачею сучасного тонкостінного будівництва є одержання матричного бетону, який має значну міцність та високу швидкість формування структури, уникаючи недоліків, пов'язаних з використанням в'язучих речовин високих марок та добавок, що змінюють структуру новотворів при гідратації цементу. Вирішенню цього питання й присвячена дана стаття.

Викладення матеріалу та результати. Серед численних способів вдосконалення виготовлення бетону є модифікування властивостей цементних систем механічними, фізичними, хімічними і комбінованими впливами. Одним із таких напрямків є застосування різних способів активації води замішування бетонної суміші. З них найбільш доступним і технологічним є фізико-хімічна активація води і водних розчинів гідрофобними аліфатичними колоїдними повер-

хнево-активними речовинами (МПАР), які застосовуються у надмалих концентраціях, з подальшим використанням їх в якості рідини замішування для бетонів.

При виконанні експериментів в якості в'язучої речовини використовували портландцемент М400 ПАТ «Криворіжцемент» (Україна).

Проведені нами дослідження міцності цементного каменю залежно від концентрації наноактиватора МПАР у воді замішування показали, що в початкові терміни твердіння (7 діб) вплив концентрації наноактиватора МПАР у воді на міцність цементного каменю доволі значний, але він декілька зменшується з віком цементного каменю. Ці дані відображені на рис. 1, 2.

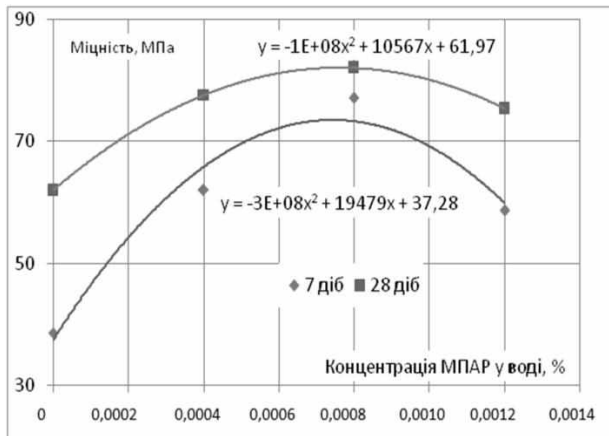


Рис. 1. Міцність цементного каменю, отриманого на наноактивованій МПАР воді

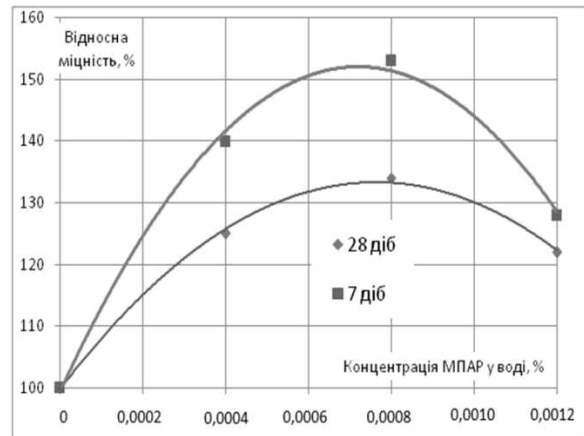


Рис. 2. Відносна міцність цементного каменю, отриманого на наноактивованій МПАР воді

Дослідженнями міцнісних показників системи «портландцемент – наноактивована вода» встановлено, що використання активованої МПАР води, сприяє прискоренню раннього структуроутворення і синтезу міцності каменю. При застосуванні такої активованої води міцність цементного каменю зростає в 1,52 та 1,33 рази відповідно у віці 7 та 28 діб порівняно з каменем отриманого на основі портландцементу без добавок.

Означені явища можна пояснити тим, що в процесі гідратації системи «портландцемент – активована МПАР вода» відбувається зменшення міжзернового простору за рахунок збільшення ступеню розчинення частинок портландцементу та швидке наповнення цього простору продуктами гідратації цементу із переводом води в хімічно зв'язану, що знижує внутрішні напруження у ранні терміни, забезпечує високу швидкість гідратації портландцементу та її величину.

Через 28 діб тверднення міцність каменю на основі портландцементу без добавок становить 62 МПа, у той час, як міцність каменю, отриманого на основі наноактивованої МПАР води, досягає 80 МПа.

Визначено оптимальний інтервал концентрації наноактиватора у воді (10^{-4} – 10^{-6} % об.), в межах якого максимально реалізуються потенційні можливості наноактивації води і, як наслідок, цементного каменю, отриманого на її основі.

Отримані нами спектрограми підтверджують відсутність значного впливу активованої МПАР води замішування на вид новотворів в цементному камені окрім збільшення ступеню гідратації силікатів цементу.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Встановлено, що застосування активації гідрофобними аліфатичними колоїдними поверхнево-активними речовинами води замішування, призначеної для виготовлення матричних бетонів, призводить до значного збільшення міцності означених бетонів. Це вирішує проблему використання високомарочних цементів та дає змогу одержувати бетони високої міцності з низькими показниками усадки та без значних затрат. Отримання таких бетонів дає змогу збільшувати величину прольотів тонкостінних конструкцій та зменшувати їх товщину. Так як речовини, які застосовуються для активації води замішування використовуються у надмалих концентраціях, то вони не змінюють структуру новотворів цементного каменю, підвищуючи там самим довговічність.

Напрямок подальших досліджень є ліквідація інших недоліків композиційних матеріалів, перелічених в даній роботі.

Список літератури

1. Дорюфеев, В.С. Повышение долговечности конструкций тонкостенных гидротехнических и транспортных сооружений / В. С. Дорюфеев, А. В. Мишутин // Вісник ОДАБА. – 2012. – №46. – С. 118-122.
2. Ключник С. Н. Вопросы теории и проектирования дисперсного армирования / С. Н. Ключник, А. В. Мишутин // Вісник ОДАБА. – 2003. - №10. – С. 87-90.
3. Мишутин А. В. Влияние дисперсного армирования полимерными фибрами и наполнителя на свойства бетона для тонкостенных конструкций / А. В. Мишутин, С. А. Кровяков, Е. А. Гапоненко // Вісник ОДАБА. – 2007. – №27. – С. 246-251.
4. Ключник С. Н. Стальные волокна для армирования бетона / С. Н. Ключник, А. В. Мишутин // Вісник ОДАБА. – 2003. – №9. – С. 101-104.
5. Давыдов С. С., Ключник В. И., Носарев А. В. Железобетонные тонкостенные конструкции в транспортном строительстве [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа до ресурсу: <https://docplayer.com/82318881-Zhelezobetonnye-tonkostennyye-konstrukcii-v-transportnom-stroitelstve.html>.
6. Справочник по малотоннажному судостроению / Б. Г. Мордвинов. – Л.: «Судостроение», 1987. – 576 с.
7. Бирюкович К. Л. Стеклоцемент в строительстве / К. Л. Бирюкович, Ю. Л. Бирюкович, Д. Л. Бирюкович. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.
8. Бирюкович К. Л. Мелкие суда из стеклоцемента и армоцемента / К. Л. Бирюкович, Ю. Л. Бирюкович, Д. Л. Бирюкович. – Л.: «Судостроение», 1965. – 164 с.
9. Лысенко Е. Ф. Армоцементные конструкции / Е. Ф. Лысенко. – К.: Высшая школа, 1974. – 208 с.
10. Качура А. А. Качественные характеристики армоцемента, полученного по ротационной технологии / А. А. Качура, Е.В. Кондращенко, Ю.А. Науменко, В.И. Кондращенко // Вісник НТУ – «ХП». – 2013. – №47. – с. 62-68.
11. ДСТУ Б В.2.6-204-2015 «Розрахунок і конструювання армоцементних конструкцій будівель та споруд» [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступа до ресурсу: https://dnaop.com/html/62242/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_%D0%91_%D0%92.2.6-204_2015
12. Митрофанов Е. Н. Армоцемент / Е. Н. Митрофанов. – Л.: Стройиздат (Ленингр. отдние), 1973. – 208 с.
13. Ушеров-Маршак А.В. Добавки в бетон: прогресс и проблемы / А. В. Ушеров-Маршак // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 8-12.
14. Ратинов, В. Б. Добавки в бетон / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 187 с

УДК 622.7: 534

В. С. МОРКУН, Н. В. МОРКУН, доктори техн. наук, професори,
В. В. ТРОНЬ, канд. техн. наук, доц., О. Ю. СЕРДЮК, асистент,
О. О. ГАПОНЕНКО, І. О. ГАПОНЕНКО, наукові співробітники
Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ НЕЛІНІЙНИХ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОСАДЖЕННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ ПУЛЬПИ У ДЕШЛАМАТОРІ

Метою дослідження є встановлення доцільності і розроблення методу застосування оцінювання нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, для оптимізації його роботи.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано такі методи: аналіз результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень, системний аналіз, математичне моделювання, аналітичний синтез, комп'ютерне моделювання, чисельне моделювання, комп'ютерні інформаційні технології.

Наукова новизна. В умовах змінної швидкості поширення ультразвуку та змінної густини випадково-неоднорідного середовища для моделювання даного процесу необхідно використовувати методи розширеного простору першого та вищих порядків. На основі математичного моделювання процесу поширення ультразвуку у рудній пульпі встановлено, що змінення форми імпульсу акустичних коливань кінцевої тривалості є наслідком нелінійних характеристик процесу поширення ультразвуку в пульпі, які, своєю чергою визначаються її густиною та гранулометричним складом.

Практичне значення. Запропоновано використовувати нелінійні ультразвукові вимірювання для оцінки параметрів осадження твердої фази пульпи у процесі її згущення у дешламаторі. Зазначене дозволяє враховувати коливання характеристик технологічного потоку пульпи, який подається на переробку при реалізації алгоритму змінення кількості флокулянту та продуктивності вихідного потоку згущеного продукту при керуванні процесом згущення у дешламаторі. У даному випадку змінення властивостей збагачуваної руди розглянуто як додатковий збурюючий фактор, для урахування якого здійснюють вимірювання та регулювання швидкості осадження твердої фази пульпи.

Результати. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що оцінки нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, необхідно застосовувати для оптимізації його роботи. Запропонований підхід дозволяє врахувати густину пульпи та характер розпо-

ділу часток твердої фази рудного матеріалу у дешламаторі за крупністю, встановити характеристики вихідного продукту дешламатора, та у відповідності до параметрів процесу осадження часток руди і за рахунок цього зменшити витрати води на 3,5% і втрати корисного компонента на 0,6–0,7%.

Ключові слова: дешламатор, ультразвук, автоматичне керування, моделювання, залізна руда, пульпа.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-46-50

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У більшості процесів збагачення руди використовується значна кількість води, і кінцевий продукт – концентрат, необхідно виділяти з пульпи, в якій можливо високе співвідношення води і твердої фази. Згущення рудної пульпи здійснюють у дешламаторі, який має два продукти: густіший концентрат, який йде далі по технологічному ланцюжку, і вода, яку використовувати повторно у технологічному процесі. Для того, щоб досягти кращих результатів процесу згущення, необхідні ефективні системи управління, оскільки у згущувачі досить складно виміряти параметри перебігу технологічного процесу через значну сталу часу даного об'єкта керування.

Алгоритм керування згущувачем має враховувати коливання характеристик технологічного потоку пульпи, який подається на переробку. Це досягається за рахунок зміни кількості флокулянту та продуктивності вихідного потоку згущеного продукту. Зміну властивостей збагачуваної руди слід розглядати як додатковий збурюючий фактор, для урахування якого необхідне вимірювання та регулювання швидкості осадження твердої фази пульпи.

Аналіз досліджень та публікацій. Для поділу під дією сили тяжіння рудної пульпи на два продукти: освітлений продукт у переливному потоці та концентрований згущений продукт; використовуються дешламатори. У процесі дешламації на дні резервуару утворюється зона з вищою концентрацією твердих речовин, ніж у вхідному потоці [1-3].

Концептуальна модель ділить згущувач на п'ять шарів за концентраційним профілем. Ідея полягає в тому, що на різних шарах усередині згущувача матеріал поводить по-різному, умови змінюються, і тому рівняння для освітлення/ущільнення відрізняються [4,5].

Критерієм керування процесом згущення, як правило, є збільшення прозорості переливу (з метою досягнення мінімального вмісту у ньому твердих частинок) та збільшення густини згущеного продукту (з метою максимального вилучення твердих частинок) [6]. Поставлені цілі зазвичай досягаються за рахунок зміни швидкості випуску згущеного продукту та додавання флокулянту. Рівень осаду у даному випадку є можна змінювати регулюванням продуктивності насоса згущеного продукту, наприклад, за критерієм підтримання його сталої густини. Проміжні шари із п'яти зазначених вище можна використовувати для керування швидкістю осадження твердих частинок шляхом керування концентрацією флокулянту або витрати згущеного продукту. Оскільки границі розділу осаджуваного матеріалу використовуються для регулювання густини згущеного продукту та витрати флокулянту, недостатньо точно вимірювання цих параметрів може призвести до того, що зменшуватиметься концентрація твердого в згущеному продукті, тверді частинки потраплять у перелив або виникнуть проблеми з флокуляцією. Всі ці проблеми, у свою чергу, призведуть до додаткових витрат, пов'язаних із витратою флокулянту, або необхідності повторної дешламації.

Розроблено декілька методів вимірювання рівнів осаду та межі розділу середовищ у згущувачах [6]. Найбільш поширеними методами є такі: відбір зразків ядра вручну, вимірювання гідростатичного тиску, системи з використанням поплавця, ультразвукові вимірювання, зануровальні механічні системи.

Перспективним напрямом підвищення якості інформаційного забезпечення управління технологічними процесами на рудозбагачувальних фабриках є методи, що використовують ультразвукові вимірювання [7-9]. Використання кореляції між параметрами нелінійного ультразвуку та властивостями досліджуваного середовища запропоновано у роботі [10]. Отримані результати свідчать про те, що параметр акустичної нелінійності, розрахований за запропонованими алгоритмами, не залежить від змінних оброблення сигналу, а помилка оброблення сигналу зменшується при застосуванні вейвлет-перетворення. У роботі [11] запропоновано метод урахування впливу другої гармоніки ультразвукового сигналу при вимірюванні параметра абсолютної акустичної нелінійності з використанням методу калібрування. Експериментальні результати показують, що нелінійні параметри значно змінювалися залежно від відстані поши-

рення сигналу до запропонованої процедури компенсації, але залишалися дуже стабільними після компенсації відповідно до запропонованої методики. Параметр акустичної нелінійності використовується як ефективний індикатор, що характеризує зміну стану досліджуваного матеріалу. Однак необхідність використання монохроматичних хвиль із середньою та високою акустичною енергією накладає обмеження, що робить проблематичним їх використання у практичних цілях. У роботі [12] представлено метод експериментальних вимірювань акустичної нелінійності з використанням ультразвукових імпульсних приймачів загального призначення. Випробування підтвердили, що вимірні сигнали другого гармоніки мають лінійну залежність від потужності вхідного сигналу.

Отже, параметри ультразвукових хвиль, що розповсюджуються в пульпі, у процесі її осадження в дешламаторі доцільно використовувати для оцінки характеристик даного процесу.

Постановка завдання. Метою дослідження є встановлення доцільності і розроблення методу застосування оцінювання нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, для оптимізації його роботи.

Викладення матеріалу та результати. Процес згущення пульпи у дешламаторі може супроводжуватися безліччю збурюючих впливів. До таких впливів відносять: варіації обсягу вхідного продукту, зміна мінералого-технологічних різновидів перероблюваної руди, кількості, розміру, густини частинок тощо. Як зазначається у роботі [13] саме тому важливо мати можливість ефективно керувати даним процесом. Водночас, виникає завдання вимірювання всіх можливих параметрів, які впливають на процес осадження твердої фази пульпи у дешламаторі. Як було показано вище з оцінки характеристик власне процесу осадження частинок твердої фази пульпи у дешламаторі доцільно використовувати методи ультразвукових вимірювань. У суспензіях з високими концентраціями твердої фази відбувається помітна дисперсія швидкості ультразвуку, яка пов'язана з коливальною та поворотно-ізомерною релаксаціями, перебудовою внутрішньої структури рідини, з процесами дисоціації, хімічними реакціями тощо [14].

В умовах змінної швидкості поширення ультразвуку та змінної густини випадково-неоднорідного середовища для моделювання даного процесу необхідно використовувати методи розшарованого простору першого та вищих порядків. Загальні принципи, на яких ґрунтується метод розшарованого простору, представлені в роботах [15,16]. Розглянутий метод може бути розширений на випадок гетерогенного середовища. Для середовища без втрат опис процесу поширення ультразвуку має такий вигляд [15,16]

$$\begin{aligned} \rho(r) \frac{\partial u(r,t)}{\partial t} &= -\nabla p(r,t), \\ \frac{1}{\rho(r)c(r)^2} \frac{\partial p(r,t)}{\partial t} &= -\nabla u(r,t), \end{aligned} \quad (1)$$

де u – вектор коливання швидкості акустичної частки з компонентами u_x та u_y , p – флуктуації акустичного тиску, $\rho(r)$ – густина середовища, $c(r)$ – швидкість ультразвуку у середовищі, r – вектор координат (x,y) .

Хвильове рівняння відповідно до виразу (1) має такий вигляд [15,16]

$$\nabla \left(\frac{1}{\rho(r)} \nabla p(r,t) \right) - \frac{1}{\rho(r)c(r)^2} \frac{\partial^2 p(r,t)}{\partial t^2} = 0. \quad (2)$$

Розглянемо поширення синусоїдального імпульсу кінцевої тривалості у дисперсійному середовищі. Аналітично такий імпульс можна у вигляді виразу [14,17]

$$\psi(t) = \sin \omega_0 t \cdot f(t), \quad (3)$$

де $f(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq \alpha' \\ 0, & t < 0, t > \alpha' \end{cases}$; ω_0 – частота синусоїдальних коливань; α' – тривалість імпульсу. Не-

зважаючи на те, що імпульс «заповнюється» певною частотою ω_0 , його тривалість є скінченною і тому цей імпульс можна представити у вигляді суперпозиції коливань з різними частотами. Вирішувати поставлене завдання доцільно за допомогою Фур'є-аналізу імпульсу. Математично Фур'є-аналіз зручніше проводити у комплексній формі. Вираз (3) у комплексній формі має вигляд

$$\psi(t) = e^{i\omega_0 t} f(t). \quad (4)$$

Зворотний перехід здійснюється шляхом виділення уявної частини виразу (4). Знайдемо перетворення Фур'є-функції

$$\phi(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) e^{-i\omega t} dt = \int_0^{\alpha'} e^{-i(\omega-\omega_0)t} dt = \frac{1 - e^{-i(\omega-\omega_0)\alpha'}}{i(\omega-\omega_0)} \quad (5)$$

Функція $\phi(\omega)$ визначає частотний спектр прямокутного синусоїдального імпульсу. Припустимо, що це імпульс поширюється в дисперсійному середовищі, у якому швидкість акустичних хвиль визначається функцією $c_0(\omega)$. У цьому випадку хвильову функцію рухомого імпульсу представляємо у вигляді суперпозиції гармонічних хвиль, що рухаються, з частотним спектром $\phi(\omega)$ [14,17]

$$\psi(Z, t) = \frac{1}{2\pi} \int \phi(\omega) e^{i[\omega t - k(\omega)Z]} d\omega, \quad (6)$$

де $k(\omega) = \omega/C_0(\omega)$ – хвильове число.

Розглянемо випадок, коли поширення хвиль відбувається вздовж осі Z . Виконавши підстановку виразу (5) у рівняння (6), та виконавши заміну змінною $u = \omega - \omega_0$ і увівши позначання $t' = t - Z/[C(\omega_0 + u)]$ одержимо хвильову функцію імпульсу, що розповсюджується в дисперсійному середовищі

$$\psi(Z, t) = \frac{e^{i[\omega_0 t - k(\omega_0)Z]}}{2\pi i} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{e^{i(u t' + \beta)} - e^{i[u(t' - \alpha') + \beta]}}{u} du, \quad (7)$$

де $\beta = \frac{\omega_0 Z}{C_0(\omega_0)} \left[1 - \frac{C(\omega_0)}{C_0(\omega_0 + u)} \right]$.

Розглянемо зміну форми кінцевого імпульсу акустичних коливань у процесі поширення їх у дисперсійному середовищі. Позначимо:

$$u_1(t') = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{e^{i(u t' + \beta)} - e^{i[u(t' - \alpha') + \beta]}}{u} du \quad (8)$$

та виділимо головне значення інтеграла по Коші, а підінтегральну експоненту представимо у формі Ейлера

$$u_1(t') = \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{\sin(ut' + \beta)}{u} du - \frac{i}{2\pi} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{\cos(ut' + \beta)}{u} du. \quad (9)$$

У результаті хвильова функція (8) матиме такий вигляд

$$\psi(Z, t) = e^{i[\omega_0 t - k(\omega_0)Z]} \cdot [u_1(t') - u_1(t' - \alpha')]. \quad (10)$$

Оскільки нас цікавить тільки уявна частина виразу (10), тоді

$$\psi(Z, t) = \text{Im} \psi(Z, t) = \psi_1(Z, t) - \psi_2(Z, t), \quad (11)$$

де $\psi_1(Z, t)$ – описує передній фронт імпульсу, $\psi_2(Z, t)$ – описує задній фронт імпульсу

$$\begin{aligned} \psi_1(Z, t) &= \sin[\omega_0 t - k(\omega_0)Z] F_1(t') - \cos[\omega_0 t - k(\omega_0)Z] F_2(t'), \\ \psi_2(Z, t) &= \sin[\omega_0 t - k(\omega_0)Z] \cdot F_1(t' - \alpha') - \cos[\omega_0 t - k(\omega_0)Z] F_2(t' - \alpha'), \\ F_1(t) &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{\sin(\omega t + \beta)}{u} du, \quad F_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_0}^{\infty} \frac{\cos(\omega t + \beta)}{u} du. \end{aligned}$$

Як видно з виразу (11), імпульс модульований по амплітуді (амплітудна модуляція визначається функцією $F(t')$) «заповнюється» нестрого гармонічними коливаннями. У цих коливань спостерігатиметься також фазова модуляція, яка визначається параметром γ . Отже, розглянута зміна форми імпульсу акустичних коливань кінцевої тривалості є наслідком нелінійних характеристик процесу поширення ультразвуку в пульпі, які, своєю чергою визначаються її густиною та гранулометричним складом.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що оцінки нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого

та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, необхідно застосовувати для оптимізації його роботи. Запропонований підхід дозволяє врахувати густину пульпи та характер розподілу часток твердої фази рудного матеріалу у дешламаторі за крупністю, встановити характеристики вихідного продукту дешламатора, та у відповідності до параметрів процесу осадження часток руди і за рахунок цього зменшити витрати води на 3,5% і втрати корисного компонента на 0,6–0,7%.

Список літератури

1. **Burger R., Diehl S., Faras S., Nopens I., Torfs E.** A consistent modelling methodology for secondary settling tanks: a reliable numerical method. *Water Science & Technology*. 2013. Vol. 68(1). P. 192-208. DOI: 10.2166/wst.2013.239.
2. **Teerikoski S.** Optimal control of clarifier-thickeners. Uppsala University, 2017. 73 p.
3. **Segovia J.P., Concha F., Sbarbaro D.** On the control of sludge level and underflow concentration in industrial thickeners. Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano (Italy) August 28-September 2, 2011. P. 8571 -8576.
4. **Christian J.B.** Improve Clarifier and Thickener Design and Operation: Using the batch ux curve method aids in optimal design and operation, *Chemical Engineering Progress*, 1994. P. 50-56.
5. **Li B., Stenstrom M. K.** Dynamic one-dimensional modeling of secondary settling tanks and design impacts of sizing decisions. *Water Research*. 2014. Vol. 50, P. 160-170.
6. **Waug N.** 5 ways to measure bed level in thickeners. URL: <https://www.plapl.com.au/5-ways-to-measure-bed-level-in-thickeners/>.
7. **Morkun V. Morkun N., Pikilnyak A.** Iron ore flotation process control and optimization using high-energy ultrasound. *Metallurgical and Mining Industry*. 2014. Vol. 6. No. 2. P. 36–42.
8. **Morkun V. Morkun N., Pikilnyak A.** The gas bubble size distribution control formation in the flotation process. *Metallurgical and Mining Industry*. 2014. Vol. 6. No. 4. P. 42–45.
9. **Morkun V. Morkun N., Pikilnyak A.** Modeling of ultrasonic waves propagation in inhomogeneous medium using fibered spaces method (k-space). *Metallurgical and Mining Industry*. 2014. Vol. 6. No. 2. P. 43–48.
10. **Mostavi A., Kamali N., Tehrani N., Chi S.-W., Ozevin D., Indacochea J. E.** Wavelet based harmonics decomposition of ultrasonic signal in assessment of plastic strain in aluminum. *Measurement*. 2017. Vol. 106. P. 66-78.
11. **Song D.-G., Choi S., Kim T., Jhang K.-Y.** Compensation of a second harmonic wave included in an incident ultrasonic wave for the precise measurement of the acoustic nonlinearity parameter. *Sensors*. 2021. Vol. 21. 3203. DOI: 10.3390/s21093203.
12. **Yee A., Stewart D., Bunget G., Kramer P., Farinholt K., Friedersdorf F., Pepi M., Ghoshal A.** Nonlinear ultrasonic measurements based on cross-correlation filtering techniques. *AIP Conference Proceedings* 1806. 2017. 060004. DOI: 10.1063/1.4974613.
13. Control strategies for thickeners – Rhosonics. URL: <https://rhosonics.com/news/control-strategies-for-thickeners>.
14. **Hamilton M. F., Blackstock D. T.** Nonlinear acoustics. Melville: Acoustical Society of America, 2008.
15. **Treeby B. E., Cox B. T.** k-Wave: MATLAB toolbox for the simulation and reconstruction of photoacoustic wave. *J. Biomed. Opt.* 2010. Vol. 15, No. 2. P. 021314.
16. **Treeby B. E., Jaros J., Rendell A. P., Cox B. T.** Modeling nonlinear ultrasound propagation in heterogeneous media with power law absorption using a k-space pseudospectral method. *J. Acoust. Soc. Am.* 2012. Vol. 131, No. 6, P. 4324–4336.
17. **Моркун В. С., Цокуренко А. А., Луценко И. А.** Адаптивные системы оптимального управления технологическими процессами. Кривой Рог: Минерал, 2005. 261 с.

УДК 528.4

О. Є. КУЛІКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет

ГЕОДЕЗІЯ, КАРТОГРАФІЯ І КАДАСТР У СЕРБСЬКІЙ РЕСПУБЛІЦІ

Мета. У зв'язку з появою сучасних вимог щодо забезпечення необхідною інформацією органів державної влади та органів місцевого самоврядування, зацікавлених підприємств, установ і організацій, а також громадян із метою регулювання земельних та інших відносин, визначення розміру плати за землю і цінності земель у складі природних ресурсів, контролю за використанням і охороною земель, економічного, екологічного обґрунтування бізнес-планів і господарських проєктів з'явилася мета проаналізувати практику організації геодезичних, картографічних і кадастрових робіт за кордоном на прикладі розгляду історії та сучасного стану картографо-геодезичного забезпечення, проведення кадастрових робіт на території Сербської Республіки.

Методи дослідження. Поставлена мета і завдання дослідження зумовили використання загальнонаукових підходів, логічних законів побудови висновків, спеціальних методів пізнання. При виконанні завдань дослідження спиралося на світовий досвід застосування описового методу, порівняльно-історичного методу (компаративізму), історико-типологічного методу на підставі комплексного і системного підходів. Інформаційною базою проведення

дослідження служили збірники наукових робіт, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси, нормативні документи.

Наукова новизна. Охарактеризовано вибір ефективних методів практики організації геодезичних, картографічних та кадастрових робіт за кордоном на прикладі розгляду історії та сучасного стану проведення топографо-геодезичних робіт, картографо-геодезичного забезпечення, проведення кадастрових робіт на території Сербської Республіки.

Практична значимість. Відзначається цільовим напрямом даного дослідження для потреб фахівців геодезичної галузі та для землевпорядників, для організації ефективної роботи щодо методів і способів збору просторових даних, які можуть забезпечити оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації із заданою точністю і необхідним обсягом інформації як для потреб країни, так і зацікавлених користувачів.

Результати. У роботі розглянуто історію та сучасний стан картографо-геодезичного забезпечення зарубіжної території, виконано аналіз практик організації геодезичних, кадастрових та картографічних робіт управлінням геопросторовими даними у Сербській Республіці. Показано правила проведення моніторингу та обстеження територій і споруд, описано правила проведення національної геодезичної та картографічної діяльності, які слугують основою для землеустрою. Досліджено впровадження інфраструктури геопросторових даних у республіці, яка є доступною для всіх в Інтернеті.

Ключові слова: геодезія, картографія, кадастр, Сербська Республіка, інфраструктура геопросторових даних, моніторинг

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-50-56

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Оскільки геодезичні, картографічні, землевпорядні роботи відносяться до робіт, які мають загальнодержавне значення і багатофункціональне призначення, то необхідно забезпечити їх перспективну і ефективну організацію, відповідне гідне фінансування [9, 15]. Слід зазначити, що забезпечення необхідною інформацією органів державної влади та органів місцевого самоврядування, зацікавлених підприємств, установ і організацій, а також громадян з метою регулювання земельних та інших відносин, визначення розміру плати за землю і цінності земель у складі природних ресурсів, контролю за використанням і охороною земель, економічного та екологічного обґрунтування бізнес-планів і господарських проектів вимагає організації створення єдиної державної системи картографо-геодезичних робіт [7]. Для цього необхідні високої якості картографо-геодезичні матеріали, які б давали можливість досить повно і детально відобразити топографічну ситуацію, на основі використання сучасних технологій.

Постановка завдання. Зрозуміло, що важливими завданнями перспективного розвитку геодезії, картографії та кадастру є: розробка наукових основ системного картографування і картографічного моделювання, пошуки нових видів, типів карт, які глибоко і всебічно відображали б взаємозв'язок і динаміку природних і соціально-економічних явищ; розробка пакетів програм для автоматизованого створення карт інвентаризації на основі статистичних даних; широке використання матеріалів космічної зйомки; формування нових напрямків тематичного картографування: еколого-географічного, медико-географічного, раціонального природокористування; видання карт і збільшення цифрових топографічних карт.

Прискоренню вирішення проблем зі створення та оновлення топографічних карт і планів сприятиме застосування ГНСС і ГІС-технологій, дистанційного зондування Землі. Використання різних систем координат, різноманітних систем розграфки і номенклатури ускладнює їх вирішення. Разом з тим, сучасні технології, вивчення і застосування досвіду фахівців різних країн дозволить геодезістам і землевпорядникам здійснювати всі ці процеси ефективно і раціонально.

Аналіз досліджень і публікацій. Функціонування державних земельних кадастрів, картографо-геодезичних служб висвітлено в працях вчених: Н. М. Бавровської [3], В. М. Заєць [6], Ю. О. Карпінського [8-12], А. А. Ляценка [13], А. Г. Мартіна [14], А. В. Тихенка [16], І. С. Тревого [17], І. В. Юрченка [18] та ін. Концептуальні засади оцінки та забезпечення якості геопросторових даних показано в роботі Ю. О. Карпінського, А. А. Ляценка, Д. В. Горковчука. Сучасному стану та проблемам земельного кадастру в Україні присвячена робота О. В. Тихоненка, особливості функціонування Національної кадастрової системи нашої країни показано в роботі Н. М. Бавровської, про формування кадастрової реєстраційної системи викладено в монографії А. Г. Мартіна. Юрченко І. В. проаналізував досвід країн Європи з управління земельною ділянкою, досліджував діяльність державних агентств із управління земельним кадастром країн Європи та України. І. С. Тревого детально виклав дослідження щодо стану та перспектив використання кадастрової карти України.

Постановка задачі. Проаналізувати практику організації геодезичних, картографічних і кадастрових робіт за кордоном на прикладі розгляду історії та сучасного стану їх виконання на території Сербської Республіки.

Викладення матеріалу та результати. Прийнявши закон «Про державні дослідження, кадастр і реєстрацію прав на нерухоме майно» (№ 83/92), який набув чинності 20 листопада 1992 року, Сербське республіканське геодезичне управління (RGZ) стало наступником адміністрації республіканського геодезичного управління і об'єднало всі муніципальні геодезичні відомства, геодезичне управління міста Белград і регіональні геодезичні управління. Це означає, що 1992 рік можна вважати роком, коли RGZ почало працювати з сьогодишньою формою внутрішньої організації [2].

Республіканське геодезичне управління є спеціальною організацією, яка виконує професійні та державні управлінські завдання, пов'язані з державними дослідженнями, кадастром нерухомості, земельним кадастром, основними геодезичними роботами, адресним реєстром, топографічним картографуванням, оцінкою нерухомості, геодезичною та кадастровою інформаційною системою і національною інфраструктурою геопросторових даних, геодезичними роботами в інженерних і технічних областях. RGZ здійснює діяльність в рамках своєї юрисдикції, як у своїй штаб-квартирі в Белграді, так і за її межами.

У RGZ сформовані наступні основні внутрішні підрозділи: 1) гео-сектор; 2) сектор нагляду і контролю; 3) сектор кадастру нерухомості; 4) сектор цифрової трансформації; 5) сектор з правових питань; 6) сектор розвитку; 7) департамент фінансів і контролю; 8) центр управління геопросторовими даними; 9) відділ архіву; 10) відділ кадрів; 11) відділ внутрішнього аудиту.

Нижче наводиться перелік видів діяльності, які відносяться до компетенції цієї служби: геодезичні роботи, пов'язані з державними органами, основні геодезичні роботи; створення, оновлення та обслуговування кадастру нерухомості; лінійне трасування, професійний нагляд за геодезичними роботами; видача і відкликання ліцензії на діяльність геодезичної організації; видача і зняття дозволів на зйомку з повітряного простору території Республіки Сербії для державних замовлень; ведення адресного реєстра; ведення реєстру просторових одиниць; демаркація державного кордону; кадастрова класифікація і ранжування земель; розрахунок кадастрового доходу; оцінка та управління нерухомістю; дистанційне зондування, топографія і топографо-картографічна діяльність; видача картографічних та інших видань; надання дозволів на видачу картографічних видань; ведення обліку географічних назв і подання в уряд членів комісії по стандартизації географічних назв; створення, обслуговування та утилізація геодезичної та кадастрової інформаційної системи; технічне обслуговування архівів державної внутрішньої документації, кадастру нерухомості, лінійного кадастру та топографічної картографічної діяльності; участь у будівництві та обслуговуванні національної геопросторової інфраструктури даних.

Наприклад, у гео-секторі виконуються наступні роботи: проектування, реалізація і технічне обслуговування просторових, планових, висотних, гравіметричних, астрономічних, тригонометричних мереж, нівелірних мереж високої точності; збір даних для цілей визначення параметрів перетворення координат, визначення залишкових параметрів для прийнятої моделі геоїда; визначення процедури та внутрішній контроль переходу в нову систему координат; геопривязка і перетворення даних у державну просторову систему відліку; інтеграція, контроль і перевірка просторової системи відліку в додатках на основі використання геопросторових даних; надання послуг у геопросторовій реалізації станцій глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS); контроль над створенням мереж постійних станцій GNSS; управління роботою створення мережі постійних станцій GNSS для цілей реалізації державної програми; попередня обробка, відновлення, маркування та обслуговування прикордонних пунктів.

Центр управління геопросторовою інформацією здійснює координацію проектів національного значення, а також проектів для професійних асоціацій (EuroGeographics, UNGEG); відповідає за формування вмісту картографічних баз даних; займається створенням метаданих для баз геопросторових даних та картографічних продуктів; здійснює просторовий і статистичний аналіз на основі картографічної, топографічної, кадастрової та інших баз даних; займається підготовкою, виданням цифрових державних і тематичних карт; забезпечує державні органи та інших користувачів даними з картографічних баз на основі виконаних експертних досліджень; реалізує збір даних і ведення реєстру географічних назв; займається співпрацею з комісією зі

стандартизації географічних назв Сербії. Даний центр має 3 підрозділи, а саме: 1) департамент державних карт; 2) відділ тематичних карт; 3) відділ цифрового друку та зв'язку з клієнтами.

RGZ згідно з останнім списком найбільш відвідуваних сайтів компанії Alexa Internet Inc. [1], що входить до складу найбільшої в світі компанії Amazon, зайняла 40-е місце в Сербії і, таким чином, стала єдиною державною установою в Сербії, єдиною кадастровою і картографічною установою в Європі, яка входить в топ 50 сайтів національного рівня.

Популярність сайту Республіканського геодезичного управління серед громадян є доказом того, що цифровізація в державних органах здійснена, незважаючи на опір. Впровадження великої кількості цифрових електронних послуг, які можна використовувати абсолютно безкоштовно через веб-сайт RGZ, є результатом орієнтованого на користувача правильного підходу з боку керівництва RGZ і уряду Сербії.

Відомо, що кадастрові системи нерухомості є основою, яка може забезпечити ефективні принципи розпорядження нерухомістю та управління нею. У цьому сенсі кадастрова система нерухомості представляє необхідну умову функціонування сучасних товариств, де принцип власності непорушний. Тому для досягнення основної мети кадастрова система нерухомості повинна відповідати вимогам сучасного суспільства.

Сучасному суспільству необхідна якісна інформація про простір для оптимального управління, ефективного вирішення і постійного розвитку. Сьогодні геоінформація є ключовим елементом у процесі прийняття рішень для оптимального управління ресурсами, обміну даними, комунікації та сталого розвитку. Розвиток технологій сприяє тому, що геоінформація стає обов'язковим елементом сучасного суспільства. Республіканське геодезичне управління в своїх директивних документах підкреслює, що технологія повністю розкриє свій потенціал, коли державна адміністрація розширить доступ до географічної інформації через інфраструктуру просторових даних. Просторова інформація, інтегрована в загальну інфраструктуру, надає безліч можливостей для поліпшення державних послуг, запобігаючи дублювання і неузгодженість даних.

Підкреслимо, що завдяки проекту «Поліпшення управління земельними ресурсами в Сербії», який реалізується за підтримки Світового банку, громадяни через веб-сайт RGZ можуть бачити дані про кожну ділянку, будинки або квартири у Сербії та їх власників через eCadastre, перевіряти і використовувати більш 280 наборів даних державного сектора на порталі Geosrbija, завантажувати рішення з підписом на електронній дошці оголошень, отримувати інформацію в Інформаційному центрі, а через eZakzivanja вони можуть призначити час для подання запиту і перевірити статус його виконання. Є можливість повідомити про заперечення проти роботи сервісу через додаток eNotement, також клієнти можуть отримувати чек про вартість своєї нерухомості. Громадянам країни також доступні прайс-лист і мобільні додатки Geosrbija і Geosrbija Kat.

Інформаційна система RGZ відповідає на вражаючі 10,7 мільйона запитів на місяць і реєструє понад 1,02 мільйона запитів від більш ніж 400 000 різних користувачів. Середній час відгуку становить 0,03 секунди [2].

Це визнання також є доказом того, що послуги RGZ прозорі та доступні, що є двома з чотирьох основних цілей проекту «Поліпшення управління земельними ресурсами в Сербії». Творці платформи відзначають, що як тільки модернізація і реформи інституцій, реалізовані в рамках проекту, будуть завершені, система управління земельними ресурсами стане повністю ефективною [2]. Також слід зазначити, що ринок нерухомості в Сербії дуже розвинений, а будівництво в майбутній період стане важливим фактором розвитку економіки і сектора, який вплине на зростання ВВП Сербії.

У 2008 році республіканське геодезичне управління у співпраці з норвезьким агентством картографії та кадастру Statens Kartverk почало роботи зі створення національної інфраструктури геопросторових даних (НПД) «Стратегія створення НПД на 2010-2012 роки», проектів стандартів метаданих і редактора метаданих. Розроблено початковий варіант геопорталу для пошуку та перегляду геоінформації [2].

RGZ, як Національний контактний пункт для НПД, спільно з установами-партнерами в даний час продовжує роботу щодо вдосконалення національної інфраструктури геопросторових даних. Із систематизацією посад у грудні 2017 року RGZ сформувало організаційний підрозділ з управління та розвитку НПД під назвою «Центр управління геопросторовими даними».

Ключовою умовою створення та підтримки ефективної та функціональної НІПД відповідно до міжнародних стандартів є активна участь, довіра та співпраця між усіма структурами та партнерами.

Сербська Національна інфраструктура просторових даних являє собою інтегровану систему геопросторових даних, яка дозволяє користувачам ідентифікувати і отримувати доступ до просторової інформації з різних джерел: від місцевих, національних до глобальних, на основі комплексного застосування.

НІПД — це метадані, набори та сервіси геопросторових даних; мережеві послуги та технології; угоди про обмін, доступ та використання геопросторових даних; а також механізми координації та моніторингу; процеси та процедури, які встановлюються, управляються та доступні відповідно до існуючих вимог. При цьому НІПД являє собою загальнонаціональну основу, в рамках якої працює політика широкого використання геоінформації, скорочуються адміністративні витрати і запобігається дублювання робіт із їх надання. Конкретною метою НІПД є створення інфраструктури, що полегшує доступ до екологічної інформації шляхом забезпечення доступу громадськості та усунення бар'єрів для обміну інформацією між державними органами як на національному рівні, так і в рамках транскордонного співробітництва.

У процесі приєднання до Європейського союзу в рамках глави 27, що стосується навколишнього середовища, Республіка Сербія зобов'язалася виконувати директиву Inspire [5]. Закон «Про державну геодезію і кадастр», який набрав чинності у вересні 2009 р., створив правову основу для створення НІПД (під юрисдикцією Республіканського геодезичного управління), поширивши деякі положення Директиви Inspire [5]. Виконання Inspire було дозволено в рамках Закону «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», який набув чинності у квітні 2018 року і, який, разом із підзаконними актами, завершить імплементацію даної директиви в національне законодавство.

Звертає на себе увагу платформа Geosrbija, яка забезпечує найпростіший і швидкий доступ до просторових даних у Республіці Сербія. Це платформа, яка об'єднує всі просторові дані на державному рівні. На порталі Geosrbija користувачі можуть знайти всі доступні дані про землю, об'єкти, адреси, охоронні території, національні парки, висоти над рівнем моря і т.д., які були отримані з різних джерел. Є просторові дані республіканського геодезичного управління, республіканського бюро статистики, Державного підприємства «Дороги Сербії», регіонального інституту охорони природи, агентства з охорони навколишнього середовища, управління сільськогосподарських земель, республіканського гідрометеорологічного інституту, Міністерства культури та інформації, інших установ, що знаходяться в його віданні.

Створений у Сербії кадастр нерухомості це публічна книга, в якій представлені основні записи про нерухомість і права на них. Кадастр нерухомості містить відомості про земельну ділянку (кадастрову назву муніципалітету, номер, форму, площу, спосіб використання, розмір кредиту, кадастровий клас і кадастровий дохід від ділянки), будови, квартири і офісні приміщення, а також спеціальні характеристики будівель (положення, форма, площа, спосіб використання, поверховість) та інші будівельні об'єкти. У кадастрі нерухомості реєструються право власності та інші реальні права на нерухоме майно, певні обов'язкові права, пов'язані з нерухомістю, реальні тягар і обмеження, доступні для нерухомого майна.

Основна мета цієї платформи – поліпшити робочі процеси державних установ і допомогти їм збирати нові або оновлювати існуючі дані, важливі для держави і громадян, а також зробити ці дані доступними для громадськості в одному місці і на певний час. У меню сервісу зліва перераховані послуги електронного кадастру, також опублікована відео-інструкція з його використання для ознайомлення з електронною базою даних кадастру.

База даних є центральною базою даних кадастру нерухомості у Республіці Сербія і була сформована шляхом завантаження даних, що зберігаються в службах кадастру нерухомості RGZ (рис. 1). Пошук в базі даних здійснюється за номером ділянки в муніципалітеті, тобто за адресом нерухомості (номер вулиці і будинку в муніципалітеті). Можна отримати тільки основну інформацію про нерухомість, основну інформацію про правовласників (ім'я та прізвище, найменування юридичної особи, а також адресу правовласника).

Неможливий пошук даних за ідентифікаційними номерами правовласника, а також ця інформація не відображається при перегляді даних (дотримання принципів закону «Про захист персональних даних»).

Вибравши сторінку з назвою потрібної послуги, користувач знайде більш детальну інструкцію по використанню послуги. Клієнтам надається інформація тільки про об'єкти нерухомості, які перебували в статусі «Активно» із зазначенням дати оновлення. Оновлення баз виконують муніципалітети. Доступ до додатка доступний тільки зареєстрованим користувачам, які мають договір з RGZ на використання даних кадастру нерухомості.

У 2006 році компанія Trimble повідомила про постачання базових GNSS станцій і програмного забезпечення VRSTM (віртуальна базова станція) для створення однієї з перших східноєвропейських загальнонаціональних мереж VRS інфраструктури. Розташована в Сербії, ця багатифункціональна мережа забезпечує геопросторову інфраструктуру для фахівців у галузі геодезії, будівництва та ГІС (рис. 2). Мережа забезпечує швидке і точне GNSS позиціонування в безлічі додатків, включаючи геодезію, міське планування, будівництво, моніторинг стану навколишнього середовища, управління ресурсами і територіями, запобігання лих, точне землеробство, наукові дослідження, управління транспортом і зйомку телекомунікаційних та електричних мереж [4].

VRS мережа Сербії AGROS (активна геодезична опорна мережа Сербії) створена сербським геодезичним управлінням RGZ, державною організацією з ведення кадастру в Сербії, в співдружності з факультетом технічних наук міста Нові Сад. Побудована на основі 32 безперервно діючих базових станцій Trimble 5700 CORS і програмного забезпечення Trimble GPSNet і RTKNet, мережа доступна всім фахівцям в області геопросторових наук. Користувачі підписуються на послуги мережі на щомісячній основі або платять вчасно при виконанні разових проектів. Крім впровадження мережі Trimble VRS, управлінням RGZ розробило нові процедури і стандарти ГНСС зйомки, які дозволяють геодезистам працювати в загальнонаціональній мережі швидше, простіше, з більшою впевненістю і точністю.

VRS мережа також спростить об'єднання ГНСС технології з традиційними оптичними методами зйомки завдяки координатам, одержуваним у реальному часі. Крім того, одночасне використання ГНСС і оптичного обладнання не вимагає складних процедур підготовки та обміну даними.

VRS мережа Сербії є частиною європейської системи EUPOS, впровадженій зараз у 14 країнах Центральної та Східної Європи. Система надає уніфіковану диференціальну GNSS інфраструктуру всім країнам, що беруть участь.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Створення та ефективно управління національною інфраструктурою просторових даних вирішує питання якості інформації, а також доступу та обміну гармонізованими просторовими даними у цифровій формі, щоб дозволити державному і приватному секторам, освітнім установам та іншим учасникам створювати ефективні державні послуги, нові продукти і пропозиції, вдосконалювати свої бізнес-процеси і зробити їх роботу більш економічними. Тому вивчення і обмін досвідом із іншими країнами є одним із шляхів пошуку ефективних варіантів знаходження правильних рішень вдосконалення робіт в області геодезії, картографії та кадастру.



Рис. 1. Головна сторінка додатка електронного кадастру

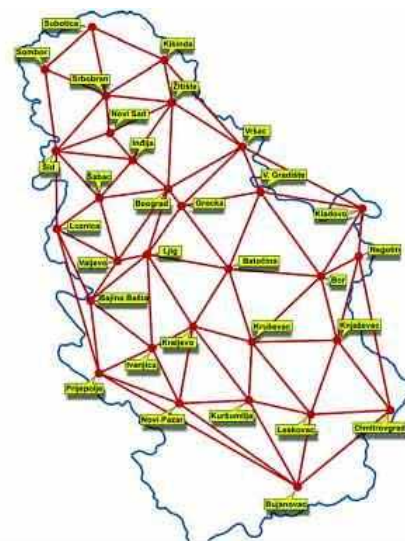


Рис. 2. Базові GNSS станції [4]

Список літератури

1. Alexa Internet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.alexa.com>.
2. Geosrbija | Pronađi. Poveži. Prikaži. | Геосрбијагоо [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу: <https://geosrbija.rs/>
3. **Бавровська Н.М.** Особенности функционирования национальной кадастровой системы Украины в 2013 году / **Н.М. Бавровська, А.В. Гришина** // Наука и экономика. – 2013. – № 1. – С. 107–111.
4. Геоінформаційний портал ГИС-асоціації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.trimble.com/vrsinstallations.shtml>.
5. Директива Європейського парламенту і ради 2007/2/ЄС від 14 березня 2007 року про створення інфраструктури просторової інформації у Європейському співтоваристві (Inspire) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-07#text.
6. **Заяць В.М.** Інвентаризація земель як інструмент формування державного земельного кадастру / **В.М. Заяць, Н.М. Бавровська, Н.В. Мединська, О.В. Тихенко**. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 280 с.
7. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – 2001. – Режим доступу: <https://goo.gl/jnT3A2>.
8. **Карпінський Ю.О.** Еталонна модель бази топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р.В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 2. – С. 28–36.
9. **Карпінський Ю.О.** Концептуальні засади оцінювання та забезпечення якості геопросторових даних / **Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, М.В. Горковчук** // Вісник геодезії та картографії. – 2012. – № 4. – С. 33–42
10. **Карпінський Ю.О.** Системотехнічні аспекти формування топологічного земельно–кадастрового покриття // Вісник геодезії та картографії / **Ю.О. Карпінський**. – 2015. – № 5–6. – С. 62–68
11. **Карпінський Ю.О.** Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / **Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Окада Ясуюкі** // Інженерна геодезія. – 2016. – Вип. 63. – С. 110–121.
12. **Карпінський Ю.О.** Уніфікація структури, правил кодування та цифрового опису векторних моделей у базах топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 5. – С. 35–41
13. **Лященко А. А.** Принципи цифрового подання та організації зберігання містобудівної документації в геоінформаційній системі містобудівного кадастру / **А. А. Лященко, Д. В. Горковчук, Ю. С. Максимова, М.М. Шматько** // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 4. – С. 31–37.
14. **Мартин А.Г.** Формування кадастрово-реєстраційної системи в Україні: моногр. / **А.Г. Мартин, О.В. Тихенко**. – К.: Медінформ, 2015. – 580 с.
15. Постанова КМ «Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – 2015. – Режим доступу: <https://goo.gl/r6XdTk>.
16. **Тихенко О.В.** Стан та проблеми земельного кадастру в Україні / **О.В. Тихенко** // Землеустрій, кадастр та охорона земель в Україні: сучасний стан, Європейські перспективи: Матер. міжнар. конф., присвяченої 20–річчю створення факультету землевпорядкування. – К.: МПБП «Гордон», 2016. – 236 с.
17. **Тревого І.** Стан і перспективи використання кадастрової карти України / **І. Тревого, Ю. Карпінський** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. 2. – С. 137.
18. **Юрченко І.В.** Управління земельними ресурсами в контексті реалізації земельно–кадастрової політики Європейського Союзу / **І.В. Юрченко** // Економіка агропромислового комплексу. – К., 2017. – № 9. – С. 63–66.

УДК 624.131

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРІШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. тех. наук, молод. наук. співроб., К.В. БАЛЕЦЬКА, магістрант
Криворізький національний університет

КЛАСИФІКАЦІЯ ГЕОСИНТЕТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Надання розширеної класифікації геосинтетичних матеріалів за різними характеристиками, розгляд основних способів їх застосування кожного типу геосинтетика залежно від його індивідуальних властивостей.

Методи дослідження. У будівельній практиці застосування геосинтетичних матеріалів стрімко зростає. Вони використовуються в дорожньому, гідротехнічному, екологічному, підземному будівництві, а також для стабілізації ерозійних процесів ґрунтів. Це пов'язано зі збільшенням рівня складності та відповідальності архітектурних та будівельних рішень у спеціальних інженерно-геологічних умовах, наростаючим процесом урбанізацією регіонів та підвищенням щільності забудови. У цих умовах виникає необхідність застосування нових технологій, матеріалів та конструкцій, що забезпечують підвищення надійності та безпеки будівництва.

Наукова новизна. Була дана розгорнута класифікація за такими параметрами: наявність унікальних властивостей, структурою, проникністю, формою та змістом, наявність функціональних особливостей.

Практична значимість. При будівництві на техногенних ґрунтах, що характеризуються значною неоднорідністю фізико-механічних властивостей, можливою наявністю порожнин, використання геосинтетиків дає можливість запобігти суффозійним процесам і підвищити надійність конструкцій. Ефект армування геосинтетиками також широко використовується при будівництві підпірних ґрунтових споруд і закріпленні укосів ґрунту з кутом закладення вище нормативного, що в ряді випадків служить альтернативою бетонним і кам'яним підпірним стінам. Такі рішення мають суттєві технічні переваги і є економічно вигідним під час виконання робіт у обмежених умовах міської забудови.

Результати. Значне розширення номенклатури синтетичних та композитних матеріалів, поліпшення їх фізико-механічних характеристик призведе до більших обсягів їх використання, забезпечить високий рівень конструктивних рішень, дасть поштовх нових технологіям будівництва автошляхів та у сукупності призведе до істотного зниження використання природних ресурсів та виконання екологічних вимог.

Ключові слова: геосинтетичні матеріали; класифікація; георешітки; геосітки.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-56-63

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Геосинтетичні матеріали застосовують у будівництві кілька десятків років. Перші з них використовувалися як дренажні та розділяючі прошарки. Георешітки та геосітки вперше були використані для підвищення несучої здатності ґрунтів за допомогою армування масиву смугами геосинтетиків. З розвитком хімічної промисловості для армування масиву ґрунту стали застосовувати неткані геотекстилі, а згодом і високоміцні синтетичні геоткани та геосітки. Для опору ерозійним процесам ґрунтів спочатку використовувалися стільникові конструкції з поліетилену, геотекстилі та георешітки. Пізніше з'явилися спеціальні протиерозійні мати, що моделюють кореневу систему рослин та захищають поверхні укосів ґрунту [1-3].

Аналіз останніх досліджень. У будівельній практиці застосування геосинтетичних матеріалів стрімко зростає. Вони використовуються в дорожньому, гідротехнічному, екологічному, підземному будівництві, а також для стабілізації ерозійних процесів ґрунтів. Це пов'язано зі збільшенням рівня складності та відповідальності архітектурних та будівельних рішень у спеціальних інженерно-геологічних умовах, наростаючим процесом урбанізацією регіонів та підвищенням щільності забудови. У цих умовах виникає необхідність застосування нових технологій, матеріалів та конструкцій, що забезпечують підвищення надійності та безпеки будівництва. Геосинтетичні матеріали все частіше застосовуються при будівництві у складних інженерно-геологічних умовах для підвищення несучої здатності основ шляхом його армування. У ряді випадків вони дозволяють відмовитися від заміни ґрунтів або влаштування пальових фундаментів на користь фундаментів дрібного закладання [4-6].

При будівництві на техногенних ґрунтах, що характеризуються значною неоднорідністю фізико-механічних властивостей, можливою наявністю порожнин, використання геосинтетиків дає можливість запобігти суффозійним процесам і підвищити надійність конструкцій. Ефект армування геосинтетиками також широко використовується при будівництві підпірних ґрунтових споруд і закріпленні укосів ґрунту з кутом закладення вище нормативного, що в ряді випадків служить альтернативою бетонним і кам'яним підпірним стінам. Такі рішення мають суттєві технічні переваги і є економічно вигідним під час виконання робіт у обмежених умовах міської забудови [7-9].

Армування ґрунту геосинтетичними матеріалами дозволяє підвищити його несучу здатність за рахунок прийняття розтягуючих зусиль, що виникають у ґрунтовому масиві. Геосинтетиками мають хорошу здатність до подовження і скорочення довжини після зняття розтягуючих напружень, високим розривним навантаженням, великою гнучкістю і здатністю витримувати точкові навантаження зі збереженням вихідних розмірів. Передача зусиль на армуючі елементи досягається через дотичні напруження в геосинтетичці, що виникають на контакті геосинтетичного матеріалу та ґрунту. Чим вище значення граничних дотичних напружень контакту (контактна міцність), тим повніше виникає ефект армування [10-12].

У геотехніці найбільшого поширення геосинтетичні матеріали набули у дорожньому будівництві та гідротехнічних спорудах. Переважно вони використовуються для армування ґрунту

під дорожнім полотном та армування самого полотна. Серед основних переваг армування, розробники цього рішення відзначають ефекти підвищення надійності роботи основи та дорожнього полотна при динамічних впливах, дії води, локальних деформацій ґрунту та дії зосереджених навантажень [13-39].

Постановка задачі. Щороку для здійснення проектів будівельних споруд всього світу пропонується застосовувати геосинтетку. Існують дві основні причини такого її поширення. Економічна сторона пов'язана з дешевшим, менш витратним і як наслідок вигіднішим будівництвом, ремонтом та утриманням різних автомобільних магістралей та доріг, залізничних колій. У світлі екологічного аспекту геосинтетичні матеріали розглядають як можливість знизити кількість використовуваних природних ресурсів і тим самим сприятливо вплинути на стан навколишнього середовища. Також при застосуванні геосинтетиків як доповнюючі матеріали в будівництві, можна збільшити термін служби споруд та досягти високого рівня виробництва робіт, тим самим зменшуючи відсоток недоробок і браку, а також підвищити культурну сторону виробництва.

Метою дослідження є надання розширеної класифікації геосинтетичних матеріалів за різними характеристиками, розгляд основних способів їх застосування кожного типу геосинтетика залежно від його індивідуальних властивостей.

Виклад матеріалу і результати. Геосинтетичні матеріали – загальна класифікаційна термінологія для всіх видів синтетичних матеріалів, що використовуються у різних галузях будівництва. Наразі номенклатура геосинтетичних матеріалів налічує близько 400 видів, які активно застосовуються у більшості галузей будівництва. Але це не є кінцевою точкою розвитку геосинтетиків. Потреби якості, економічності та екологічності будівництва зростають, а разом з ними поповнюється список синтезованих на даний момент геосинтетиків. У класифікації, запропонованій Міжнародним геосинтетичним суспільством, до геосинтетиків належать різні матеріали: текстиль, гума та пластик, бітумо-полімерні мембрани, бентоніти. Всі ці матеріали мають такі загальні характеристики: вони випускаються в рулонах (завширшки від 1,0 м до 6,0 м), іноді в панелях. Всі вони повністю готові до використання під час геотехнічних робіт.

Геосинтетичні матеріали мають ряд унікальних властивостей: високою міцністю; хімічну стійкість; довговічністю (термін експлуатації до 100 років); високою температуростійкістю; низькою матеріаломісткістю; невеликою вагою.

За структурою геосинтетичні матеріали поділяються на: геотекстиль; георешітки; геосітки; геокомпозити; геомати; геокамери; геомембрани.

По проникності геосинтетики розбивають на 5 категорій: ізоляційні; вологонепроникні; газонепроникні; фільтруючі; дренажні.

За формою та змістом матеріали поділяються на: сипкі, рулонні та геопени.

За ступенем деформованості під дією навантаження поділяються на: нерозтяжні, розтяжні та надрозтяжні.

Розширення номенклатури геосинтетиків, вдосконалення технологій виробництва, а також доведена економічна ефективність слугують вагомим приводом для розширення хімічного виробництва матеріалів, що призводить до зниження вартості на композити.



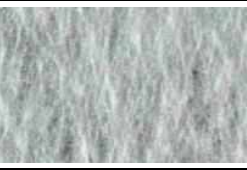
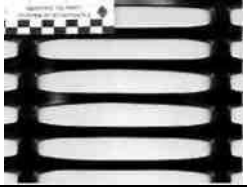



Більш детальна інформація про геосинтетичні матеріали представлена в табл. 1.

Геосинтетичні матеріали є перспективними будівельними матеріалами, застосування яких дозволяє помістити на новий рівень технології будівництва, а також дотриматися всіх вимог екологічної безпеки до об'єктів, що споруджуються. Також важливою перевагою застосування геосинтетиків є їх порівняно мала вартість, тому застосування геосіток для армування асфальтобетону дає можливість знижувати товщину останнього до 20%, що дає істотну перевагу з точки зору економіки виробництва.

Геосинтетик, залежно від його конструктивних особливостей та матеріалу виготовлення, може виконувати одну або кілька функцій одночасно.

Найбільш відомі функції геосинтетичних матеріалів зведено до табл. 2.



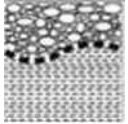
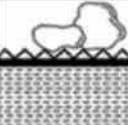

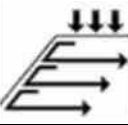
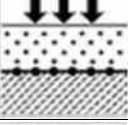
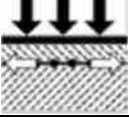
Класифікація геосинтетичних матеріалів

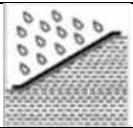
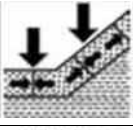

Геосинтетик	Вид	Зображення	Характеристики матеріалу	Застосування	Матеріал
1	2	3	4	5	6
Геотекстиль	Тканий		Виготовляється із взаємно перпендикулярних ниток. У цьому використовуються дві чи кілька смуг сировинного матеріалу. Жорсткість матеріалу збільшується пропорційно деформації, що надає йому додаткову міцність на розтягнення.	Ефективний для застосування в дорожньому, гідротехнічному та тру-бопроводному будівництві, а також у сфері ландшафтного дизайну. Матеріал найменше впливає на навколишнє середовище за мінімальних витрат.	Полімерний текстильний матеріал, виготовлений у вигляді пластин або рулонів. Найчастіше виготовляється із поліпропелену.
	Нетканий		Виготовляється з нескінченних волокон. Нитки розташовані випадковим чином і пов'язані між собою голкопробивним, термообробленим способом або просоченим хімічним складом. Залежно від довжини ниток відрізняються нетканий геотекстиль суцільного волокна і з коротких ниток.	Водопроникність однаково висока як поперек плоскості полотна, так і вздовж неї. Нетканий геотекстиль істотно збільшує опір дорожнього полотна навантаженням на розтягнення.	
	В'язаний		Складається із волокон, з'єднаних між собою спеціальною системою. Не є монолітною структурою.	Прекрасно виконує функції дренажу та поділу середовищ.	
Георешітка	Одноосні		Решітка з довгими і тонкими отворами, які мають високу міцність у напрямку довжини рулону.	Відмінний матеріал для армування ґрунтових стін, засад мостів, схилів і земляних насипів, а також у локальних місцях, що мають слабку основу.	Георешітки виготовляються з поліетилену або поліпропілену
	Двохосні		Решітка з квадратними отворами. Опір деформації більше у районі вузлів решітки, ніж у ребрах. Міцність однакова у напрямках довжини та ширини.	Застосовуються для армування зернистого заповнювача в дорожньому будівництві, для зміцнення слабких основ, посилення підбаластного шару.	
Геосітки			Сітки можуть пропитуватися спеціальним полімерним складом, який забезпечує стабільність структури сітки і високе розривне навантаження.	Застосовуються для армування автошляхів на слабких ґрунтах.	Рулонні матеріали, що мають пористу структуру, для заповнення сипучими матеріалами. Виготовляються з полімерних ниток або стрічок
Геокомпозити			Решітки витримують однакове навантаження в кожній точці, включаючи місця з'єднання (вузли). Це дозволяє решітці блокуватися всередині асфальтової суміші та забезпечувати надійну міцність конструкції.	Використовується в дорожньому будівництві, а також у сфері ландшафтного дизайну, для армування ґрунтових стін, засад мостів, схилів та земляних насипів.	Представляє собою комбінацію полімерного матеріалу з (георешітки) геотекстилем.

1	2	3	4	5	6
Геомат		Об'ємна конструкція з високою опірністю ерозійним навантаженням, що дозволяє витримувати руйнування, що походить від рослинного покриву.	Застосовується для схи-лів та захисту відко-сів ерозійних процесів, і навіть їх озеленення.	Рулонний компо-зитний матеріал, який склада-ється з геосітки об'ємно-го матеріалу, що забез-печує фіксацію коре-невої системи.	
Геокамери		Добре пропускає повітря і воду, стійкий до більшості можливих нега-тивних факторів середо-вища і не піддається руй-нуванню в результаті ультрафіоле-тового впли-	Застосовується у сфері передового доро-жнього будівництва, а також для створення гідротехніч-них споруд.	Гнучка тривимірна кон-струкція, виготов-лена із скріплених між собою полімерних стрі-чок, що утворюють осередки однакового розміру та форми.	
Геомембрана		Ізоляційний матері-ал, що не пропускає воду, по-вітря, а також органічні та неорганічні матеріали.	Застосовуються для створення гідроізо-лю-ючих прошарків. Є найкращою основою для створення захисних екранів на полігонах ТПВ.	Полімер плоскої листо-вої структури	

Таблиця 2

Функціональні особливості геосинтетиків

Функція	Символ	Матеріал	Опис
1	2	3	4
Фільтрування		Геотекстиль, геокомпозити	Висока здатність геосинтетиків пропускати воду, утримуючи на контактній поверхні частинки ґрунту та сміття.
Дренаж		Георешітки, геокомпозити	Дренажні властивості геосинтетиків чудово сприяють відво-ду рідин з фундаментів, підвалів. Однак, з часом виявилось, що вони можуть погіршуватися при глибоководному дрена-жуванні через злипання волокон через високий тиск.
Розділення		Геотекстиль, геокомпозити	Запобігає перемішуванню двох різних ґрунтів або матері-алів.
Забезпечення безпеки		Нетканий геотекстиль, геосітки, геокомпозити	Геосинтетик захищає від пошкоджень структуру кон-струкції, а також матеріал з якого вона виготовлена.
Гідроізоляція		Геомембрани, геокомпозити	Бар'єр для рідких засобів. Зменшує або виключає приплив води в робочі шари. Активно використовується при будів-ництві гідротехнічних споруд.
Посилення стін/укосів		Одновісні георешітки, тканий геотекстиль	Застосування георешіток для зміцнення укосів за рахунок розподілу розтягуючих зусиль в товщі ґрунту.
Посилення слабких ґрунтів		Георешітки двовісні, геотекстиль, геокомпозити	Збільшення несучої здатності ґрунту у зоні пісків та боліт.
Посилення асфальту, бетону		Георешітки двовісні, геотекстиль	Геосинтетики підвищують витривалість, міцність та опір розтягуванню у асфальтобетону.

1	2	3	4
Контроль ерозії та стабілізація поверхонь		геомати геоосередки біомати біосітки	Запобігає відокремленню та переміщенню ґрунту внаслідок погодних явищ. Забезпечує протиерозійний шар. Здатність геосинтетиків перешкоджати ковзанню по поверхні.
Огородження		геоґейки	Опір бічному переміщенню ґрунтових мас, особливо при прокладанні трубопроводів
Захист поверхні після реставрації		георешітки геотекстиль	Запобігає взаємопроникненню контактуючих шарів, вирішуючи цим проблему дзеркальних тріщин, яка властива старим дорогам.

Перед тим, як віддати перевагу якомусь із видів геосинтетичного матеріалу, важливо мати уявлення про те, що властивості кожного з них залежать від структури застосовуваних для їх виробництва полімерів. А це в свою чергу визначає такі характеристики, як стійкість до перепадів температур, міцність, надійність, довговічність, здатність протистояти будь-яким агресивним факторам довкілля.

Неможливо досягти успіху у використанні геосинтетичних матеріалів, якщо не слідувати чітко всім інструкціям та правилам їх застосування. Укладати геосинтетики необхідно на рівну поверхню. Осідання безпосередньо пов'язане із забезпеченням необхідного натягу. Також дуже важливим моментом є дотримання всіх правил і норм щодо з'єднання геосинтетичних матеріалів та утворення нахлеста між ними, внаслідок чого має вийти єдине полотно. Щоб не погіршити якості та отримати задоволення від очікуваного, необхідно обов'язково виконати всі рекомендації.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Було представлено розгорнуту класифікацію за такими параметрами: наявність унікальних властивостей, структурою, проникністю, формою і змістом, наявність функціональних особливостей. Значне розширення номенклатури синтетичних та композитних матеріалів, поліпшення їх фізико-механічних характеристик призведе до більших обсягів їх використання, забезпечить високий рівень конструктивних рішень, дасть поштовх новим технологіям будівництва автошляхів та у сукупності призведе до істотного зниження використання природних ресурсів та виконання екологічних вимог.

Список літератури

1. **Татьянников Д. А.** Изучение механических характеристик геосинтетических материалов для определения реальной несущей способности армированных фундаментных подушек // Вестник гражданских инженеров. – 2015. – № 6 (53). – С. 121-127.
2. **Чижиков И. А., Слепнев П. А.** Применение геосинтетических материалов (геотканей) для обеспечения экологической безопасности строительства нефтегазопромысловых дорог // Современные проблемы науки и образования, № 1, С 158-163 (2012)
3. **Raju M.** Monotonic and cyclic pullout resistance of geosynthetics. – 1996. – pp 15-17.
4. **Rawal A., Shah T. H., Anand S. C.** Geotextiles in civil engineering // Elsevier Science Publishing Company, Inc Handbook of Technical Textiles (Second Edition). – 2016. – pp. 111-133.
5. **Pokharel S. K., Han J., Parsons R. L., Leshchinsky D., Halahmi I.** Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading. Elsevier Science Publishing Company, Inc. Geotextiles and Geomembranes. – 2010. – Т. 28. – № 6. – pp. 570-578.
6. **Ищенко А. В., Баев О. А.** Комбинированные противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов // Строительство - 2015: современные проблемы строительства. – Ростов на Дону: РГСУ, 2015. – С. 272-274.
7. **Peter G.** Nicholson Geosynthetics for Filtration Drainage, and Seepage Control // Elsevier Science Publishing Company Inc. Soil Improvement and Ground Modification Methods. – 2015. – pp. 189-207.
8. **Окунцев А. С., Офрихтер В. Г.** Использование геосинтетических материалов в качестве дренажных и фильтрационных систем // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2014. – № 1. – С. 134-150.
9. **Glendinning S., Lamont-Black J., Jones C. J. F. P.** Treatment of sewage sludge using electrokinetic geosynthetics. Journal of Hazardous Materials. – 2007. – Т. 139. – № 3. – pp. 491-499.
10. **Hwu B.** Design, evaluation and behavior of geosynthetic drainage systems // Drexel University. – 1991. – pp 23-27.
11. **Jeon H. Y., Kim S. H., Chung Y. I., Yoo H. K., Mlynarek J.** Assessments of long-term filtration performance of degradable prefabricated geotextile drains // Polymer Testing. – 2003. – Т. 22. – № 7. – pp. 779-784.

12. **Sangiorgi D.** The application of geosynthetics in residential foundation drainage systems // *Ecole de Technologie Superieure (Canada)*. – 2001. – pp 22-28.
13. **Герасимов В. М., Нижегородцев Е. И.** Исследование фильтрационных свойств волокнистых полимерных материалов при изменении давления // *Системы. Методы. Технологии*. – 2013. – № 4 (20). – С. 153-156.
14. **Дыба П. В., Дыба В. П., Бартоломей Л. А.** Оценка и экспериментальная проверка несущей способности укрепленных геотекстилем откосов // *Интернет-Вестник ВолгГАСУ*. – 2013. – № 2 (27). – С. 4.
15. **Vaitkus A.** Geotextile selection methods for the lithuanian road and street structures // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – 2010. – Т. 5. – № 4. – pp. 246-253.
16. **Balzannikov M. I., Mikhasek A. A.** The use of modified composite materials in building hydraulic engineering structures // *Procedia Engineering*. – 2014. – Т. 91. – pp. 183-187.
17. **Лупачев О. Ю., Телешев В. И.** Противофильтрационные элементы из геомембран. Опыт применения в гидротехническом строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2009. – №6. – С 35-43.
18. **Устьян Н. А.** Геоконтейнеры в дорожном и гидротехническом строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2011. – №4 (22). – С. 22-25.
19. Seismic performance modeling of geosynthetic reinforced earth structures / **J. W. Chen, M. H. Chang, C. C. Chen, W. F. Lee** // *Proceedings of the International Offshore and Polar Engineering Conference 20th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE-2010. Applied International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE), China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), SK Energy. Beijing*. – 2010. – pp. 726-730.
20. **Нестеров А. С.** Стабилизация неустойчивых откосов вдавливанием геосинтетических материалов // *Архитектура, строительство, транспорт материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО СибАДИ)*. – 2015. – С. 194-198.
21. **Мошенжал А.** Применение геосинтетических материалов при сооружении автомобильных дорог в районах распространения песков // *Инженерная защита*. – 2014. – № 2 (2). – С. 46-50.
22. **Мельникова Е. П., Нужненко Ю. В., Скрышник Т. В.** Повышение устойчивости грунтовых сооружений путем армирования геосинтетическими материалами // *Современные тенденции развития и перспективы внедрения инновационных технологий в машиностроении, образовании и экономике*. – 2016. – № 1. – С. 29-34.
23. **Столяров О. Н., Горшков А. С.** Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // *Инженерно-строительный журнал*. – 2009. – №4. – С. 21-25.
24. **Рубцова М. В., Клевко В. И.** Применение геосинтетического материала для обеспечения устойчивости автодорожной насыпи на слабом основании и сокращение сроков строительства // *Экология и научно-технический прогресс*. – 2015. – Т. 1. – С. 489-497.
25. **Wang X., Lu J., Wang Z.** Application of frp screw anchor and geosynthetics in repairing of canal slope of expansive soils // В сборнике: *2010 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, MACE2010 sponsors: IEEE Beijing Section CSS Chapter, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan University of Science and Technology*. – Wuhan, 2010. – pp. 1430-1432.
26. **Пережогин Ю. Д., Ратнер А. Г., Спектор Ю. М.** Результаты исследований свойств геосинтетических материалов, применяемых для защиты от размыва подводных газонефтепроводов // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. – 1997. – № 4. – С. 56-58.
27. **Alungbe G. D.** Geotextiles in flexible pavement construction. – 2004. – Т. 64. – № 2. – pp 22-23.
28. **Гаев Д. А., Гавриш В. В.** Современные геосинтетические материалы и области их применения в строительстве // *Будущее науки*. – 2013. – С. 131-139.
29. **Грузинцева Н. А., Гусев Б. Н.** Разработка методики оценки качества геосинтетических материалов // *Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации*. – 2015. – С. 368-370.
30. **Пonomarev A. B., Klevko V. I., Tatyannikov D. A.** Анализ изменения прочностных характеристик геосинтетических материалов в процессе эксплуатации // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура*. – 2014. – № 3 (35). – С. 11-16.
31. Investigation of factors influencing behavior of single geocell-reinforced bases under static loading. / **S. K. Pokharel, J. Han, R. L. Parsons, D. Leshchinsky, I. Halahmi** // Elsevier Science Publishing Company, Inc. *Geotextiles and Geomembranes*. – 2010. – Т. 28. – № 6. – pp. 570-578.
32. **Kajornsakbampen A.** Influence of critical failure surfaces on geosynthetic-reinforced soil slopes and structures. – 1997. – pp. 5-10.
33. **Баданин А. Н., Колосов Е. С.** Определение несущей способности армированного георешеткой грунтового основания // *Инженерно-строительный журнал*. – 2012. – №4(30). – С. 25-32
34. **Moss A. L.** Interfacial shear strength of geosynthetics using the cylinder direct shear test // *Utah State University*. – 2000. – pp. 7-13.
35. **Timchenko R. O., Krishko D. A., Gogyn D. A.** Erection of high – rise complexes under the restricted conditions of existing building // *Містобудування та територіальне планування*. – К.: КНУБА, 2011.–Вип.43. – С 371-376.
36. Main factors of town-planning processes / **R. O. Timchenko, D. A. Krishko, A. A. Koshevoy, O. S. Tkachenko, M. O. Matyash, M. Y. Semenova, D. A. Gogun** // *Економіко-математичне моделювання і його застосування в науці і промисловості: матеріали І-ї Всеукр. наук.-практ. конф. (23 трав. 2011 р.)*. – Кривий Ріг: Мінерал, 2011. – С. 163-164.
37. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Ушкалов М. С.** Горизонтальний противофільтраційний екран в ґрунті // *Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних систем – 2017: Матеріали Міжвузівської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (21 квітня 2017 р.)*. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2017. – С. 150-152.
38. **Тімченко Р. О., Крішко Д. А., Арнацький С. О.** Інженерний захист територій від затоплення та підтоплення // *Міжвузівська науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Актуальні питання проблеми створення та експлуатації технічних та електромеханічних систем»*. – Кривий Ріг. Видавничий центр ДВНЗ «КНУ», 2018. – С. 39-42.

УДК 622.1:528.02

О.В. ДОЛГІХ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ВИБІР ТИПУ ЗНІМАЛЬНОЇ КАМЕРИ ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСЬКОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІРНИЧОДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Метою досліджень є аналіз цифрової дзеркальної камери та камери мобільного телефону з метою вибору певного типу для виконання зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств. Виконання аналізу залежності точності знімальних робіт від характеристик знімального устаткування, умов об'єкту та задач, які вирішуються за її результатами. Спираючись на вимоги до певного виду знімальних робіт, пропонується вибір найбільш ефективних засобів знімання.

Методи досліджень ґрунтуються на аналізі виконаних знімальних робіт на різних об'єктах гірничодобувних підприємств: кар'єрах, відвалах, хвостосховищах, проммайданах. Обґрунтовано використання камер мобільних телефонів для вирішення задач, що не потребують високої точності визначень, та дзеркальних цифрових камер для вирішення задач з достатньо високою точністю.

Наукова новизна результатів досліджень полягає в отриманні даних для обґрунтування вибору фотограмметричних характеристик камер, які можуть використовуватися для виконання знімальних робіт з необхідною або достатньою точністю визначень за побудованими цифровими планами та моделями. Аналіз результатів досліджень дозволив зробити висновок про можливість використання камер деяких мобільних телефонів для зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств.

Практична значимість виконаних досліджень полягає у визначенні даних, необхідних для вибору знімальної камери при вирішенні задач, що характеризуються різною точністю, оперативністю та умовами виконання. Отримані характеристики камер мобільних телефонів, які можуть використовуватися для зйомок гірничих об'єктів та визначені умови і особливості виконання таких знімальних робіт. Встановлено, що на точність цифрової моделі, отриманої камерою мобільного телефону, суттєво впливає схема розташування опорних точок.

Результати досліджень. Знімальні роботи, виконані різними камерами, дозволили визначити характеристики з якості зображень. Досліджені питання зменшення геометричних спотворень зображення, вибору програмного забезпечення для опрацювання зображень, зменшення залежності щільності матриці пікселів та кута охоплення зйомкою місцевості від елементів внутрішнього орієнтування камери. Визначено вимоги до параметрів знімання об'єктів гірничодобувних підприємств та точність знімання за допомогою камери мобільного телефону.

Ключові слова: цифрова зйомка, тип камери, гірничодобувні підприємства, точність зйомки.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-63-70

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними задачами. Актуальній темі впровадження цифрової зйомки для створення маркшейдерських планів на об'єкти гірничодобувних підприємств та для дослідження їх стану присвячена значна кількість наукових праць. Актуальність впровадження цифрової фотограмметрії підтверджується підвищенням ефективності маркшейдерського забезпечення гірничих робіт не тільки при відкритій, а й при підземній розробці родовищ корисних копалин. Заслужують на увагу дослідження з використання дронів для зйомки підземних гірничих виробок.

Аналіз досліджень та публікацій. Підвищенню ефективності маркшейдерського забезпечення сприяє використання методів цифрової фотограмметрії для виконання знімальних робіт з повітря та з землі [1-3]. На сьогодні на гірничодобувних підприємствах впроваджуються ресурсозберігаючі технології [4] які вимагають ефективного маркшейдерського забезпечення. Особлива увага приділяється впровадженню сучасних технологій для робіт зі спостереження за зсувами та деформаціями окремих об'єктів, гірських порід та денної поверхні [5-9].

Постановка задачі. З кожним роком на ринку з'являється велика кількість високотехнологічних приладів, інструментів, пристроїв, що дозволяє вибрати найбільш доцільні прилади для вимірювальних робіт чи камеру для зйомок [10]. Але вибрана камера повинна бути досліджена

[11-14]. У 1999 році з'явився перший мобільний телефон з камерою VisualPhone VP-210. Телефон дозволяв зробити 20 кольорових фотографій у форматі JPEG. На той час більшість телефонів не комплектувалися камерами, а у 2000 році з'явилась модель Nokia 3310 з камерою. Інтенсивний розвиток галузі дозволив вже у вересні 2010 року компанією Nokia випустити на ринок Nokia N8 – смартфон з найсучаснішою на той час камерою з матрицею у 12 мегапікселей і її розміром 1/1,83". Дзеркальні цифрові камери на той час показували достатньо високі якісні характеристики. У 2002 році компанія Canon мала в асортименті модель EOS-1Ds з матрицею у 11,4 мегапікселів, у 2020-2021 роках моделлю середнього сегменту став телефон Samsung Galaxy A31. За даними сайту виробника, камери мали матриці з 48 Мп, 8 Мп та 5 Мп, відповідно із діафрагмами f/2.0, f/2.4 та f/2.2. Камера такої моделі була об'єктом досліджень з метою використання її маркшейдерською службою гірничого підприємства при вирішенні різних виробничих завдань.

Важливим елементом цифрової камери, що відповідає за якість зображення (окрім роздільної здатності матриці) є об'єктив. Камера Samsung Galaxy A31 має матрицю з кількістю пікселів майже вдвічі більшу, ніж має камера Canon EOS 6D MarkII. Але відомо, що більша кількість пікселів не гарантує більш якісне зображення (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики камер

Камера	Кількість Мрiх	Діаметр лінзи об'єктиву, мм	Розмір матриці, мм
Samsung Galaxy A31	48	2	відсутні дані
Canon EOS 6D MarkII	26,2	40	359x24

Викладення матеріалу та результати. Важливою задачею є вибір камери для зйомки гірничих виробок. Звісно, що вимагати ідеальної якості зображення від камери з діаметром лінзи 2 мм та порівнювати її з камерою, яка має об'єктив з діаметром лінзи 40 мм, не зовсім коректно. Тому цифрова модель, побудована цифровою камерою Canon EOS 6D MarkII з об'єктивом Canon EF 50mm f/1.4USM була прийнята за еталон. Фотографування було виконане з 8 точок, в результаті отримано 143 знімка.

Попри значно більшу кількість пікселів в камері Samsung Galaxy A31, ніж в камері Canon EOS 6D MarkII, зображення отримані дзеркальним фотоапаратом, мають вищу якість. На рис. 1 наведено знімки, отримані з ближньої, середньої і дальньої відстаней, на яких видно різницю у якості зображень. Відомо, що на якість зображення також впливає величина фокусної відстані, для досліджуваних камер, вони складають відповідно 50 мм та 4 мм. Різниця фокусних відстаней викликає різні величини кута огляду місцевості та щільність пікселів, з яких складається зображення гірничих виробок.

Фактором впливу на якість зображення є наявність геометричних спотворень, що важливо у випадках, коли дані знімальних робіт використовуються для вирішення точних метричних задач. Значна кількість спеціальних програм з фотограмметричного опрацювання знімків має можливість виконання калібрування об'єктивів. Функція калібрування є в програмних продуктах Agisoft Metashape, 3DF Zephyr, PhotoModeler Premium, Photomod тощо. В першому наближенні, при попередній оцінці дисторсії та інших параметрів камери, можна користуватись програмним продуктом Imatest Master. В програмі Imatest Master є можливість за одним параметром визначити рівень геометричних спотворень і порівняти з візуально комфортною величиною дисторсії та з величинами спотворення інших камер.

Задача вибору камери і об'єктиву, для наземного стереоскопічного знімання гірничих виробок, не може вирішуватися один раз на тривалий час. Елементи знімальних камер постійно удосконалюються, тому характеристики камер змінюються: кількість пікселів в матриці, розмір матриці, схеми об'єктивів, розробляються нові матеріали для лінз та їх покриття. Постійне удосконалення характеристик камер дозволяє підвищувати якість результатів знімання.

У 2005-2008 роках Криворізьким національним університетом виконувалися роботи по складанню планів кар'єру Інгuleцького ЗГК в масштабі 1:1000. Для виконання таких робіт, оптимальною на той час цифровою знімальною апаратурою була камера Canon EOS350D з об'єктивом Canon Lens EF 50 mm 1:1,8II. Даний об'єктив був розроблений фірмою Canon у 1990 році і декілька десятків років був кращим за вагою, світлосилою та ціною. Цей об'єктив позиціонується як стандартний фікс-об'єктив, що складається з 6 елементів у п'яти групах. Ефективна фокусна відстань для камери з кроп фактором 1.6x (APS-C), якою є Canon EOS350D,

складає 80 мм. Для повнорозмірних матриць фокусна відстань дорівнює 50 мм. Більш «світлий» об'єктив Canon EF 50 mm f 1.4 USM з'явився у 1993 році. У 2015 році з'явився об'єктив Canon EF Lens 50 mm 1:1.8 STM, а у 2018 році – один з останніх – Canon Lens RF 50 mm F1.2 L USM. На останню модель ціна складає до 100 тисяч гривень, через що, для цифрового знімання гірничих виробок його застосування інколи економічно недоцільне. Між об'єктивами зі світловою потужністю 1.8 та надсвітлопотужними об'єктивами зі світловою потужністю 1.0 і 1.2, є модель Canon EF 50 mm f 1.4 USM, яка була прийнята за основний об'єктив для знімання кар'єрів і інших гірничих об'єктів у 2018-2021 роках.



a

b



c

d



e

f

Рис. 1. Порівняння якості зображень, отриманих різними камерами: *a, c, e* – зображення, отримані камерою пристрою Samsung Galaxu A31; *b, d, f* – зображення, отримані камерою Canon EOS 6D MarkII

Відповідно до вибору цифрової камери необхідно підкреслити, що для виконання досліджень, нами в різні часи використовувалися об'єктиви: Canon EOS350D; Canon 1100D; Canon 1200D; Canon 750D. А з 2019 року нами використовується повнокадрова камера Canon EOS 6D MarkII.

Для об'єктивів, які використовувалися у дослідженнях (Canon Lens EF 50 mm 1:1,8II, Canon EF 50 mm f 1.4 USM, Sigma AF 85/1.4 EX DG HSM), було визначено загальний параметр дис-

торсії. Ця величина була також досліджена для камер мобільних телефонів Huawei Y6 Pro, Samsung Galaxy A30S та Samsung Galaxy A31. Зазначені мобільні телефони мають різні дати виробництва і відповідно різні характеристики (табл. 2). Результати досліджень камер мобільних телефонів наведено на рис. 2-4.

Таблиця 2

Характеристики камер мобільних телефонів			
Мобільний пристрій	Кількість Мріх	Світосила	Фокусна відстань/розмір сенсору
Samsung Galaxy A31	48	f/2.0	5 мм/1/2.0"
Samsung Galaxy A30S	25	f/1.70	4 мм/1/2.8"
Huawei Y6 Pro	13	f/2.0	4/відсутні дані

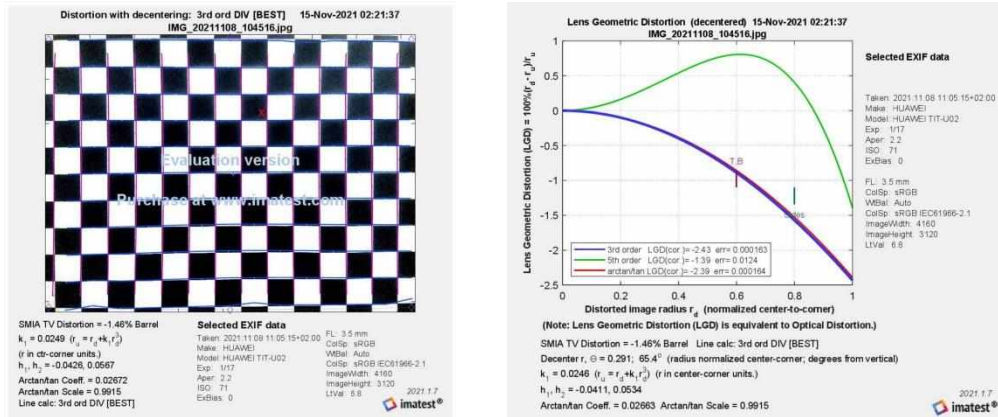


Рис. 2. Результати досліджень камери мобільного телефону Huawei Y6 Pro

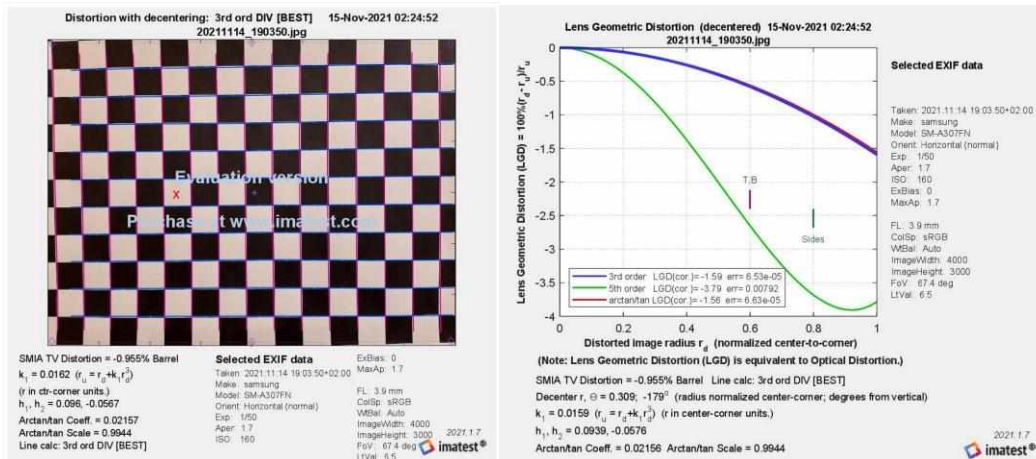


Рис. 3. Результати досліджень камери мобільного телефону Samsung Galaxy A30S

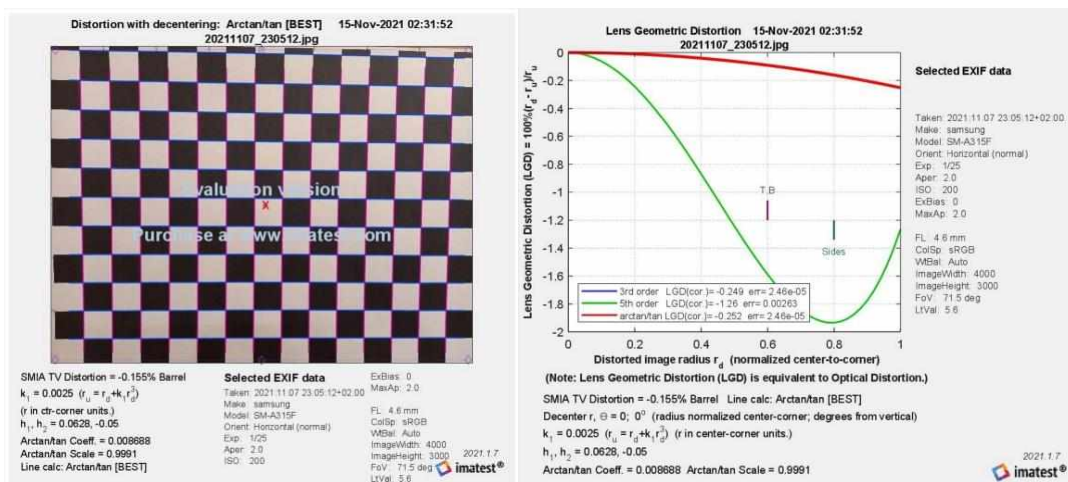


Рис. 4. Результати досліджень камери мобільного телефону Samsung Galaxy A31

В результаті були отримані неочікувані результати. В першу чергу це стосується результатів дослідження камери мобільного пристрою Samsung Galaxy A31, яка показала практично ідеальні характеристики з викривлення (дисторсії), що перевищило характеристики деяких брендових об'єктивів дзеркальних камер. Можна зробити припущення, що в програмному забезпеченні Samsung Galaxy A31 за замовчуванням включена функція автоматичного виправлення дисторсії й інших спотворень (хроматичні аберації цих пристроїв не досліджувались).

Камери мобільних телефонів Huawei Y6 Pro та Samsung Galaxy A30S показали «бочкоподібну» дисторсію за параметром SMIA TV Distorsion відповідно -1.46% Barrel та -0.955 Barrel. Камера Samsung Galaxy A31 за даним параметром показала -0.155% Barrel.

При дослідженнях використано по декілька знімків, отриманих кожним пристроєм.

Мобільний телефон Huawei Y6 Pro випущений значно раніше ніж інші, тому при дослідженнях отриманих ним зображень, підвищувалась їх контрастність за допомогою програмного забезпечення. Виконувалося це для того, щоб можна було зробити аналіз знімків за допомогою програми Imatest Master. Доведено, що більш сучасні мобільні телефони мають камери, в яких значно вищі показники з контрасту білого.

Невідповідність геометричного центру:

Huawei Y6 Pro $\Theta = 0,291, 65,4^\circ$ (radius normalized center-corner; degrees from vertical);

Samsung Galaxy A30S $\Theta = 0,309, -179^\circ$ (radius normalized center-corner; degrees from vertical);

Samsung Galaxy A31 $\Theta = 0.01, -0.2^\circ$ (radius normalized center-corner; degrees from vertical).

Коефіцієнти k_1 ($r_u=r_d+k_1r_d^3$) (r in center-corner units), h_1 та h_2 наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів

Мобільний пристрій	k_1	h_1	h_2
Huawei Y6 Pro	0,0246	-0,0411	0,0534
Samsung Galaxy A30S	0,0159	0,0939	-0,0576
Samsung Galaxy A31	0,0025	0,0628	-0,050

За результатами досліджень, для зйомки борту кар'єру, було вибрано камеру Canon EOS 6D MarkII та камеру мобільного пристрою Samsung Galaxy A31.

За результатами зйомки південного і західного бортів кар'єру №4 ПрАТ «ЦГЗК» було отримано 147 знімків. При цьому було використано 5 опорних точок в координатній системі epsg: 28406 - Pulkovo 1942 / Gauss-Kruger zone 6. В табл. 4 наведені характеристики опорних точок, які використовувалися для експериментальних знімальних робіт.

Таблиця 4

Характеристики опорних точок

Назва точки	Імпортовані координати, м	Фактичне положення, м	# картинки	Загальне відхилення m_x, m_y, m_z, m	Maximal projection error, pixels
point_5	x: 29415.206 y: 64600.052 z: 69.967	x: 29415.185 y: 64600.056 z: 69.952	32	0.027 (-0.021; 0.004; -0.015)	1.50
BK	x: 29360.206 y: 64139.315 z: 64.126	x: 29360.177 y: 64139.296 z: 64.092	69	0.049 (-0.029; -0.019; -0.034)	1.24
Stolb1	x: 29957.068 y: 63767.314 z: 76.755	x: 29957.094 y: 63767.342 z: 76.769	12	0.041 (0.026; 0.028; 0.014)	1.07
Stolb2	x: 29341.803 y: 63774.303 z: 84.692	x: 29341.782 y: 63774.306 z: 84.707	50	0.025 (-0.021; 0.003; 0.014)	1.43
mobill	x: 29760.007 y: 63672.790 z: 102.304	x: 29760.028 y: 63672.954 z: 102.313	20	0.165 (0.021; 0.164; 0.009)	1.95

Нижче наведено характеристики точності цифрових моделей, отриманих за знімками з цифрової камери Canon EOS 6D MarkII та мобільного телефону Samsung Galaxy A31 (рис. 5-7), (табл. 5, 6).

Таблиця 5

Помилки перепроєкції

Кількість значень (загальна сума)	35662
Максимальна частота (максимальна кількість)	171941
Діапазон значень (інтервал)	[0, 2,25]
Розмір контейнера (розмір кроку)	0,25

Таблиця 6

Довжини треків

Кількість значень (загальна сума)	356620
Максимальна частота (максимальна кількість)	224766
Діапазон значень (інтервал)	[0, 30]
Розмір контейнера (розмір кроку)	1

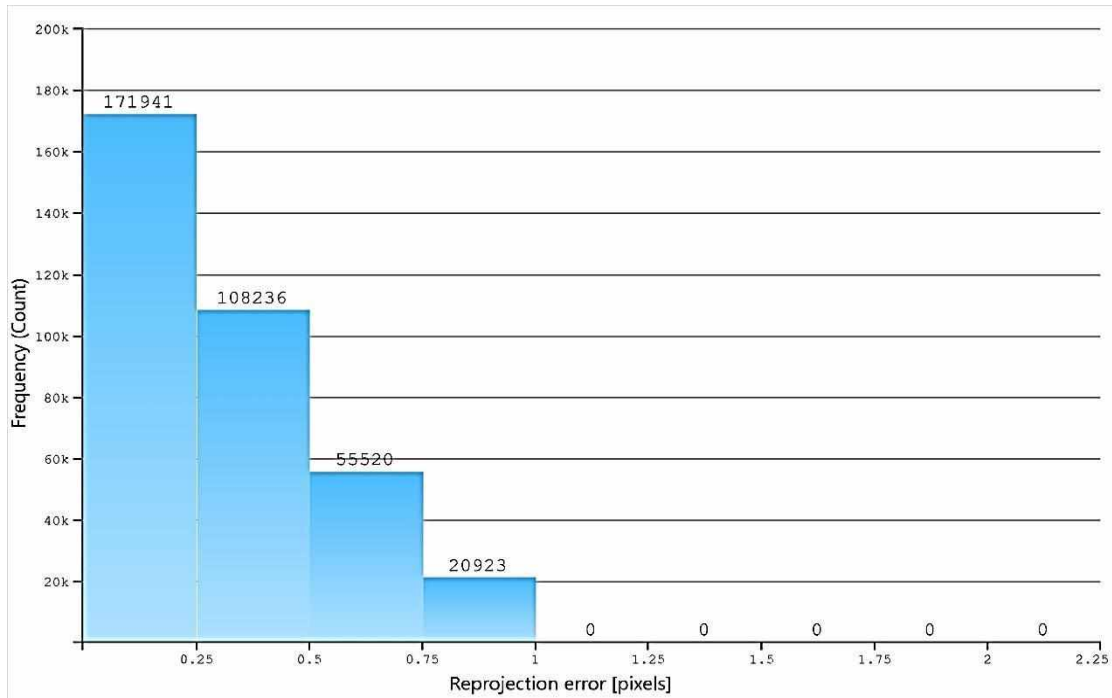


Рис. 5. Характеристика помилок моделей, побудованих за знімками отриманих камерою мобільного телефону

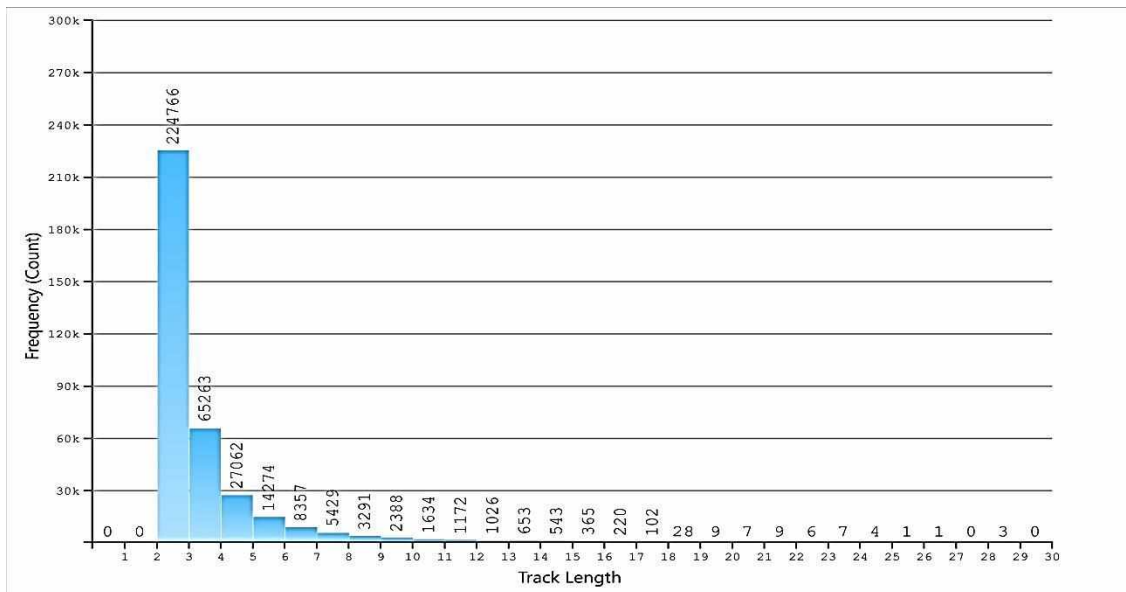


Рис. 6. Характеристика помилок моделей, побудованих за знімками отриманих цифровою камерою

Шляхом порівняння отриманої цифрової моделі з еталонною у вигляді хмари точок, отримані наступні результати:

45-60 відсотків точок мають точність від 0 см до 15 см;

25-40 відсотків точок мають погрішність від 15 см до 1-1,5 м.

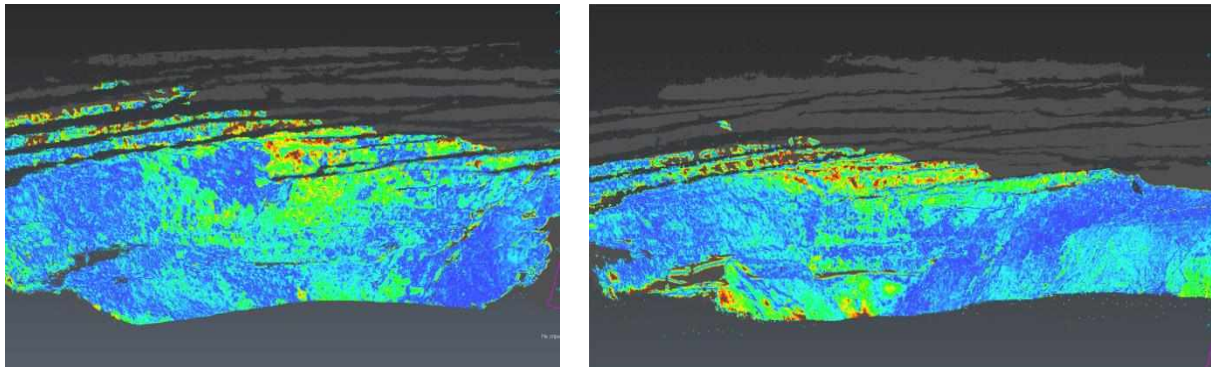


Рис. 7. Візуальна характеристика цифрових моделей

Висновки та напрям подальших досліджень. Виконані дослідження доводять необхідність ретельного підходу до питання вибору програмного забезпечення для вирішення задачі визначення об'ємів гірничих мас. Основним напрямом вдосконалення процесу автоматизації робіт з визначення об'ємів за допомогою спеціальних програм є розробка і впровадження програмних комплексів, які б включали можливість розпушену масу приводити до цілика та навпаки, тобто враховувати різноманітність об'ємів гірничих мас.

Список літератури

1. Carvajal, F. Surveying a landslide in a road embankment using unmanned aerial vehicle photogrammetry / F. Carvajal, F. Agüera, M. Pérez // *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. - 2011. - № XXXVIII-1/C22. - pp. 201-206.
2. Peterman, V. Landslide activity monitoring with help of unmanned aerial. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*. - 2015 - Volume XL-1/W4, 215-218.
3. Pollefeys, M. Visual 3d modeling from images-tutorial notes: technical report. *University of North Carolina*. - pp. 55-65. <http://www.cs.unc.edu/~marc/tutorial.pdf>
4. S. Pysmennyi, N. Shvager, O. Shepel, K. Kovbyk, O. Dolgikh. Development of resource-saving technology when mining ore bodies by blocks under rock pressure. *E3S Web of Conferences* 166, 02006 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016602006>
5. Carlà, P. Farina, E. Intrieri, H. Ketizmen, N. Casagli. Integration of ground-based radar and satellite InSAR data for the analysis of an unexpected slope failure in an open-pit mine. *Eng. Geol.* - 2018 - **235**, 39–52. [doi:10.1016/j.enggeo.2018.01.021](https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.01.021).
6. J. Goetz, A. Brenning, M. Marcer, X. Bodin. Modeling the precision of structure-from-motion multi-view stereo digital elevation models from repeated close-range aerial surveys. *RSE* **210(208)** (2018). [doi:10.1016/j.rse.2018.03.013](https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.013)
7. Dolgikh O., Dolgikh L. The study of the collapse zone by remote methods. *E3S Web of Conferences* 166, 03002 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016603002>
8. Kalinichenko V., Dolgikh O., Dolgikh L. Digital survey in studying open pit wall deformations. *E3S Web of Conferences* 123, 0 1047 (2019) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301047>
9. Dolgikh O., Dolgikh L., Kuchnerov I. Research into harmful effect of underground mining operations on the state of buildings and structures located in the displacement area. *E3S Web of Conferences* 201, 01029 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101029>
10. Kalinichenko, V., Dolgikh O., Dolgikh, L., Pysmennyi, S. Choosing a camera for mine surveying of mining enterprise facilities using unmanned aerial vehicles. *Mining of Mineral Deposits*, 14(4), 2020, 31-39. <https://doi.org/10.33271/mining14.04.031>
11. Lutz, S., Davey M., Smolic A. Deep Convolutional Neural Networks for Estimating Lens Distortion Parameters. - 2019.
12. Deep Single Image Camera Calibration With Radial Distortion / M. Lopez [and others] // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2019, 11817-11825
13. Blind Geometric Distortion Correction on Images Through Deep Learning / X. Li [and others] // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2019, 4855-4864
14. A Simple and Efficient Method for Radial Distortion Estimation by Relative Orientation / Y. Duan [and others] // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. - 2017. - V. 55, № 12, 6840—6848

О. Є. ЛАПШИН, О. О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,
М. В. ХУДИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

БЕЗПЕКА ПРОВЕДЕННЯ ВИСХІДНИХ ВИРОБОК ЗА ДОПОМОГОЮ БУРИЛЬНИХ МАШИН

Мета. Для підвищення безпеки праці при проведенні висхідних гірничих виробок та зниження ризику отримання травм і отруєнь необхідно дослідити та проаналізувати способи проходження висхідних виробок різного призначення та перерізу, а також умови праці працівників, задіяних на процесах проходки. Надати методи безпечно-го проведення робіт під час проходки висхідних гірничих виробок за допомогою бурильних машин в умовах залізорудних шахт.

Методи. Дослідження здійснювалися комплексним методом: виконувався аналітичний огляд різних джерел інформації та практичних даних щодо способів проведення висхідних гірничих виробок в умовах залізорудних шахт; проводилося узагальнення літературних джерел з небезпеки проведення висхідних виробок із застосуванням вибухових речовин; надані висновки з підвищення безпеки праці під час проведення висхідних виробок за допомогою бурильних машин.

Наукова новизна. Надано відомості з ефективності знешкодження шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) в атмосферу під час проведення виробок буровибуховим способом, обґрунтовано безпечний спосіб проведення висхідної виробки за допомогою станків Robbins компанії Epiroc.

Практична значимість. Рекомендовано застосування модульної звукоізоляційної kabіни для захисту оператора від шумового навантаження під час обслуговування бурильного станка. Розроблено конструкцію модульної звукоізоляційної kabіни і проведено аналіз використання різних матеріалів (алюміній, нержавіюча сталь, пресована деревина) для виготовлення конструктивних елементів kabіни.

Результати. Приведені дані шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) при проведенні висхідних гірничих виробок буровибуховим способом. Наведена характеристика небезпечних і шкідливих факторів під час здійснення вибухових робіт. Виконано аналіз рекомендацій та способів пилогазоподавлення при проведенні висхідних виробок буровибуховим способом. Проаналізовано способи проходження висхідних гірничих виробок різного перерізу та призначення (господарчих, рудозвальночних, вентиляційних та ін.). Надані переваги проведення висхідних за допомогою бурильних машин, в тому числі за допомогою станків Robbins компанії Epiroc. Виконано дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини з метою їх використання при виготовленні модульної звукоізоляційної kabіни.

Ключові слова: виробка, висхідний, пил, газ, вибух, безпека, травматизм, kabіна.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-70-76

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Видобування корисних копалин підземним способом потребує проведення великої кількості гірничих виробок, які на теперішній час проводяться переважно буровибуховим способом, що передбачає виділення шкідливих газів і пилу в рудникову атмосферу. Боротьба з шкідливими виділеннями проводиться шляхом пилогазоподавлення або із застосуванням зрошувальних установок і систем вентиляції. Пилогазоподавлення у вибоях здійснюється за допомогою гідронабивок, які розміщують в шпурах і свердловинах та гідронабивок, які розташовують із зовні шпурів і свердловин, що підриваються.

Недоліком цих засобів є те, що вони низькі за ефективністю, особливо не відбувається подавлення шкідливих газів – оксиду вуглецю (CO) і оксидів азоту (NO + NO₂) відповідно 25-50 % і 70-80 %.

Зрошення викидів вибуху після підривання шпурів і свердловин диспергованою водою з добавками поверхнево-активних речовин (ПАР) дозволяє підвищити ефективність пилогазоподавлення до 85-90 %, але такий засіб потребує додаткових витрат на обладнання та на придбання ПАР.

Найбільш дієвим способом боротьби зі шкідливими виділеннями при підриванні шпурів у вибоях є застосування систем вентиляції, які дозволяють видаляти отруйні гази і пил з вибоїв протягом регламентованого часу. Недоліком цього традиційного способу підтримання нормальної атмосфери у вибоях є руйнування вентиляційного трубопроводу вибухом і витрати електроенергії на живлення вентиляторів місцевого провітрювання (ВМП).

Виходячи з таких обставин проблема пилогазоподавлення у вибоях, особливо при проведенні висхідних виробок, залишається до кінця не вирішеною і потребує докорінного удосконалення як з боку технологічних, а також і аеродинамічних факторів. З боку технології необхідні розроблення засобів проведення висхідних виробок без застосування вибухових речовин. Удосконалення аеродинамічних факторів очевидно потребує розробку наукових засад знешкодження шкідливих викидів вибуху шляхом їх локалізації у вибої з наступним видаленням за допомогою відсмоктувальних трубопроводів або вентиляційних свердловин.

Аналіз досліджень і публікацій. Засоби боротьби зі шкідливими викидами під час підривання шпурових зарядів у вибоях досліджувалися в роботах різних науковців з охорони праці, серед яких В. Г. Слюсаренко, О. П. Янов, О. О. Лапшин, І. Ф. Ярембаш та ін. В їх роботах надані теоретичні основи виділення і розповсюдження пилогазових викидів у тупикових виробках.

Суть практичних рекомендацій В. Г. Слюсаренка полягає в обґрунтуванні параметрів провітрювання тупикових виробок за рахунок місцевих вентиляторів (ВМП) [1, 7]. В його роботах наведена класифікація схем і способів провітрювання прохідницьких тупикових виробок в рудникових шахтах. Запропоновані наступні схеми провітрювання: одним нагнітальним, всмоктуючим і спільно двома ВМП; одним або декількома ВМП у сполученні з пневматичними ежекторами; декількома ВМП при їх розосередженому розташуванні.

Основним недоліком цих рекомендацій є те, що всі способи передбачають використання ВМП в сполученні з вентиляційним трубопроводом, який неможливо наблизити до вибою оскільки трубопровід руйнується вибухом, а розташування його кінця на відстані більше як 10 м від вибою не дозволяє ефективно видалити шкідливі домішки з привибійної зони.

Дослідження О. П. Янова присвячені визначенню динаміки розповсюдження шкідливих газів у вибоях та зниженню пилогазоутворення при підриванні шпурів у вибої [2-4]. В дослідженнях рекомендовано використання водяних набивок, які дозволяють знизити рівень виділення пилу і отруйних газів при підриванні шпурів.

Недоліком цього відомого способу є те, що він потребує виготовлення водяних набивок безпосередньо у вибоях, а це примушує витрачати робочий час та додаткові матеріали на їх виготовлення. До того ж ефективність цього способу за різними даними є невисокою і становить: зниження пилу 80-85 %; поглинання оксиду вуглецю (СО) 25-30 %; поглинання оксидів азоту ($\text{NO} + \text{NO}_2$) 45-48 %.

Роботи О. О. Лапшина містять дослідження засобів пилогазоподавлення після підривання шпурів у вибоях за допомогою зрошення їх водоповітряною установкою ВЕУ [10, 12]. Установка ВЕУ розташовується на відстані більше як 10 м від вибою і вмикається безпосередньо перед вибухом шпурів. Утворена установкою водоповітряна суміш взаємодіє з продуктами вибуху, при цьому відбувається поглинання пилу і шкідливих газів. Так, використання ВЕУ для пилогазоподавлення при вибухових роботах дозволяє у 1,5 рази скоротити час на провітрювання, ефективність пилогазоподавлення становить: пилу 94-98 %, оксиду вуглецю 55-80 %, оксидів азоту 75-85 % [13].

Незважаючи на високі показники з пилогазоподавлення цієї установки вона була розроблена для умов проведення горизонтальних виробок, а що стосується знешкодження шкідливих домішок у висхідних виробках, то установку ВЕУ необхідно удосконалювати, що і запропоновано в роботі [17].

В роботах Ярембаша І. Ф. надані відомості про стан атмосфери у виробках вугільних шахт, розглядаються питання створення засобів і способів очищення рудникового повітря від шкідливих газів і пилу, які утворюються при вибухових роботах. За його доводами очищення повітря від шкідливих домішок після підривання шпурів у вибоях за допомогою форсунок різного типу дозволить забезпечити санітарно-гігієнічні і безпечні умови праці в гірничих виробках [5, 6].

Разом із цим за даними його робіт вугільний пил є дуже гідрофобний, тому зрошення пилової хмари після вибуху не завжди дає позитивний ефект. Для його підвищення рекомендовано використовувати форсунки, які утворюють аерозоль високої дисперсності, до того ж швидкість крапель повинна бути не менше 12 м/с, що можливо забезпечити лише в безпосередній близькості від форсунки. Суттєвим перешкоджанням реалізації цих досліджень є відсутність форсунок дрібного розпилення рідини, а також обов'язковість високого тиску рідини перед форсункою.

Постановка задачі. Незважаючи на велику кількість теоретичних досліджень і практичних розробок в галузі поліпшення умов праці в гірничих виробках стан атмосфери після вибухових робіт в гірничих виробках залишається таким, що не відповідає сучасним вимогам правил безпеки на підземних роботах. З метою підвищення безпеки праці при проведенні висхідних виробок в шахтах доцільно розглянути способи їх проведення за допомогою бурильних машин, що забезпечить уникнення виділення шкідливих газів і пилу в повітря, а також зменшити кількість важкої праці на підземних роботах.

Викладання матеріалу та результати. Одним з найбільш небезпечних технологічних процесів на підземних роботах є проведення висхідних виробок. При застосуванні буровибухових робіт відбувається виділення великої кількості шкідливих газів і пилу, видалення яких представляє значне ускладнення через наявність вибухової хвилі, падіння відбитої гірської маси з висоти та обмеженість простору у висхідному. Наявність декількох типів висхідних виробок, які відрізняються за призначенням (ходові, бурові, відрізні, рудозвалочні та вентиляційні) обумовлює застосування різних способів їх проведення та провітрювання [17].

1. Проведення висхідних обмеженого перерізу ($1,5 \times 1,5$ м та $1,5 \times 2,0$ м), до яких відносяться ходові, бурові, відрізні та вентиляційні висхідні, здійснюється буровибуховим способом на одне відділення, при цьому обладнується драбинний хід і робочі та запобіжні полки.

Провітрювання таких висхідних представляє значну складність, оскільки вентиляційний трубопровід руйнується вибуховою хвилею та ударами відбитої гірської маси, що падає вниз. Крім того руйнується драбинний хід, робочий і запобіжний полки. Через такі обставини в теперішній час застосовується спосіб видалення шкідливих газів і пилу після підривання шпурів шляхом «видування» їх з вибою стисненим повітрям. Такий спосіб є неефективний і неекономічний оскільки вимагає витрат великої кількості стисненого повітря, що доволі витратно в умовах економічного тиску.

2. Проведення висхідних великого перерізу (2×2 м та 2×3 м), до яких відносяться господарчі, рудозвалочні та вентиляційні висхідні, здійснюється за допомогою буровибухового способу на два відділення. При цьому одне відділення обладнується драбинним ходом, а друге – використовується для перепуску гірської маси.

Обладнання і провітрювання цих висхідних представляє аналогічну складність, що і висхідних невеликого перерізу, крім того витрачається більша кількість матеріалів на кріпильні та монтажні роботи. Провітрювання здійснюють також стислим повітрям з трубопроводу, прокладеному по висхідному.

3. Проведення висхідних з використанням випереджальної свердловини наведено на рис. 1.

За цією схемою спочатку пробурюють з верхнього горизонту свердловину 1 діаметром 105-150 мм. Потім над свердловиною обладнують всмоктувальний ВМП 3, який з'єднують зі свердловиною за допомогою патрубку 2, який має відвід 4 з кришкою для пропускання ударної хвилі. Кришка відводу 4 шарнірно з'єднується з його корпусом, яка відкривається під дією ударної хвилі і закривається під дією власної ваги та розрідження створюваного ВМП 3. Такі висхідні проводяться буровибуховим способом, їх обладнання є аналогічним: також прокладається драбинний хід, обладнуються робочий і запобіжний полки, які руйнуються вибухом і падаючою гірською масою. Разом із цим їх провітрювання значно спрощується, оскільки шкідливі гази і пил видаляються свердловиною 1 та ВМП 3 на вище розташований вентиляційний горизонт. Наявність випереджальної свердловини 1 дозволяє підвищити також швидкість проведення висхідного оскільки утворюється компенсаційний простір.

4. Проведення висхідних способом секційного підривання глибоких свердловин, пробурених з верхнього горизонту на нижній, наведено на рис. 2.

При цьому способі пробурюють за трасою висхідного 3 з верхнього горизонту 1 на нижній горизонт 2 паралельно 5-7 свердловин 4 діаметром 105-150 мм. Після цього свердловини підривають секціями 5 знизу до верху з утворенням висхідного 3 на весь переріз. Після секційного підривання утворене забруднене повітря видаляється свердловинами на верхній горизонт 1.

5. Проведення висхідних буровибуховим способом з використанням прохідницького комплексу КПВ, який наведено на рис. 3. За цим способом драбинний хід не обладнується, а самохідний полок 2 рухається по монорейці 3 за рахунок стисненого повітря. Прохідник здійснює

буріння шпурів перфоратором перебуваючи під запобіжним зонтом 1. Комплекс КПВ обладнаний блоком 10 для відбирання проб повітря [8, 9].

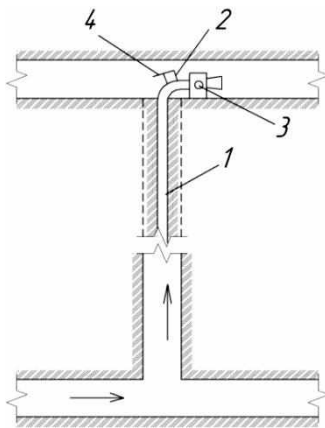


Рис. 1. Схема проведення висхідного за допомогою випереджальної свердловини: 1 – свердловина; 2 – патрубок; 3 – ВМП; 4 – кришка відводу

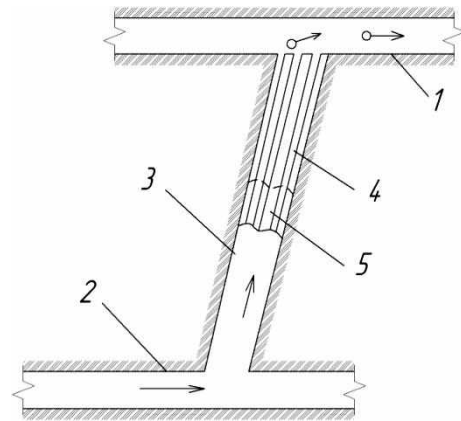


Рис. 2. Схема проведення висхідних способом секційного підривання глибоких свердловин: 1 – верхній вентиляційний горизонт; 2 – нижній головний горизонт; 3 – висхідний; 4 – свердловини; 5 – секції, що підриваються

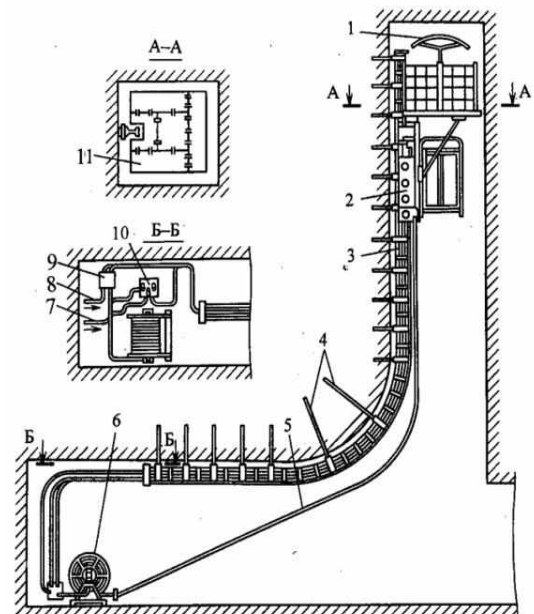
Рис. 3. Проведення висхідного за допомогою комплексу КПВ: 1 – запобіжний зонтик; 2 – самохідний полок; 3 – монорейка; 4 – анкер; 5 – шланг для стисненого повітря; 6 – шлангова лебідка; 7 – повітропровід; 8 – водопровід; 9 – блок живлення; 10 – блок для відбирання проб повітря; 11 – платформа

Провітрювання таких висхідних здійснюється за допомогою водоповітряних ежекторів, які включаються в роботу після підривання шпурів. Після закінчення провітрювання вибою (на це відводиться 60 хв.) здійснюється контрольне вимірювання концентрації шкідливих газів у вибої, а при наявності нормального стану повітря працюючі допускаються у вибій. Обов'язковою умовою цього способу є те, що після кожного підривання шпурів у вибої необхідно убирати підірвану гірську масу. Перевагою цього способу є, що відпадає необхідність проведення драбинного ходу, захист прохідника запобіжним зонтом, доставка обладнання і матеріалів самохідним полком та можливість контролю стану повітря у вибої. Недоліком цього способу є те, що перед кожним вибухом у висхідному необхідно опускати самохідний полок в заходку, а провітрювання після вибуху ежекторами потребує великих витрат стисненого повітря, до того ж контроль стану повітря у вибої неможливо здійснювати дистанційно. Крім того, обслуговування комплексу КПВ потребує залучення спеціалістів високої кваліфікації. Через ці недоліки комплекс КПВ не знайшов широкого застосування в рудникових шахтах для проведення висхідних виробок.

6. Проведення висхідних за допомогою бурильних станків типу Robbins компанії Ерігос наведено на рис. 4 а, б. Наприклад, станок Robbins 34RH застосовують для проведення вентиляційних і закладних висхідних при відпрацюванні малопотужних покладів, а станок Robbins 92R використовують для проведення висхідних діаметром 2,4-6,0 м [14-16].

За схемою, наведеною на рис. 4 а, висхідний проходять з нижнього горизонту на верхній на повний переріз спеціальною шарошкою 4, а буровий шлам по жолобу 2 надходить безпосередньо у вагон.

За схемою, наведеною на рис 4 б, висхідний проходять з випереджальною свердловиною у такій послідовності. Спочатку за трасою висхідного вибурюють свердловину діаметром 110



мм. При цьому станок Robbins 1 розташовують на верхньому горизонті, а потім, коли свердловина вибурена, бурову штангу обладнують шарошкою 4, діаметр якої відповідає діаметру висхідного. Після цього у виробці на нижньому горизонті під свердловиною для прийому шламу обладнують лоток 2 з нахилом до вагону. Розбурювання висхідного здійснюють знизу уверх. Під час розбурювання буровий шлам стікає в лоток 2, а з нього у вагон. Управління роботою станка Robbins 1 здійснює машиніст, який знаходиться на платформі 5, розташованій на верхньому горизонті в буровій камері.

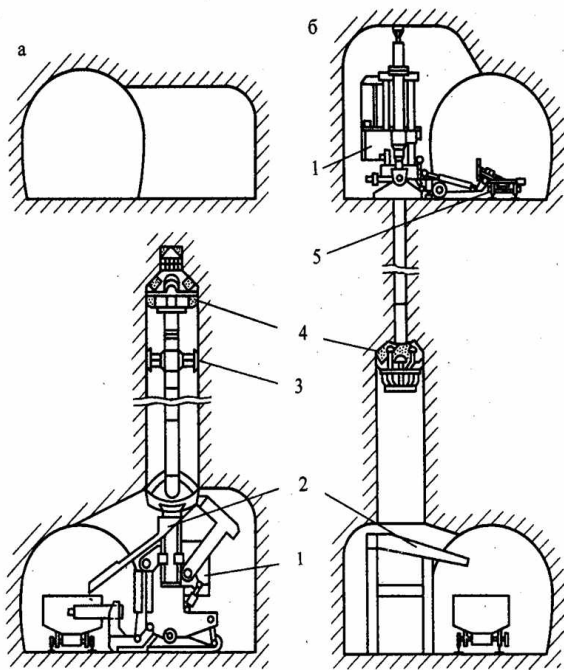


Рис. 4 а, б. Технологія проходки висхідного бурінням: на повний переріз виробки (а); за допомогою випереджальної свердловини (б): 1 – буровий станок; 2 – шламловлюючий пристрій; 3 – опорний ліхтар; 4 – шарошка; 5 – платформа з буровим інструментом

Практика проведення висхідного буровим станком Robbins 92R показала, що рівень шумового навантаження в буровій камері перевищує допустимі значення. Враховуючи такий негативний фактор для зниження шумового навантаження на оператора бурової установки пропонується розміщувати його робоче місце у розбірній модульній звукоізоляційній кабіні (рис. 5).

Кабіна має розміри 1,5×1,5×2,0 м, складається з чотирьох стін і перекриття, які можуть з'єднуватись між собою за допомогою болтового або іншого швидкозбірного з'єднання. Для забезпечення ефективного провітрювання кабін у нижній частині дверей зроблено вентиляційний отвір (решітка), а на

протилежній стіні угорі монтується малошумний витяжний вентилятор.

Для вибору матеріалу, з якого виготовляється кабіна, були проведені дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини (ДСП, OSB). Результати досліджень наведено у табл. 1 та на рис. 6.

За результатами досліджень рекомендовано виробляти модульну звукоізоляційну кабінку з листів ДСП або OSB, оскільки вони мають високі показники звукоізоляції та мають відносно не велику масу за однакової товщини матеріалу. Для забезпечення більш високих показників звукоізоляції кабінку зсередини можна додатково облицювати плитами з мінеральної вати, пінопласту або інших матеріалів.

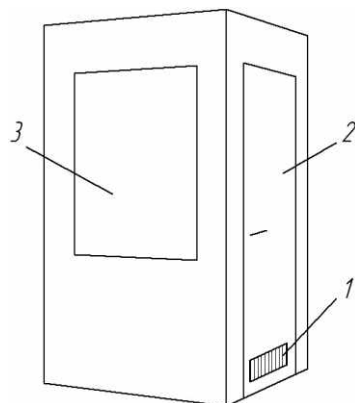


Рис. 5. Загальний вигляд модульної звукоізоляційної кабінки: 1 – вентиляційна решітка; 2 – входні двері; 3 – вікно спостереження

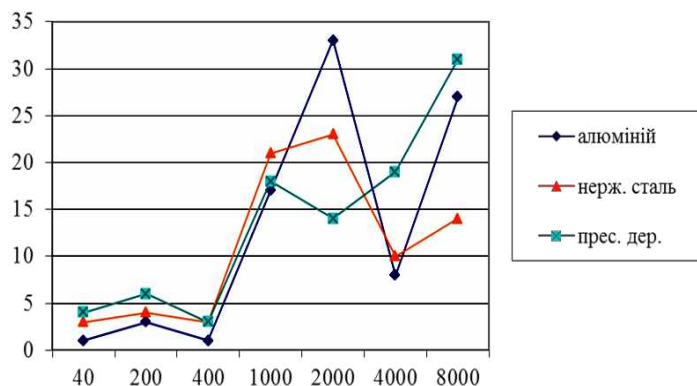


Рис. 6. Результати дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини

Результати дослідження звукоізолюючих властивостей різних матеріалів

Частота звука, Гц	Рівень звука без перешкоди, дБ	Рівень звуку за перешкодою, дБ			Зниження рівня звуку, дБ		
		алюміній	нержавіюча сталь	пресована деревина	алюміній	нержавіюча сталь	пресована деревина
40	47	46	44	43	1	3	4
200	72	69	68	66	3	4	6
400	81	80	78	78	1	3	3
1000	86	69	65	68	17	21	18
2000	83	50	60	69	33	23	14
4000	68	60	58	49	8	10	19
8000	70	43	56	39	27	14	31

Висновки та напрямок подальших досліджень.

1. При застосуванні буровибухових способів проведення висхідних виробок відбувається виділення великої кількості шкідливих газів і пилу, видалення яких представляє значне ускладнення через відсутність ефективних засобів їх провітрювання.

2. Недоліком способу проведення висхідних комплексом КПВ є те, що провітрювання після вибуху здійснюється ежекторами, які потребують великих витрат стисненого повітря, до того ж неможливо здійснювати дистанційно контроль стану повітря у вибої.

3. Проведення висхідних виробок за допомогою бурильних верстатів типу Robbins компанії Ерігос має перевагу, оскільки управління процесом буріння відбувається дистанційно, однак в буровій камері спостерігається шум, який перевищує допустимий рівень.

4. Для зниження шумового навантаження на оператора бурильного верстату запропоновано використовувати модульну звукоізоляційну кабінку з листів ДСП або OSB, які мають високі показники звукоізоляції.

5. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку заходів безпеки та поліпшення умов праці при проведенні тупикових виробок в рудникових шахтах.

Список літератури

1. Аерология гірничих підприємств / А. О. Гурін, П. В. Бересневич, А. А. Немченко, І. Б. Ошмянський – Кривий Ріг: КТУ, 2007. – С. 175-182.
2. Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах / А. П. Янов, Ф. Г. Гагауз, В. Л. Сахновский, И. Б. Ошмянский и др. – М.: Недра, 1984. – 228 с.
3. Янов А. П. Защита рудничной атмосферы от загрязнений / А. П. Янов, В. С. Ващенко – М.: Недра, 1977. – 263 с.
4. Гагауз Ф. Г., Дребница А. В. Состав и количество ядовитых газов при ведении взрывных работ в подземных горных выработках // В сб. Взрывное дело. – М.: Недра, 1970, № 68/25. – С. 19-23.
5. Ярембаш И. Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ. – Недра, 1979. – 91 с.
6. Алексеев В. К. Новый способ проветривания призабойного пространства тупиковых горных выработок / Шахтное строительство – 1985, № 1. – С. 16-18.
7. Опыт строительства и эксплуатации смесительных станций смачивающих добавок в Кривбассе / В. А. Лубинец, В. Г. Слюсаренко, Е. А. Швыгоренко и др. – Горный журнал, 1973, № 7. – С. 78-80.
8. Универсальный аппарат для проветривания и дистанционного отбора проб при проходке восстающих выработок УПА – 1М. Руководство по эксплуатации. НДІБПГ. – Кривий Ріг, 2000. – 15 с.
9. Правила безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом. НПАОП 0.00-1.77-16.
10. Лапшин О. О. Постановка проблеми нейтралізації шкідливих газів при здійсненні вибухових робіт в гірничих виробках / О. С. Лапшин, А. К. Гацький, О. О. Лапшин // Вісник КТУ. – 2005, № 10. – С. 8-10.
11. Лапшин О. О. Знешкодження отруйних газів і пилу в гірничих виробках шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 1. – 2002. – С. 35-39.
12. Лапшин О. О. Обґрунтування ефективності способів пилогазопридушення при підіривних роботах в умовах шахт // Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДІОП. – Вип. 4. – 2001. – С. 76-82.
13. Лапшин О. С., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Випробування гідравлічних завіс для очищення рудникового повітря від шкідливих домішок в підземних виробках шахт // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Вип. 2/2017 (103). – С. 97-104.
14. Лапшин О. С., Лапшин О. О., Лапшина Д. О. Охорона рудникової атмосфери. – Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2017. – С. 195-205.
15. Лапшин О. С. Охорона праці в гірництві / О. С. Лапшин, О. О. Лапшин, Д. О. Лапшина. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2018. – 273 с.
16. Лапшин О. С., Лапшин О. О., Худик М. В. Підвищення безпеки при проведенні висхідних виробок в шахтах // Гірничий вісник. – КНУ, 2021. – Вип. 109. – С. 51-55.

С.І. САХНО, Л.А. ЯНОВА, О.В. ПИЩИКОВА, кандидати техн. наук, доценти,
А.Є. МАНЬКО, К.С. ПИЩИКОВА, студенти
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЇ П'ЯТИПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ З CLT ПАНЕЛЕЙ МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета. Дослідження особливостей напружено-деформованого стану каркасу багатоповерхової будівлі з клеєної деревини методом скінчених елементів.

Методи досліджень. Математичне моделювання деформацій та напружень в елементах каркасу виконувалось в програмному середовищі ANSYS Student. Аналіз напружено-деформованого стану елементів моделі з урахуванням ортотропних властивостей матеріалу. Модальний аналіз конструкції будинку.

Наукова новизна. В результаті досліджень отримав подальший розвиток метод математичного моделювання конструкцій виготовлених з ортотропних матеріалів. Виявлені особливості розподілення напружень та деформацій в конструкціях з CLT панелей.

Практичне значення. Моделювання напружено-деформованого стану конструкцій з ортотропного матеріалу дозволяє виконувати розрахунки та оптимізацію конструкції будинків та споруд з деревини за допомогою програмного комплексу ANSYS. Показано, що CLT панелі є перспективними для застосування в багатоповерховому будівництві в Україні.

Результати. В результаті досліджень виявлені особливості роботи багатоповерхового будинку з CLT панелей. Панелі мають високу міцність та жорсткість і можуть бути використані для будівництва багатоповерхових будинків. Проведено підбір оптимальної товщини міжповерхового перекриття. Виявлено особливості роботи силового каркасу першого поверху який складається з колон та балок з клеєної деревини та центральним ядром з CLT панелей. Найбільші відносні деформації спостерігаються у колонах першого поверху та у місцях примикання стінових панелей до перекриття. Найбільші напруження виникають у конструкції покрівлі, колонах першого поверху та у місцях з'єднання міжкімнатних перегородок верхнього поверху з підвітряної сторони будівлі. Показано, що CLT панелі забезпечують достатню стійкість конструкції при зменшенні її загальної ваги. Модальний аналіз будинку показав, що форма коливань та амплітуда відхилень конструкції значною мірою залежить від жорсткості колон першого поверху. Результати досліджень показують, що найбільш небезпечними є четверта та п'ята форми коливань із частотами, відповідно 16,9 та 17,2 Гц.

Ключові слова: деревина, метод скінчених елементів, деформації, міцність, CLT панелі.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-76-83

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним з найважливіших завдань сучасного світу є зниження викидів вуглекислого газу в атмосферу [1]. Будівельна промисловість є одним із основних джерел викидів [2]. Так, частка вуглекислого газу, що утворюється тільки при виробництві цементу, становить 8% від загального обсягу світових викидів [3, 4]. Одним із способів зниження викидів є застосування у будівництві екологічно чистих конструкційних матеріалів, одним з яких є деревина.

Деревина у будівництві застосовується давно, але її роль як будівельного матеріалу з часом лише збільшується. У порівнянні з іншими конструкційними матеріалами деревина має безліч переваг, починаючи від нижчої вартості, підвищеної енергоефективності та меншої дії на навколишнє середовище і закінчуючи унікальними варіантами дизайну. Набувають все більшої популярності такі конструкційні матеріали з деревини як глулам (клеєний брус) [5] та CLT панелі (cross laminated timber) [6]. Дані матеріали використовуються як конструктивні елементи в каркасах багатоповерхових будівель, шкіл, дитячих садків, виробничих приміщень, житлових будинків та спеціальних споруд. Панелі CLT, X-Lam, масивний брус – це загальні назви листових матеріалів, панелей, стійок та балок, виготовлених з клеєних дошок або дошок, укладених поперемінно під прямим кутом.

CLT панелі в основному використовуються для стін та підлог. Це екологічно чистий та придатний для повторного використання будівельний матеріал, який за умови правильного використання має тривалий термін служби. Відмінною рисою конструктивних елементів CLT, таких як стіни та підлоги, є те, що вони часто застосовуються як панелі з великою поверхнею. Можливість великих поперечних перерізів надає компонентам високу несучу здатність і жорсткість, що робить панелі корисними для стабілізації будівлі [7]. Панелі можуть бути виготовлені

з високим ступенем заводського виготовлення, а їхня мала власна вага дає переваги при виконанні земляних робіт, транспортуванні та монтажу. Ізоляція зовнішніх стін практично суцільна без теплових мостів. Міцна конструкція та сучасні облицювальні матеріали забезпечують надійну пожежну безпеку.

Сучасні технології виробництва в поєднанні з хорошими характеристиками міцності роблять CLT панелі затребуваним будівельним матеріалом з такими унікальними властивостями як:

висока міцність по відношенню до власної ваги матеріалу.

невеликі виробничі допуски та гарна розмірна стабільність.

хороша несуча здатність при пожежі.

гарна теплоізоляційна здатність.

низька власна вага, що означає нижчі транспортні та монтажні витрати, а також нижчі витрати на фундамент.

хороша стійкість до хімічно агресивних середовищ.

гнучке виробництво, що дозволяє виготовляти навіть криволінійні поверхні.

Аналіз досліджень і публікацій. Для оптимізації витрат при проектуванні та зведенні будівель та споруд застосовуються CAD-системи, що дозволяють суттєво знизити витрати матеріалів та зменшити вагу будівлі. Розрахунок сучасних конструкцій з деревини в Україні має виконуватись відповідно до ДБН В.2.6–16 1:2017 [8]. Однак при підготовці даних будівельних норм було допущено ряд суттєвих помилок [9], які не дозволяють використовувати цей документ для реалізації відповідних розрахунків такими загальноприйнятими CAD-системами як SCAD та Lira.

Постановка задачі. У зв'язку з викладеним було поставлено завдання моделювання напружено-деформованого стану силового каркасу багатопверхового будинку з глуламу та CLT панелей методом скінчених елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS.

Програмний комплекс ANSYS призначено для вирішення широкого кола інженерних завдань, пов'язаних зі статичними та динамічними впливами на конструкції, термодинамікою, динамікою рідин та газу, та безлічі інших завдань. Для проведення досліджень використовувалася навчальна версія програми ANSYS Student.

Викладення матеріалу та результати. Як об'єкт досліджень було прийнято 5-ти поверховий житловий будинок з комерційними приміщеннями на першому поверсі. В якості огорожувальних конструкцій та конструкцій перекриття прийняті CLT – панелі, а для колон і балок першого поверху прийняті клеєні конструкції (глулам).

Габарити будинку в плані 21,1×18,0 м, висота будинку 17,7 м. Типова схема житлового поверху та його математична модель наведена на рис. 1. Товщина зовнішніх несучих стін прийнята 180 мм виходячи з умов теплоізоляції, товщина внутрішніх перегородок прийнята 100 мм виходячи з умов звукоізоляції. Початкова товщина перекриття прийнята 200 мм і у процесі оптимізації була зменшена до 100 мм. Житлові поверхи спираються на каркас першого поверху, який утворюється колонами з глуламу перетином 300×400 мм і 200×400 мм і балками 8000×200×500 мм. Верхня та нижня об'язка зовнішніх колон виконана CLT панелями завтовшки 180 мм.

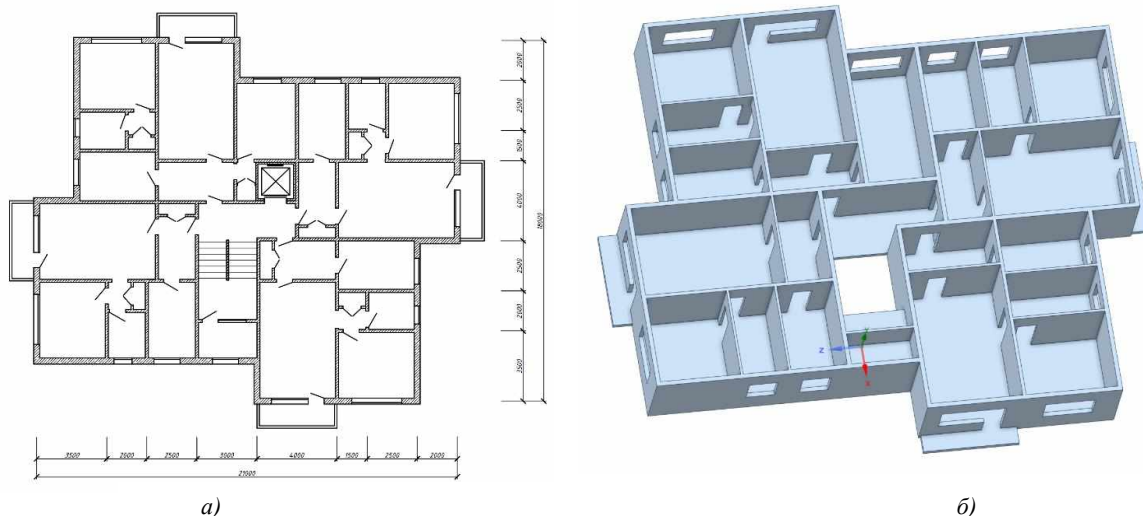


Рис. 1. Типова схема: а - математична модель; б - житлового поверху

При моделюванні враховувалися такі розрахункові навантаження та впливи на будівлю:
 власна вага всіх елементів та конструкцій;
 рівномірно розподілене навантаження на перекриття та покриття $1,5 \times 10^{-3}$ МПа;
 снігове навантаження на покрівлю $1,11 \times 10^{-2}$ МПа;
 вітрове навантаження на стіни 2-5 поверхів $8,4 \times 10^{-4}$ МПа;
 вітрове навантаження першого поверху з урахуванням горизонтальних зусиль від скління на крайні колони $3,7 \times 10^{-3}$ МПа, на середню колону $7,3 \times 10^{-3}$ МПа.

Схему каркасу першого поверху наведено на рис. 2. Схему розподілу навантажень наведено на рис. 3. У програмному комплексі ANSYS змодельована математична модель нелінійно-статичного розрахунку, з урахуванням усіх граничних умов, розрахунок проводився за нормальних умов, з температурою середовища $+20^\circ\text{C}$.

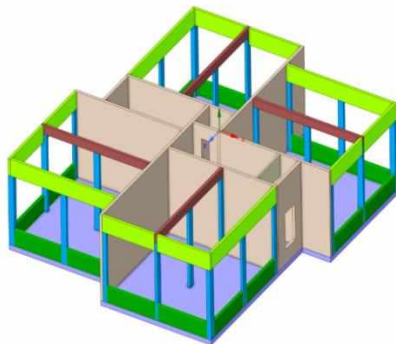


Рис. 2. Схема каркасу першого поверху будівлі

Copy of Static Structural_small mesh
 Static Structural
 Time: 0.13392 s
 Standard Earth Gravity: 9086.6 mm/s²
 Pressure: 1.5e+03 MPa
 Pressure: 3.84e+04 MPa
 Pressure: 4.37e+03 MPa
 Pressure: 2.11e+03 MPa
 Pressure: 5.73e+03 MPa
 Fixed Support

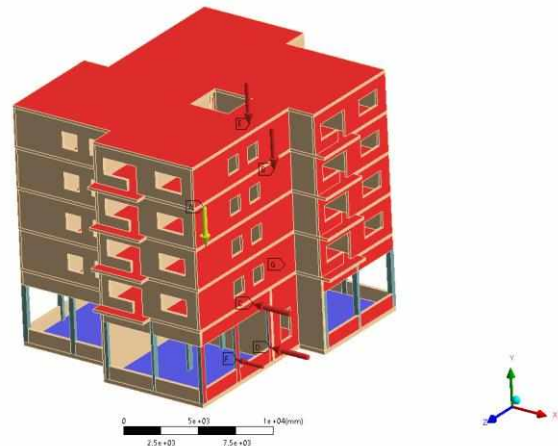


Рис. 3. Математична модель будівлі та схема розподілу навантажень

У математичній моделі всі елементи жорстко з'єднані між собою (contact type – bonded), фундамента плита жорстко закріплена у просторі. Розрахунок проводився з урахуванням ортотропних властивостей деревини. Як матеріал для CLT панелей та глуламу прийнята деревина класу C24. Властивості CLT панелей та глуламу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення щільності, міцності та жорсткості CLT панелей C24 та клеєної деревини GL24h

Параметр	CLT C24		GL24h	
Щільність [кг/м ³]	420		380	
Ортотропна пружність [МПа]				
Модуль пружності, X $E_{0,x,mean}$	11000		11600	
Модуль пружності, Y $E_{0,y,mean}$	11000		390,0	
Модуль пружності, Z $E_{0,z,mean}$	400,0		390,0	
Коеф. Пуасона	0,4		0,4	
Модуль зсуву XY $G_{090,slav,mean}$	690,0		0,4	
Модуль зсуву YZ $G_{090,slav,mean}$	50,0		0,4	
Модуль зсуву XZ $G_{090,slav,mean}$	50,0		720,0	
Ортотропна міцність [МПа]				
	характеристичні	розрахункові	характеристичні	розрахункові
Розтяг X, $f_{t,0,x,k}$	14,5	6,96	16,5	7,92
Розтяг Y, $f_{t,0,y,k}$	14,5	6,96	0,4	0,192
Розтяг Z, $f_{t,90,x,k}$	0,4	0,192	0,4	0,192
Стиск X, $f_{c,0,x,k}$	-21,0	-10,08	-24,0	-11,52
Стиск Y, $f_{c,0,y,k}$	-21,0	-10,08	-2,7	-1,296
Стиск Z, $f_{c,90,z,k}$	-2,50	-1,2	-2,7	-1,296
Зсув XY, $f_{v,090,slav,k}$	4,0	1,92	2,7	1,296
Зсув YZ, $f_{v,090,slav,k}$	1,1	0,528	1,1	0,528
Зсув XZ, $f_{v,9090,slav,k}$	1,1	0,528	1,1	0,528

На першому етапі досліджень перевірялися деформації та напруження у конструкції будівлі. Оскільки досліджувався будинок цілком, у результаті розрахунків було отримано як загальні деформації будівлі загалом (рис. 4), і відносні деформації його конструкційних елементів (рис. 5).

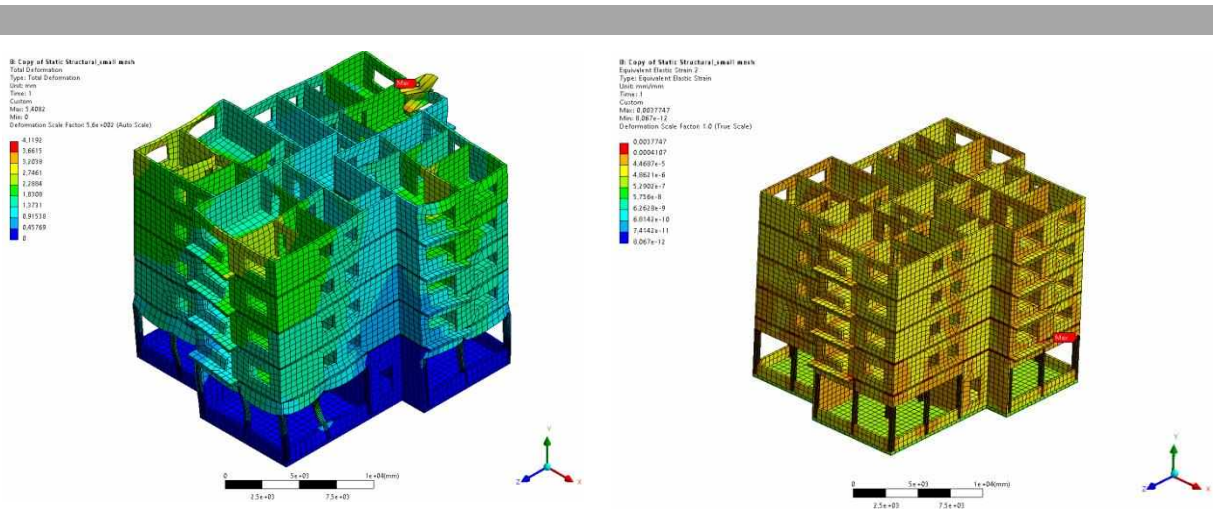


Рис. 4. Загальна деформація елементів будівлі.
На малюнку деформації збільшено у 560 разів.
Покриття умовно не показано

Рис. 5. Відносні деформації елементів будівлі.
Покриття умовно не показано

Аналіз результатів показує, що в цілому деформації будівлі не перевищують допустимих значень. У той же час для забезпечення рівня допустимих деформацій окремі елементи вимагають посилення. До таких елементів відноситься перемички над балконним отвором п'ятого поверху. Вертикальні деформації у цьому місці перевищують 2 мм (рис. 6 а), а горизонтальні 3 мм (рис. 6 б). У процесі подальшого коригування проекту, у цьому місці необхідно передбачити посилення.

Найбільші відносні деформації спостерігаються у колонах першого поверху та у місцях примикання стінових панелей до перекриття. При цьому максимальні значення відносних деформацій не перевищують 37×10^{-3} мм.

Аналіз конструктивних елементів будівлі показує, що найбільші напруження виникають у конструкції покрівлі, колонах першого поверху (рис. 6 а) та у місцях з'єднання міжкімнатних перегородок верхнього поверху з підвітряної сторони будівлі (рис. 6, б). При цьому напруження не перевищують 6,7 МПа, що нижче за розрахункову міцність 6,96 МПа (рис. 7 а, б).

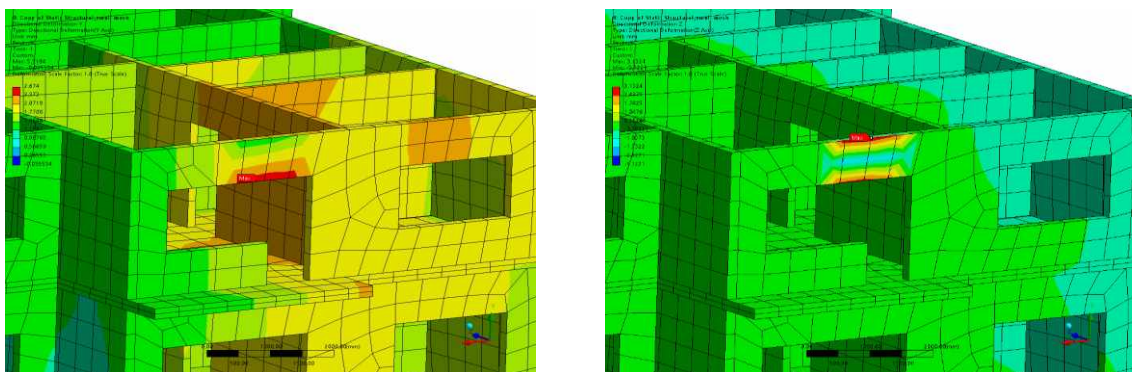


Рис. 6. Деформація в ділянці перемички балконного отвору: а – по вертикалі (Y); б – по горизонталі (Z)

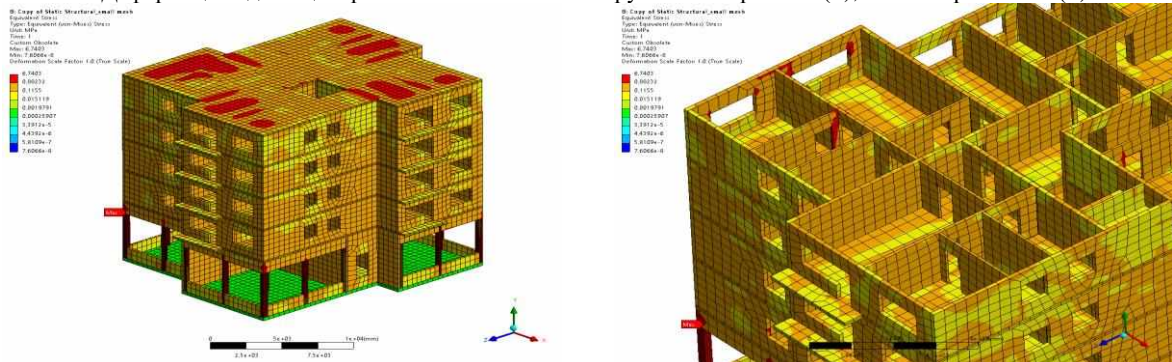


Рис. 7. Еквівалентні напруження (von-Mises) у конструктивних елементах будівлі: а – напруження у покритті та колонах; б – напруження у стиках внутрішніх перегородок верхнього поверху

Зважаючи на те, що максимальні вертикальні навантаження припадають на конструктивні елементи першого поверху, напруження в цих елементах досліджені окремо (рис. 8).

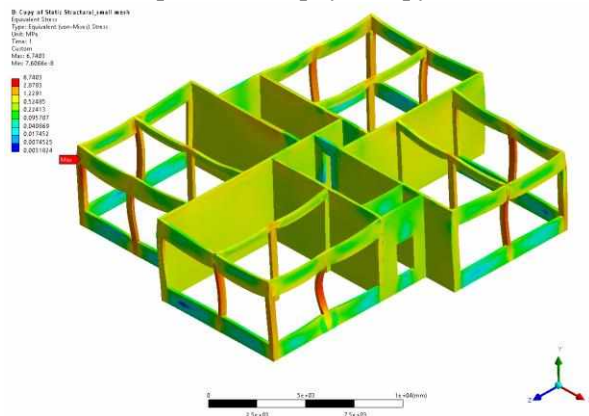


Рис. 8. Еквівалентні напруження у конструктивних елементах першого поверху

Аналіз показує, що найбільші напруження виникають у зовнішніх колонах. Однак їх величина - 6,7 МПа значно нижча за межу міцності GL24h вздовж волокон - 11,52 МПа.

Відомо, що в довгих конструктивних елементах, що працюють на стиск, втрата несучої здатності частіше відбувається не за рахунок міцності, а за рахунок втрати стійкості. У зв'язку з цим було проведено перевірку колон на стійкість. Розрахунок стійкості вівся

з урахуванням отриманих раніше максимальних напружень. Усього було розглянуто 5 форм втрати стійкості. Результати наведено у табл. 2 та рис. 9.

Таблиця 2

Значення запасу по навантаженню до втрати стійкості колон першого поверху будівлі

Форми втрати стійкості	Кратність запасу по навантаженню до втрати стійкості (load multiplier for buckling)
1	18,139
2	20,302
3	21,672
4	22,161
5	22,313

Результати показують, що при прийнятій схемі завантаження найменшу стійкість має середня зовнішня колона правого блоку будівлі (рис. 9). Однак і вона має вісімнадцяти кратний запас стійкості навантаження. Таким чином, моделювання показало, що прийняті розміри конструктивних елементів забезпечують достатню міцність та стійкість каркасу будівлі.

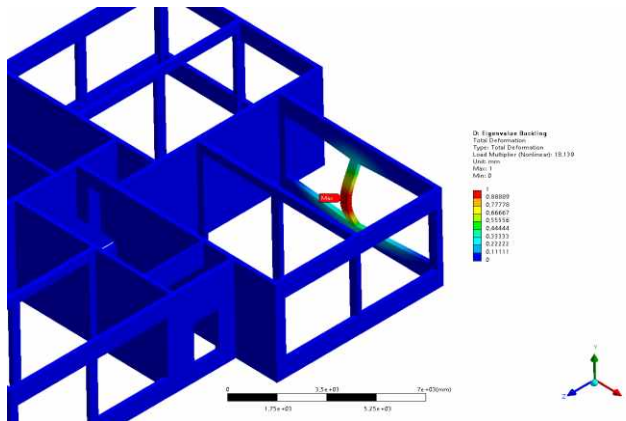


Рис. 9. Деформація колони для першої форми втрати стійкості

З метою оптимізації конструкції будівлі в роботі проведено аналіз деформацій та напружень міжповерхових перекриттів за різних їх товщин. Товщина плит перекриття та балконів змінювалася від 200 до 50 мм, товщина плити сходового майданчика – від 220 до 70 мм. Крок зміни розмірів – 20 мм. Окремі результати моделювання наведено в табл. 3, а їхня візуалізація при товщині плити перекриття 50 мм на рис. 10 і 11.

Таблиця 3

Деформації та напруження в елементах перекриття при різних товщинах CLT плит

Найменування параметрів		Точки проєктування								
		ПТ 1	ПТ 3	ПТ 5	ПТ 7	ПТ 9	ПТ 11	ПТ 13	ПТ 15	ПТ 16
Товщина [mm]	перекриття і балконів [mm]	200	180	160	140	120	100	80	60	50
	сходової площадки [mm]	220	200	180	160	140	120	100	80	70
Вертикальні деформації max [mm]	перекриття	0,63	0,80	1,05	1,44	2,08	3,24	5,71	12,74	20,82
	сходової площадки	1,22	1,54	2,00	2,70	3,84	5,85	9,77	18,64	27,48
	балконів	1,48	1,48	1,51	1,54	1,62	1,73	2,15	4,89	8,24
Еквівалентні напруження max [МПа]	в перекритті	2,06	2,48	3,15	4,11	5,55	7,85	11,82	19,62	26,78
	в сходовій площадці	2,03	2,50	3,15	4,09	5,52	7,83	12,05	20,57	28,42
	в балконах	2,97	3,05	3,07	3,16	3,14	3,39	3,55	6,00	8,72
Нормальні напруження [МПа]	min	-2,60	-2,59	-2,65	-2,69	-3,83	-6,14	-10,66	-20,60	-30,14
	max	3,41	3,51	3,49	3,58	3,50	4,35	6,47	13,51	22,24
Напруження зсуву [МПа]	min	-0,21	-0,23	-0,24	-0,28	-0,42	-0,66	-1,07	-1,60	-1,82
	max	0,55	0,64	0,77	0,94	1,17	1,47	1,86	2,71	3,41

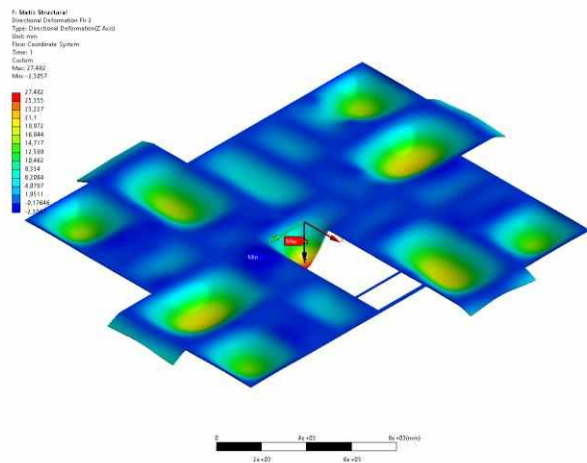


Рис. 10. Деформації перекриття товщиною 70 мм

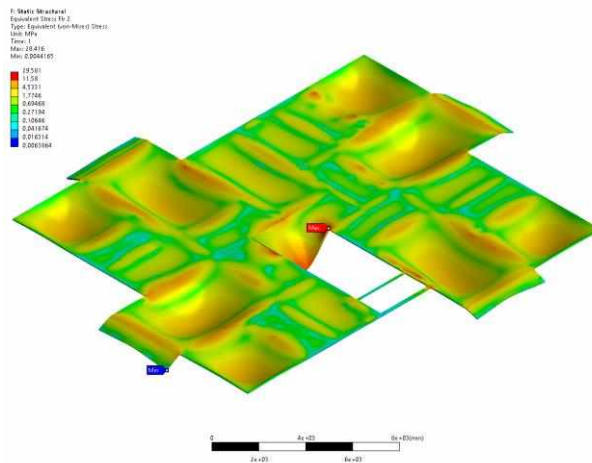


Рис. 11. Напруження в перекритті товщиною 70 мм

Згідно з нормативами максимально допустимий прогин не повинен перевищувати 1/300 розміру конструкції. При чистому прольоті 3840 мм проліт плит перекриття не повинен перевищувати 12,8 мм. Ця умова виконується вже при товщині плити 70 мм, але напруження стиску в CLT плиті при цьому складають 14,6 МПа, при допустимих 10,1 МПа, а напруження розтягу 8,5 МПа, при допустимих 6,96 МПа. Напруження зсуву в площині ХУ становлять 2,2 МПа за допустимих 1,92 МПа, що може призвести до розшарування плити. Таким чином, при товщині плити перекриття 70 мм умови міцності не дотримуються. Найближчою товщиною плити перекриття, при якій всі значення напружень і деформацій знаходяться в допустимих межах є 100 мм, тому для створення перекриття в даній будівлі доцільно застосовувати CLT плити товщиною 100 мм.

Для сходового майданчика оптимальною є товщина 120 мм, а консольних елементів балконів – 100 мм.

Численні дослідження довели, що дерев'яні конструкції відповідають найсуворішим вимогам до проектування з урахуванням сейсмічних впливів [10-12]. Більшість пошкоджень від землетрусів спричинена сейсмічними хвилями, які змушують фундамент будівлі коливатися. Сили, що виникають при землетрусі, пропорційні вазі конструкції. Загальна величина сил, викликаних землетрусом, яким має протистояти будівля, менше для більш легких будівель, а будівлі з деревини значно легші, ніж будинки з інших звичайних будівельних матеріалів. Дерев'яні будівлі, як правило, мають безліч з'єднань, тому у них більше шляхів розподілу навантаження, і менша ймовірність того, що конструкція впаде, якщо деякі з'єднання вийдуть з ладу [13]. Ці численні з'єднання також надають дерев'яним спорудам притаманну їм пластичність.

Для будівель, що експлуатуються в умовах сейсмічних впливів, важливим є знання власних частот і форм коливань конструкції. У зв'язку з цим для розглянутої будівлі було проведено модальний аналіз каркасу. Усього здійснено пошук перших шести мод власних коливань будівлі. Результати аналізу наведено в табл. 4 та на рис. 12.

Результати досліджень показують, що найбільш небезпечними є четверта та п'ята форми коливань із частотами, відповідно 16,9 та 17,2 Гц. У четвертій формі спостерігається максимальна кінетична енергія каркаса і, відповідно, найбільші напруження в конструкції. Для п'ятої форми характерні максимальні відхилення каркаса від нормального стану.

Таблиця 4

Частоти власних коливань, модальні маси, кінетична енергія, ефективні маси, максимальні повні деформації та напруження будівлі

Форма	Частота [Гц]	Модальна маса	Кінетична енергія [Дж]	Ефективна маса			Макс. повні деформації [мм]	Макс. еквівалентні напруження [МПа]
				X	Y	Z		
1	3,6819	113.1	0.3028E+05	0.7143E-01	0.7877E-03	0.1006E-01	0,107	0,106
2	5,6515	180.2	0.1136E+06	238.4	0.7634E-04	27.91	0,070	0,061
3	5,6805	184.4	0.1175E+06	27.50	0.1879E-03	241.1	0,078	0,066
4	16,909	91.52	0.5165E+06	15.27	0.2469E-01	0.7848E-01	0,115	0,313
5	17,21	76.00	0.4443E+06	0.9946E-01	0.3053	12.88	0,120	0,227
6	18,06	67.16	0.4324E+06	0.7252E-01	4.121	1.251	0,106	0,275

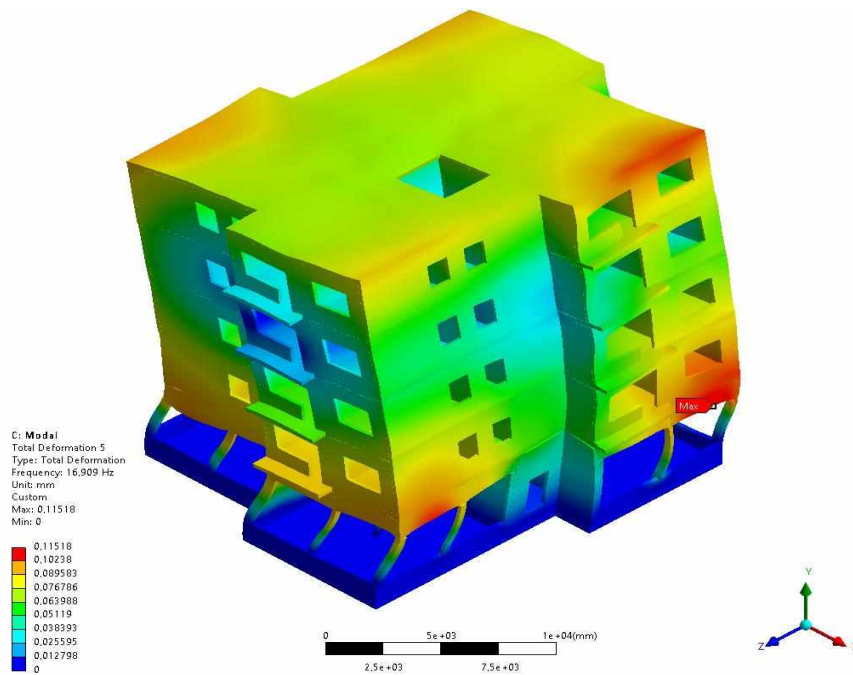


Рис. 12. Характер деформацій будівлі за четвертої форми власних коливань

Модальний аналіз будинку показав, що форма коливань та амплітуда відхилень значною мірою залежить від жорсткості колон першого поверху.

Отримані результати можуть бути використані у подальших розрахунках на сейсмічні дії.

Висновки та напрямок подальших досліджень. В результаті досліджень виявлені особливості роботи Багатоповерхового будинку з CLT панелей. Панелі мають високу міцність та жорсткість і можуть бути використані для будівництва багатоповерхових будинків. Проведено підбір оптимальної товщини міжповерхового перекриття. Виявлено особливості роботи силового каркасу першого поверху який складається з колон та балок з клеєної деревини та центральним ядром з CLT панелей. Найбільші відносні деформації спостерігаються у колонах першого поверху та у місцях примикання стінових панелей до перекриття. Найбільші напруження виникають у конструкції покрівлі, колонах першого поверху та у місцях з'єднання міжкімнатних перегородок верхнього поверху з підвітряної сторони будівлі.

Модальний аналіз будинку показав, що форма коливань та амплітуда відхилень значною мірою залежить від жорсткості колон першого поверху. Оскільки пружний в горизонтальній площині зв'язок між каркасом будинку та фундаментом може надати каркасу першого поверху функцію сейсмоізолюючого опорного елемента, в подальших дослідженнях необхідно проаналізувати вплив жорсткості силової обв'язки першого поверху на сейсмічну стійкість будинку.

Список літератури

1. Chen, L. (2021). Environmental cost of sustainable development and climate change: can SAARC shift some liability with renewable energy and efficiency? *Environmental Science and Pollution Research*, 28(47). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15209-2>
2. Chen, J., Shi, Q., & Zhang, W. (2022). Structural path and sensitivity analysis of the CO₂ emissions in the construction industry. *Environmental Impact Assessment Review*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106679>
3. Miller, S. A., Habert, G., Myers, R. J., & Harvey, J. T. (2021). Achieving net zero greenhouse gas emissions in the cement industry via value chain mitigation strategies. *One Earth*, 4(10). <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.09.011>
4. Imbabi, M. S., Carrigan, C., & McKenna, S. (2012). Trends and developments in green cement and concrete technology. In *International Journal of Sustainable Built Environment* (Vol. 1, Issue 2). <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2013.05.001>
5. Hajihassani, R., Ghahri, S., Zamani, S. M., & Nourbakhsh, A. (2022). Performance of densified wood glulam as building bio-material. *Journal of Renewable Materials*, 10(2). <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017781>
6. Masroor, M., Doudak, G., & Casagrande, D. (2022). Design of Multipanel CLT Shear Walls with Bidirectional Mechanical Anchors Following Capacity-Based Design Principle. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 36(1). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cf.1943-5509.0001693](https://doi.org/10.1061/(asce)cf.1943-5509.0001693)

7. Zhang, X., Pan, Y., & Tannert, T. (2021). The influence of connection stiffness on the dynamic properties and seismic performance of tall cross-laminated timber buildings. *Engineering Structures*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112261>

8. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев'яні конструкції. Основні положення. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 111 с.

9. Sakhno, Serhiy and Yanova, L. and Pishchikova, O. V., Суттєві помилки в ДБН В.2.6-161:2017 «дерев'яні конструкції основні положення» та їх можливі наслідки (Significant Mistakes in DBN V.2.6–161: 2017 'Wooden Constructions Basic Provisions' and Their Possible Consequences) (February 15, 2020). Гірничий вісник ДВНЗ «Криворізький національний університет», 105, p. 127-132, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3538659>

10. Xue, J., Xu, D., & Qi, L. (2019). Experimental seismic response of a column-and-tie wooden structure. *Advances in Structural Engineering*, 22(8). <https://doi.org/10.1177/1369433219828647>

11. Shimizu, H., Wakashima, Y., Shimizu, H., & Kitamori, A. (2020). Seismic retrofit of traditional wooden structures by development of a seismic grid wall with high initial stiffness. *AIJ Journal of Technology and Design*, 26(63). <https://doi.org/10.3130/aijt.26.537>

12. Alih, S. C., & Vafaei, M. (2019). Performance of reinforced concrete buildings and wooden structures during the 2015 Mw 6.0 Sabah earthquake in Malaysia. *Engineering Failure Analysis*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.04.056>

13. Gustafsson Anders, Crocetti Roberto, Just Alar, Landel Pierre, Olsson Jörgen, Pousette Anna, Silfverhielm Magnus, & Östman Birgit. (2019). *The CLT Handbook* (E. Borgström & J. Fröbel, Eds.). Skogsindustrierna Svenskt Trä.

УДК 624.153.524

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук, проф., Д.А. КРИШКО, канд. техн. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. техн. наук, молод. наук. співроб., А.В. БОЛОТНИКОВ, магістрант
Криворізький національний університет

ОСОБЛИВОСТІ РІШЕНЬ ФУНДАМЕНТІВ З ВИРІВНЮВАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ, ЯКІ ЗВОДЯТЬСЯ НА ОСНОВАХ, ЩО НЕРІВНОМІРНО ДЕФОРМУЮТЬСЯ

Мета. У зв'язку з підвищенням дефіциту вільних земельних ділянок під забудову, в умовах зростання обсягів капітального будівництва, виникає необхідність використання територій зі складними інженерно-геологічними умовами. Неоднорідність деформаційно-міцнісних властивостей ґрунтових основ призводить до перенапруження в розрахункових перерізах конструкцій фундаментів та нерівномірності їх осідань, відповідно зменшуючи міцність та довговічність окремих частин та будівлі в цілому. При проектуванні будівель та споруд у таких інженерно-геологічних умовах передбачаються спеціальні заходи, що забезпечують необхідні експлуатаційні якості та довговічність об'єктів. Метою досліджень є аналіз існуючих та пошук нових конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються.

Методи дослідження. В даний час можна виділити низку загальних принципів розвитку, вдосконалення та оптимізації фундаментних конструкцій: зниження маси фундаментів та витрати матеріалів на одиницю несучої здатності; зниження трудомісткості їх улаштування; створення конструкцій, що дозволяють залучити до роботи максимальний обсяг ґрунту та отримати більш рівномірний напружено-деформований стан масиву ґрунту в основі фундаментів та знизити концентрацію напружень на кордоні «фундамент – основа»; розробка та уточнення розрахункових схем ґрунтових основ.

При виконанні досліджень були застосовані методи аналізу, синтезу та порівняння сучасних технічних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями.

Наукова новизна. Актуальність даної роботи пов'язана із розв'язанням поставленої задачі. Її результатом є вибір найбільш оптимального технічного рішення фундаменту, який має вирівнювальні властивості на основах, що нерівномірно деформуються.

Практична значимість. Розроблення або вдосконалення нового конструктивного рішення фундаментів із вирівнювальними властивостями і подальше його застосування у промисловому та цивільному будівництві в умовах нерівномірних осідань, що викликані деформаціями основи у складних інженерно-геологічних умовах і зазвичай значно перевищують відповідні величини, що мають місце у звичайних інженерно-геологічних умовах.

Результати. Проведені аналітичні дослідження дозволили виявити слабкі сторони існуючих технічних рішень фундаментів із вирівнювальними властивостями, що дозволить в подальшому розробити нові або вдосконалити існуючі конструктивні рішення.

Ключові слова: фундаменти з вирівнювальними властивостями, аналітичні методи, конструктивні рішення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Перехід будівельної промисловості на зведення багатоповерхових будівель, пов'язаної з обмеженістю вільних площ забудови, обумовлює часто необхідність використання територій з малосприятливим для будівництва інженерно-геологічними умовами. Неоднорідність деформаційно-міцнісних властивостей ґрунтових основ призводить до перенапруження в розрахункових перерізах конструкцій фундаментів та нерівномірності їх осідань, відповідно зменшуючи міцність та довговічність окремих частин та будівлі в цілому. Це зумовлює необхідність пошуку нових конструктивних рішень та методик розрахунків у галузі фундаментобудування [1-4].

Особлива увага приділяється проектуванню даних споруд в складних інженерно-геологічних умовах. Існуючі конструктивні рішення фундаментів з вирівнювальними властивостями не пристосовані до застосування на таких територіях. В Україні просідні ґрунти займають понад 70% всієї території, а крім того є регіони будівництва, в яких ведеться видобуток корисних копалин – Прикарпатські калійні родовища, Львівсько-Волинський вугільний басейн, Кривбас. Інтенсивний розвиток гірничодобувної та інших, пов'язаних з нею галузей промисловості історично йшов при інтенсивному зростанні міст і міських селищ з розростанням їх загальної площі та залишенням у межах запобіжних ціликів, з залишенням пустирів та використанням, насамперед, територій з легкими та середніми умовами впливів підроблюваної основи. Покинуті ж у межах незабудовані ділянки, зазвичай, є підроблювальні території I і II групи, зони з тектонічними порушеннями гірничого масиву, майданчики зі старими гірськими виробками, тощо. Підроблюваними територіями зі складною інженерно- та гірничо-геологічною будовою, які у будівельному відношенні, відповідно до діючих інструктивно-нормативних документів, вважаються вкрай несприятливими.

Аналіз досліджень і публікацій. Складні інженерно-геологічні умови – це геологічне середовище, яке включає специфічні ґрунти, небезпечні природні або техногенні процеси, геоморфологічні умови, геологічні та гідрогеологічні чинники взаємодії з будівлями і спорудами, відносяться до II і III категорії складності інженерно-геологічних умов. Нерівномірна деформація основи може бути викликана або його неоднорідністю, пов'язаною з геологічною будовою, або іншими зовнішніми причинами, наприклад, гірськими виробками, замочуванням ґрунту тощо.

Багато вчених присвятили свої роботи дослідженню фундаментів із вирівнювальними властивостями з урахуванням їх спільної роботи із ґрунтовим масивом. Теоретичній розробці та експериментальному обґрунтуванню нелінійних моделей ґрунтового середовища, що дозволяють описувати процес її деформування на всіх етапах навантаження, присвячені роботи І.П. Бойко, Є.Ф. Винокурова, Ю.Л. Винникова, А.Л. Гольдіна, А.Є. Дельніка, Б.І. Дідуха, Ю.К. Зарецького, М.Л. Зоценко, В.А. Ільчева, С.М. Клепікова, Н.В. Корнієнко, О.Л. Крижановського, І.Я. Лучковського, В.А. Микулича, Ю.М. Мурзенко, В.М. Ніколаєвського, О.О. Петракова, В.Д. Петренко, А.М. Рижова, В.Л. Се-діна, Ю.А. Соболевського, Ю.М. Соловійова, В.І. Соломіна, Є.А. Сорочана, О.С. Строганова, В.Г. Таранова, З.Г. Тер-Мартиросяна, Р.О. Тімченка, С.Б. Ухова, В.Г. Федоровського, Д.М. Шапіро, В.Г. Шаповала, В.Б. Швеца, В.Н. Широкова, А.В. Школи та ін. [1-13].

Аналіз конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями проведений на основі останніх досягнень в галузі будівельної механіки, теорії розрахунку залізобетонних конструкцій, механіки ґрунтів, теорії пружності, обчислювальної математики. Розроблені технічні рішення фундаментів, що мають конструктивні особливості, з урахуванням їх спільної роботи з ґрунтом на територіях зі складними інженерно-геологічними умовами є основою для подальших практичних досліджень.

Постановка завдання. Актуальність досліджуваних питань виникла внаслідок спорудження будівель та споруд у складних інженерно-геологічних умовах. На таких ділянках типові будівельні конструкції будівель, призначені для звичайних умов будівництва, можуть отримати надмірні навантаження, деформуватися і часом зруйнуватися, а самі будівлі в цілому можуть деформуватися в таких межах, що нормальний режим їх експлуатації буде неможливий.

Таким чином, завдання захисту будівель розбивається на дві частини: забезпечення міцності та надійності експлуатації конструкцій та збереження проектного стану частин будівлі з ура-

хуванням допусків на можливі переміщення за санітарними нормами. Перша частина завдання може бути вирішена наступним чином: розрахунково-теоретичним методом шляхом вивчення дійсного напружено-деформованого стану несучих елементів будівлі та відповідного їх конструювання. Друга частина завдання після вичерпання меж можливого деформування будівель може бути вирішена в умовах експлуатації на нерівномірно-деформованих основах лише одним засобом – виправленням їх становища до прийнятного рівня.

В даному напрямку є певні результати, що стосуються технічних рішень пристроїв, що вирівнюють, і способів їх реалізації на рівні винаходів. Однак, як правило, все нові розробки та ідеї потребують додаткових досліджень як з технічних, так і з технологічних міркувань. Деякі пропозиції слабо спрямовані на практичне використання, чим у основному і гальмується їх застосування проектними організаціями та втілення у натурі будівельними підприємствами.

Метою досліджень є аналіз існуючих та пошук нових конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються.

Викладення матеріалу та результати. Відомі фундаменти, що мають підшву суцільної залізобетонної плити безопорні ділянки, розміщені в зоні дії розрахункового мінімального відпору, причому безопорні ділянки можуть бути заповнені низькомодульними матеріалами [14, 15] (рис. 1а). У звичайних умовах будівництва за стабільних за характерними точками розрахункових епюр відпору ці фундаменти забезпечують економію арматури та бетону в конструктивному аспекті при фактичному обліку слабо навантажених зон. Однак при нерівномірних вимушених вертикальних деформаціях основи, коли слабонавантажені зони змінюють своє положення, в несучих конструкціях (в т.ч. у суцільній залізобетонній плиті), переважно в найнапруженіших місцях, виникають у всіх випадках додаткові зусилля. Останні обумовлені зростанням контактної епюри тиску за рахунок ступінчастого включення в роботу ділянок і наявності великих згрупованих у плані площ опорних зон і безопорних ділянок, однозначно прив'язаних щодо опорних несучих конструкцій, причому безопорні ділянки можуть включатися в роботу і в місцях з максимальними значеннями тисків контакту. При цьому за рахунок великих згрупованих у плані площ відірних зон та безопорних ділянок просторова робота основ використовується недостатньо ефективно.

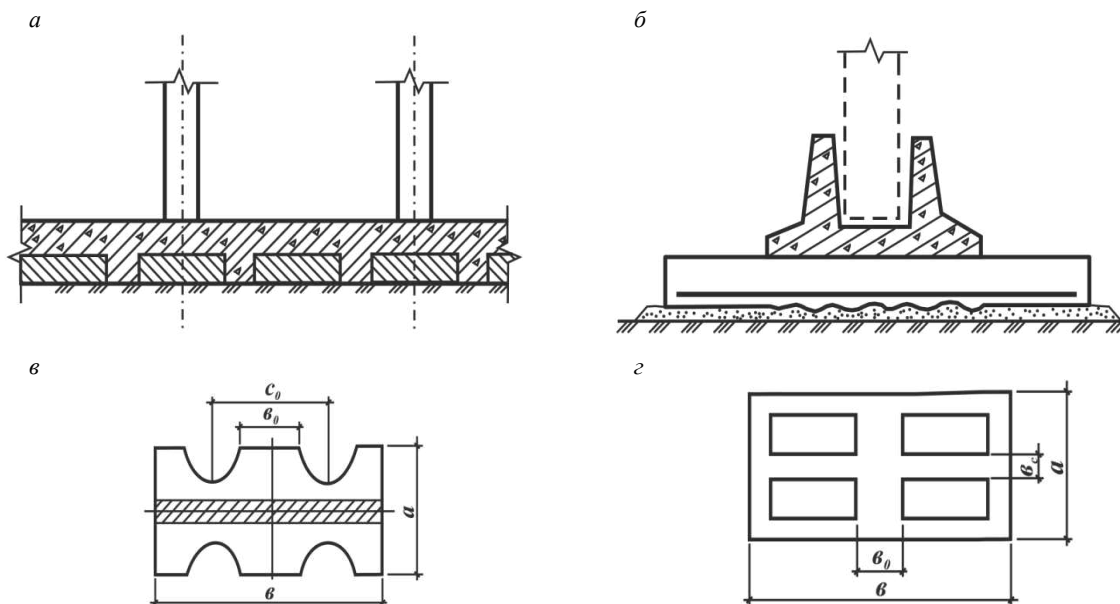


Рис. 1. Деякі конструктивні рішення фундаментів, що мають елементами саморегулювання: *a* – фундамент із заповненням безопорних ділянок низько модульним матеріалом; *б* – фундамент із рифленою поверхнею в центральній частині; *в* – фундамент з вирізами на опорних консолях; *г* – решітчастий фундамент

При вимушених горизонтальних деформаціях основ не реалізується зниження навантажень від ґрунту, що зміщується, по фронтальним і бічним поверхням фундаменту.

Відомі інші фундаменти [16], що мають під підколонниками опорні залізобетонні блоки, в центральній частині підшви яких влаштовані рифлені поверхні (рис. 1б) з виступами, повністю впровадженими в піщану підготовку під дією власної ваги опорних блоків і вібропривантаження.

Ці фундаменти в цілому після завантаження мають параболічну епюру відпору при значних вертикальних навантаженнях і невеликих згинальних моментах, що характерно для каркасних будівель, і забезпечують повніше використання несучої здатності основ у центральній частині опорних блоків зі значною глибиною ущільненого ґрунтового ядра. При значних згинальних моментах і невеликих вертикальних навантаженнях, що характерно для каркасних одноповерхових будівель, ефективність фундаментів знижується через неможливість передачі під консольними ділянками опорних блоків високих тисків на ґрунт основ через пухкі піщані підготовки. Ще більше посилюється становище при нерівномірних вимушених вертикальних деформаціях основи, коли від додаткових моментних навантажень відбувається зсув від центру фундаменту параболічної епюри відпору та обумовлене цим перевантаження робочої арматури та бетону опорних блоків. При вимушених горизонтальних деформаціях основ дані фундаменти не забезпечують можливість зниження навантажень від ґрунту, що зміщується, по підшві опорних блоків і підколонників, розташованих як щодо, так і фронтально щодо напрямку вектора переміщення ґрунту.

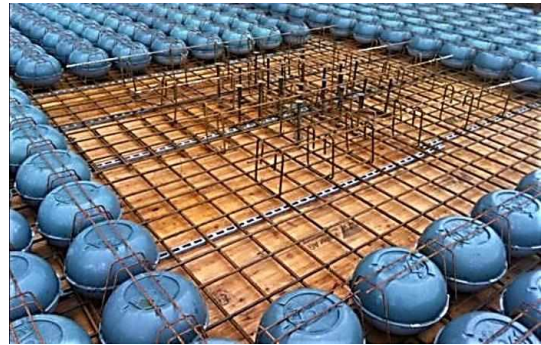
В інших типах фундаментів [17], забезпечених на опорних консолях вирізами (рис. 1в), наприклад криволінійними, досягається повніше і раціональне використання несучої здатності ґрунтів основ, проте в умовах прояву вимушених нерівномірних вертикальних деформацій самих основ, зокрема на підроблюваних територіях, фундаменти мають недоліки. В цьому випадку жорсткість опорних консолей по довжині блоку використовується неефективно, що при параболічній епюрі відпору викликає перенапругу окремих ділянок, що виступають. Максимальні напруги під підшвою блокових фундаментів через можливий розвиток в умовах перевантажень надмірних осад слід обмежувати, що зменшує повноту використання несучої здатності ґрунтів основ. При вимушених горизонтальних деформаціях основ, які завжди на територіях, що підробляються, супроводжують вертикальним деформаціям, навантаження від зміщувального ґрунту по дотичних і фронтальних бокових поверхнях не можуть бути знижені.

Іншими решітчастими фундаментами (рис. 1з), що мають в опорній плиті порожнини, що відкриваються по підшві фундаментів [18], ефективно використовується просторова робота основи за рахунок „арочного” ефекту у двох напрямках за структурою опорної решітки підшви фундаментів. При цьому розрахункові навантаження на основу обмежуються за будівельними нормами за величиною розрахункового тиску, збільшеного на 30%. Подальше збільшення гравітаційних навантажень пов'язане з розвитком таких осадів, які важко запобігти при постійній площі опорних решіток підшви фундаментів. Таким чином, проектування решітчастих фундаментів з підвищеним навантаженням основи відрізняється зниженою надійністю, особливо в умовах прояву нерівномірних деформацій основи, коли відбувається перерозподіл епюри відпору з утворенням додаткових напружених зон. Причому опорну решітку фундаментів слід розрахувати на додаткові зусилля з підвищених епюр відпору, чим і обумовлюється додаткова матеріаломісткість фундаментів.

При цьому зниження навантажень на опорні елементи фундаментів від вимушених вертикальних переміщень ґрунту можливе лише в певних межах і залежить від постійної розрахункової горизонтальної опорної площі решіток, так як після утворення під її підшвою зон підвищеного відпору мимовільна стабілізація всієї контактної епюри за рахунок наявних порожнин і переміщення в ці порожнини ґрунту відбувається тільки після повного нормування під ребрами опорної решітки граничних ядер жорсткості, утворення кутів різання, областей граничних тисків і кривих поверхонь ковзання, що мають конструктивним особливостям решітчастих фундаментів значні розміри за глибиною основ. Ці фундаменти також не пристосовані до зниження навантажень від контактуючого ґрунту в умовах розвитку вимушених горизонтальних переміщень ґрунтового масиву.

З метою підвищення надійності та зниження матеріаломісткості використовують фундамент із вирівнювальними властивостями – фундамент із системою закритих порожнин, що формуються пустотоутворювачами – модулями з пустотілих конструкцій «Eco-Line» або «Slim-Line», що виготовляються з вторинного поліпропілену і відповідно плитних фундаментів з формуванням такої ж системи (рис. 2) [19, 20].

Рис. 2. Загальний вигляд плитного фундаменту після формування системи закритих порожнин



Конструювання плитних фундаментів та розрахунок розподілу площі арматури в верхній і нижній зонах плити, а також поперечної арматури вздовж осей x і y дозволить визначити можливі зони розміщення системи закритих порожнин, як для міцних, так і у разі слабких ґрунтових основ.

Аналіз зон можливого розміщення систем закритих порожнин, з точки зору забезпечення їх міцності та несучої здатності плитного фундаменту, дозволяє відзначити наступне:

для 10-ти поверхових будівель площа системи закритих порожнин може становити для слабких основ до 32%, а міцних – до 43% загальної площі плити;

для 22 поверхових будівель відповідно 10,2 і 11,9%, а 32-х поверхових – 1,7 і 2,1%.

Проведений огляд з технічних рішень фундаментних конструкцій будівель та споруд виявив ряд істотних недоліків, пов'язаних із ускладненням конструкцій та малою ймовірністю нормального функціонування у складних інженерно-геологічних умовах.

При проектуванні застосовують будівельні та конструктивні заходи, що знижують або величини деформаційних впливів з боку основи, або їх вплив на споруду. Досвід будівництва показав, що не вдається повністю запобігти цим несприятливим впливам на споруди з боку основи. Тому їх вплив на конструкції враховується ще на стадії їх проектування.

Запропоновано конструкції – плитні фундаменти-саморегулятори (рис. 3, 4) [21-24], для будівель та споруд, що враховують недоліки попередніх розробок. Особливістю цих конструкцій є структурна поверхня, виконана у формі пірамідальних порожнин 4 і опорних ділянок 5 по підшві фундаменту 1. Друге конструктивне рішення має шов ковзання 3 і навантаження від верхньої плити 1 передається на опорні елементи 4 з такою ж структурною поверхнею.

Для складних ґрунтових умов важливо заздалегідь знати величини очікуваних можливих деформаційних впливів і, відповідно, абсолютну та відносну опади висотних споруд.

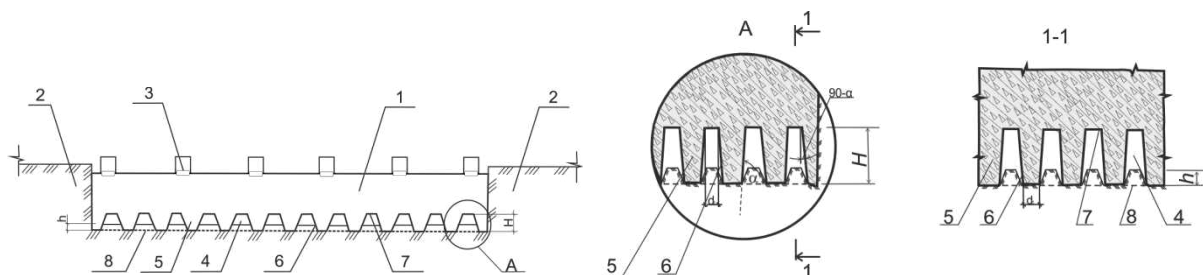


Рис.3. Конструкція плитного фундаменту-саморегулятора для будівель та споруд: 1 – фундамент; 2 – ґрунт; 3 – опора; 4 – пірамідальна порожнина; 5 – опорні призматичні ділянки; 6 – бічна грань; 7 – верхня основа призми; 8 – лист пружного піддатливого матеріалу

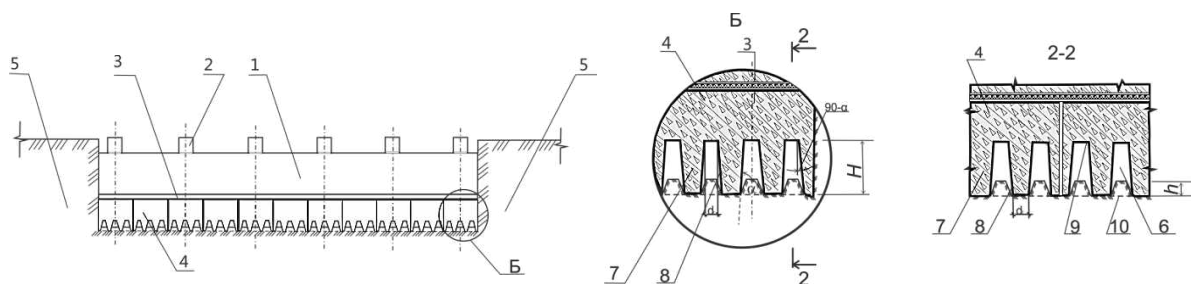


Рис.4. Конструкція плитного фундаменту-саморегулятора для будівель та споруд: 1 – гнучка плита; 2 – опора; 3 – шов ковзання; 4 – опорні елементи; 5 – ґрунт; 6 – пірамідальна порожнина; 7 – опорні призматичні ділянки; 8 – бічна грань; 9 – верхня основа призми; 10 – лист пружного піддатливого матеріалу

Висновки та напрямок подальших досліджень. З наведеного аналізу технічних рішень вирівнюючих пристроїв будівель та споруд випливає, що розвиток питань вирівнювання як

будівельних заходів захисту різних будівель та споруд не тільки у складних гірничо-геологічних умовах підроблювальних територій, а й в інших великих регіонах України, що характеризуються виявом нерівномірних деформацій основ є технічно можливими, необхідними, раціональними і, в окремих випадках, єдино відповідним засобом. Вирівнювання будівельних об'єктів при такому підході визначає принципово новий напрямок у розвитку фундаментобудування та будівельної техніки.

Відомі конструктивні рішення не орієнтовані на сприйняття нерівномірних деформацій основи, а способи виправлення нахилу споруди пов'язані з управлінням процесу людиною, що веде до значних витрат на виконання робіт.

Аналіз переваг та недоліків цілеспрямованої групи конструкцій показує необхідність здійснювати розробку фундаментних плит із саморегулюючими функціями та елементів, що з'єднуються з ними.

Список літератури

1. **Клепиков С. Н.** Проектирование и строительство зданий и сооружений на просадочных грунтах и подрабатываемых территориях – К.: Будівельник, 1976. – 16 с.
2. **Романов О. М., Клепиков С. Н., Машкин А. В.** Определение контактных давлений при ступенчатом оседании основания экспериментально-теоретическим путем // Пути повышения эффективности капитального строительства области за счет внедрения достижений науки и техники. – 1987. – С. 94-95.
3. **Крутов Б. И., Булгаков Б. И.** Влияние степени повышения влажности на относительную просадочность и уплотнение лессовых грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1980. – № 1. – С. 19-21.
4. **Клепиков С.Н.** Особенности строительства в сложных грунтовых условиях // Эффективные методы проектирования оснований фундаментов в сложных грунтовых условиях – 1977. – С. 4-5.
5. **Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.** Часть I: Исходные данные для проектирования зданий и сооружений на подрабатываемых территориях // Донецкий ПромстройНИИпроект, НИИСК. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
6. **Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях.** Часть II: Промышленные и гражданские здания // Донецкий ПромстройНИИпроект, НИИСК. – М.: Стройиздат, 1986. – 304 с.
7. **Тимченко Р. А.** Исследование работы плит-саморегуляторов на неравномерно-деформируемом основании // Механика грунтов и фундаментостроение: Материалы 3 Украинской научно-технической конференции (17-19 сентября 1997 г.). – Одесса: ОГАСА, 1997. – Т. 1 – С. 180-182.
8. **Тимченко Р. А.** Конструкции фундаментов-саморегуляторов // Деп. в ГНТБ Украины (12.08.96). – Кривой Рог, КГРИ. – 1996. – № 1627-Ук 96. – 60 с.
9. **Тимченко Р. А., Турабелидзе Г. Л.** Моделирование работы фундаментов с различной формой контактной поверхности // Деп. в ВНИИС – Кривой Рог, КГРИ. – 1989. – Вып. 11. – № 10152 – 7 с.
10. **Тимченко Р. А., Кришко Д. А.** Работа плитных фундаментов-саморегуляторов (ПФС) на неравномерно-деформируемом основании // Современные проблемы строительства. – Донецк, 2010. – № 8 – С. 34-38.
11. **Тимченко Р. А.** Расчет фундаментов-саморегуляторов при сложном нагружении // Деп. в ГНТБ Украины (12.08.96). – Кривой Рог, КГРИ. – 1996. – № 1626-Ук 96. – 38 с.
12. **Тимченко Р. А.** Вопросы геотехнических исследований для плитных фундаментов высотных зданий и сооружений // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2006. – № 4. – С. 53-58.
13. **Тимченко Р. А.** Применение программ МКЭ для моделирования работы системы „основание – инженерное сооружение“ в условиях неравномерных деформаций основания // Вісник Криворізького технічного університету. – 2008. – Вып. 21. – С. 113-116.
14. **Абелев М. Ю., Ильичев В. А.** Строительство зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях. – М.: Стройиздат, 1986. – 104 с.
15. А.С. 779510 (СССР) М. Клз. Е 02d 27/02. Фундамент /**Г. Б. Афанасьев, С. Н. Клепиков, Б. М. Гаврилюк, Е. В. Напрасников** (СССР). №2703254/29-33; Заявлено 27.12.78; Опубл.15.11.80, Бюл. 42 // Открытия. Изобретения. – № 42. – 6 с.
16. А.С. 806815 (СССР). М. Клз. Е 02d 27/01. Способ возведения фундамента зданий и сооружений /**Г. В. Афанасьев, В. В. Напрасников, Б. М. Гаврилюк** (СССР). – № 2516188/29-33; Заявлено 09.08.77; Опубл. 23.02.81, Бюл. 7 // Открытия. Изобретения. – № 7. – 6 с.
17. А.С. 1008356 (СССР). М.Клз. Е 02d 27/01. Фундамент /**В. И. Волосяный** (СССР). – № 3362043/29-33; Заявлено 05.12.81; Опубл. 30.03.83, Бюл. 12 // Открытия. Изобретения. – № 12. – 6 с.
18. А.С. 1036845 (СССР). М. Клз. Е 02d 27/01. Фундамент здания, сооружения /**Е. А. Сорочан, Р. И. Фурунжиев, В. П. Ермашов, А. Б. Евтихийев, В. М. Ус, И. С. Марчик** (СССР). – № 3281902/29; Заявлено 22.04.81; Опубл.23.07.83, Бюл. 31 // Открытия. Изобретения. – № 31. – 6 с.
19. **Фидаров М. И.** Проектирование и возведение прерывистых фундаментов. – М.: Стройиздат. – 1986. – 157 с.
20. А.С. 998661 (СССР) М. Клз. Е 02d 27/00. Фундамент зданий, возводимых на неравномерно-деформированных основаниях /**Ф. И. Мавроди** (СССР). - №3284450/29-33; Заявлено 22.04.81; Опубл. 23.02.83, Бюл. 7. // Открытие. Изобретение. - №1. – 6 с.
21. Пат. 34889 А Україна, МПК6 Е 02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / **Р. О. Тімченко, Д. А. Кришко**; заявник та патентовласник КТУ – № 99074070; заявл. 15.07.1999; опубл. 15.03.2001. Бюл. № 2. – 6 с.

22. Пат. 8671 Україна, МПК7 E02D27/00. Фундамент будівлі, споруди / Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко; заявник та патентовласник КТУ. - № u 2005 01037; заявл. 04.02.2005; опубл. 15.08.2005. Бюл. № 8. – 6 с
23. Пат. 13796 Україна, МПК6 E02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / Ю. Г. Вілкул, Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко; заявник та патентовласник КТУ. - № u 200510216; заявл. 31.10.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл. №4. – 6 с
24. Пат. 13797 Україна, МПК6 E 02D 27/00. Фундамент будівлі, споруди / Ю. Г. Вілкул, Р. О. Тімченко, Д. А. Крішко; заявник та патентовласник КТУ. - № u 200510218; заявл. 31.10.2005; опубл. 17.04.2006. Бюл. № 4. – 6 с

УДК 621.867.522.2

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф., А.С. ГРОМАДСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,
О.Ю. КРИВЕНКО, канд. техн. наук, доц., Ю.І. ЧУМАК, ст. викладач
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛЕГКОГО ВІБРОТРАНСПОРТНОГО МОДУЛЮ УНІВЕРСАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Мета. Метою роботи є обґрунтування конструктивного рішення та раціональних параметрів уніфікованого вібротранспортного модулю легкого типу для використання в якості засобів вібраційного випуску та транспортування сипких матеріалів. Потреба у такому обладнанні відчувається у багатьох технологічних процесах гірничого виробництва, пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин, у тому числі рудних. Використання універсального модульного пристрою для механізації різних транспортних операцій дасть змогу підвищити рівень уніфікації гірничого устаткування та скоротити номенклатуру об'єктів виробництва гірничого машинобудування. З огляду на це важливість та актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. За допомогою аналітичного методу дослідження джерел науково-технічної інформації обґрунтовано та сформульовано вимоги до подібного обладнання. Розглянуто умови роботи засобів механізації для вібраційного випуску сипких матеріалів з різного роду ємностей та вібраційного транспортуванні їх на малі і середні відстані. Шляхом використання методу динамічного аналізу з'ясовано особливості робочих навантажень, що діють на машини у кожному конкретному випадку, та визначено межі раціональних параметрів режимів вібрації. За допомогою експериментальних досліджень підтверджено працездатність запропонованого технічного рішення. Зроблено висновок про можливість поєднання в одній конструкції пристроїв для виконання різних технологічних операцій.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання єдиного уніфікованого вібротранспортного модуля легкого типу для механізації технологічних операцій випуску і доставки масових вантажів, у тому числі гірничої маси та продуктів її переробки.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить розширити технологічні можливості вібротранспортного обладнання за рахунок поєднання різних функцій в одному пристрої, причому за умови високоефективного їх виконання.

Результати. Обґрунтовано та експериментально підтверджено раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри уніфікованого вібротранспортного модуля універсального призначення.

Ключові слова: випуск сипких матеріалів з ємностей, вібраційне транспортування гірничої маси, вібротранспортна установка.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-89-94

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним з найбільш трудомістких технологічних процесів у гірничій промисловості є транспортування гірничої маси та продуктів її переробки. Здійснення операцій видобутку та збагачення твердих корисних копалин, у тому числі рудних, немислиме без використання різноманітного транспортного обладнання, яке пов'язує видобувні та збагачувальні машини у єдині технологічні ланцюги [1].

Транспортна система гірничого підприємства представляє собою складний механізм, від чіткого функціонування якого залежить рівень техніко-економічних показників роботи окремих дільниць та усього виробництва у цілому. Вона повинна забезпечити великі вантажопотоки, високий ступінь надійності, максимальну механізацію та автоматизацію основних та допоміжних транспортних операцій, зниження трудомісткості і зростання безпеки праці робочого та технічного персоналу. Подальший розвиток гірничого транспорту лежить на шляху підвищення продуктивності за рахунок зростання показників усіх його ланок, а також переходу від окремих високопродуктивних транспортних засобів до збалансованих за продуктивністю транспортних

систем, які можуть забезпечити потокову технологію транспортування корисних копалин та продуктів їх переробки [2, 3].

Для реалізації потокової технології у гірництві необхідно в ідеалі отримати безперервний процес переміщення потоку гірничої маси від забоїв до відправки готової продукції або сировини для подальшої переробки (наприклад, для металургійного переділу руд). Це можна зробити лише за допомогою транспортних систем безупинної дії.

Останні десятиліття характеризуються бурхливим розвитком вібраційної техніки та конвеєрного транспорту. Зусиллями дослідників і проєктантів, у тому числі вітчизняних, створено багато високоефективних конструкцій вібротранспортних машин і конвеєрів різних типів, що знаходять широке використання на гірничодобувних та гірничозбагачувальних підприємствах України і світу. Зокрема, саме на вітчизняних теренах у середині минулого століття починалося впровадження вібраційної техніки, без якої сьогодні немислимо здійснення таких важливих технологічних операцій, як випуск масових вантажів з різного роду ємностей та транспортування їх на короткі і середні відстані [4, 5].

Такі операції дуже розповсюджені практично на усіх гірничих виробництвах. На підземних рудниках потрібно здійснювати керований випуск гірничої маси з блоків і панелей, рудозвальних акумуляційних висхідних виробок, а також з різного роду бункерів. Випущена руда має бути доставлена і завантажена на ті чи інші транспортні засоби. На збагачувальних підприємствах потребують якісного розвантаження накопичувальні бункери, які відіграють важливу роль тимчасового резервування систем технологічного обладнання з послідовним з'єднанням елементів [6].

Проте, умови експлуатації вібраційних машин для випуску і доставки гірничої маси суттєво відрізняються. Якщо перші працюють під завалом стовпа руди в ємності і сприймають значні статичні і динамічні навантаження від нього, то другі зазвичай транспортують обмежені за висотою шари матеріалу. Це обумовлює різні вимоги до конструктивного виконання вібраційних установок. Віброживильники, як правило, більш масивніші і міцніші за віброконвеєри. Особливо це стосується обладнання важкого типу.

Однак, для більш-менш легких умов роботи (випуск матеріалу з ємностей обмежених обсягів, доставки матеріалів з порівняно невеликою продуктивністю на малі або середні відстані) ці вимоги взаємно наближуються і стає можливим використання універсальних конструкцій для реалізації згаданих транспортних операцій.

Таким чином, можна вважати, що проблема створення нових високоефективних конструкцій вібротранспортних машин універсального типу для використання в якості засобів механізації операцій випуску і доставки масових вантажів є достатньо важливою та актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Для випуску гірничої маси з блоків, рудозвальних виробок та бункерів існує значна кількість конструкцій віброживильників високого технічного рівня, що забезпечують керованість процесу, значне (у декілька разів) зниження числа зависань матеріалу у випускних отворах та суттєве підвищення безпеки праці гірників [2-5,7-10]. В основному це повнорозмірні установки важкого типу, які створені за одномасною динамічною схемою. Вони складаються з масивної опорної рами, що закріплюється анкерними болтами на скельному або бетонному фундаменті, та робочого (вантажонесучого) органу, який спирається на раму через пружну систему у вигляді комплектів гумових амортизаторів, працюючих на стикування-зсув. Вантажонесучий орган постачений віброзбудником інерційного типу із зарезонансним режимом роботи. Такі конструкції розраховані на багаторазове використання, мають підвищений запас міцності та надійності і можуть працювати в умовах значних навантажень.

Але в разі наявності лише невеликих обсягів випуску і неможливості демонтажу установки для повторного застосування на іншому місці вони стають не вигідними з економічної точки зору. Така ситуація характерна, зокрема, для систем розробки з підповерховим обваленням руди, де запаси корисної копалини не перевищують 3-5 тис. тонн на кожен випускний отвір, а вилучення вібромашини після їх відпрацювання часто буває неможливим через сильний вплив гірничого тиску, що спотворює випускні виробки. Тут потрібні дуже прості і дешеві конструкції, які встигають окупитися у подібних умовах експлуатації, наприклад, легкі віброустановки типу віброплощадок [2,3,10,11].

Що стосується доставки гірничої маси у межах очисного блоку після її випуску, то давно вже назріла необхідність заміни україн застарілої, але ще широко використовуваної на вітчизня-

них рудниках скреперної доставки (насамперед, завдяки своїй конструктивній простоті та експлуатаційній невибагливості). Але циклічність такого транспортного засобу, мала продуктивність, значні енерговитрати під час волочіння гірничої маси підшоною виробки та висока небезпечність робіт аж ніяк не відповідають сучасним вимогам гірничого виробництва. На заміну скреперній доставці мають прийти високопродуктивні транспортні установки безупинної дії – конвеєри різних типів, здатні переміщувати абразивні крупношматкові вантажопотоки [12,13].

З точки зору забезпечення максимальної універсальності гірничого вібротранспортного устаткування, для цього доцільно використовувати вібраційні конструкції. Вони простіше за інші піддаються секціонуванню і можуть набиратися з необхідної кількості уніфікованих автономних модулів, які можна буде також застосовувати в якості легких віброживильників для випуску сипких матеріалів з різного роду ємностей.

З огляду на це можна констатувати, що існує нагальна необхідність у дослідженні, розробці та створенні конструкцій вібротранспортних установок легкого типу з метою використання як для випуску гірничої маси з ємностей, так і для доставки її на порівняно невеликі відстані.

Постановка задачі. Метою роботи є вибір та обґрунтування раціональних параметрів легкого вібротранспортного модулю універсального призначення.

Викладення матеріалу та результати досліджень. Досягнення поставленої мети можливо за рахунок використання одного з методів створення уніфікованих конструкцій машин – методу секціонування. Згідно з ним нові машини можна отримати шляхом набору потрібного числа однакових уніфікованих автономних модулів [3]. Наприклад, для випуску сипкого матеріалу з бункера збагачувального підприємства можна застосувати віброживильник легкого типу у вигляді одного такого модулю, а для транспортування масових вантажів – доставковий конвеєр необхідної довжини, зібраний з декількох таких автономних модулів [14].

В якості прикладу подібного модулю можна привести конструкцію секції вібраційного конвеєра Д-1, розробленого свого часу в інституті НДГРІ. Зовнішній вигляд секції віброконвеєра показаний на рис. 1.

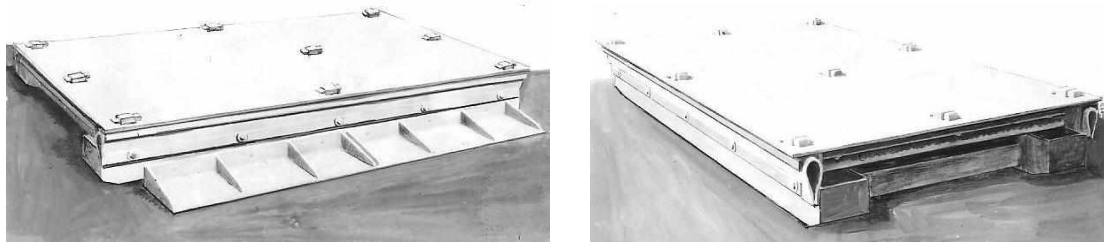
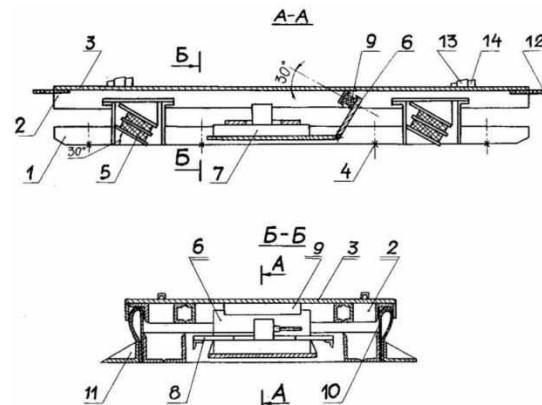


Рис. 1. Зовнішній вигляд секції вібраційного конвеєра Д-1

Конвеєр Д-1 призначався для доставки руди від випускних дучок, обладнаних інтенсифікаторами процесу витікання гірничої маси у вигляді віброплощадок типу ППВ-9Д з пневматичними безударними віброзбудниками діафрагмового типу, до блокової акумуляційної висхідної рудозвальної виробки [2, 3, 11, 13, 15]. Принципова схема секції віброконвеєра Д-1 приведена на рис. 2.

Рис. 2. Принципова схема секції вібраційного конвеєра Д-1: 1 – нерухома підстава; 2 – рухома рама; 3 – робочий орган (лоток); 4 – гніздо кріплення; 5 – пружна опора; 6 – важіль; 7 – діафрагмовий безударний пневмовіброзбудник; 8 – упор; 9 – пружний елемент; 10 – бічний ущільнювач; 11 – закрилок; 12 – верхній ущільнювач; 13 – гніздо; 14 – клин



Установка виконана за одномасною динамічною схемою у складі нерухокої підстави 1, яка кріпиться анкерними болтами через гнізда 4 до підшови доставкової виробки, рухокої рами 2 з робочим органом (лотком) 3, пружної системи з чотирьох опор 5 та пневматичного віброприводу 7, закріпленого на упорі 8 підстави 1.

Віброзбудник для отримання мінімальної висоти секції (розвантажувальні кінці робочих органів віброплощадок у дучках знаходяться на висоті не більше 400-500 мм над підшоною виробки) розташований таким чином, що забезпечує вертикальний напрямок дії змушеного

зусилля. Для трансформації його у напрямку під кутом 30° до площини робочого органу (для забезпечення максимально ефективного режиму вібротранспортування матеріалу) використовується важіль 6, з'єднаний з рамою 2 через пружний елемент 9. Лоток 3 кріпиться до рами 2 за допомогою гнізд 13 і клинів 14. З боків секції встановлені два закрilки 11 для додаткового навантаження конструкції обваленою рудою. Від потрапляння гірничої маси у внутрішні порожнини установки передбачені бічні 10 та верхні 12 ущільнювачі з конвеєрної стрічки.

Під час експериментальних досліджень секції за допомогою вібраційного вимірювача SM-231 фірми RFT (Німеччина) фіксувалися величини горизонтальних і вертикальних складових амплітуд коливань рухомої рами з робочим органом та підстави у трьох точках по довжині установки: у носовій частині, в центрі та у хвостовій частині. За ними визначалися результуючі значення амплітуди та кути дії змушеного зусилля віброприводу. На рис. 3 представлені графіки залежності амплітуди коливань секції від тиску повітря у віброприводі.

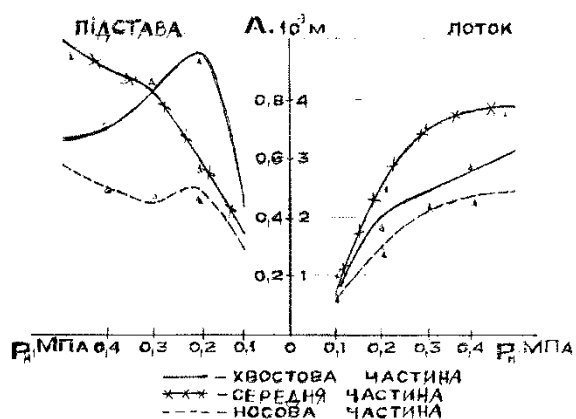


Рис. 3. Залежності величини амплітуди коливань робочого органу секції віброконвеєра Д-1 від тиску підведеного повітря

На графіках видно, що із зростанням тиску амплітуди коливань підвищуються і при (0,4-0,5) МПа досягають значень у 3-4 мм. Це оптимальна величина для реалізації процесу ефективного вібраційного транспортування гірничої маси при частоті коливань у межах 15-30 Гц (діафрагмовий вібропривод забезпечує частоту 25-30 Гц) [8,15].

Максимальні величини амплітуди спостерігалися у середній частині секції – там, де

проходила лінія дії змушеного зусилля. Швидкість процесу вібротранспортування гірничої маси при тиску повітря (0,4-0,5) МПа сягала величини 0,1 м/с, а продуктивність установки – 220 т/г.

Вибір саме пневматичного віброприводу конвеєра був обґрунтований необхідністю уніфікації його з приводами віброплощадок та використання єдиного виду енергії. Крім того, в умовах сильного обводнення виробок та ведення підривних робіт для ліквідації зависань гірничої маси у дучках застосування інерційного віброприводу електромеханічного типу небажано зрозумінь безпеки.

Для експлуатації вібраційного обладнання в умовах збагачувальних підприємств таких обмежень не існує. Для створеного вібротранспортного модулю універсального типу цілком підходить описана вище принципова схема секції віброконвеєра Д-1, але з електромеханічним інерційним вібропроводом, адже його самобалансна конструкція може забезпечити регулювання кута вібрації установки у будь-якому напрямку (від 0 до 360°). Це дасть можливість ефективно впливати на робочий орган установки (а, значить, і на матеріал на ньому) як у похилому його положенні (у разі використання модулю в якості віброживильника, встановленого під бункером), так і в горизонтальному (коли декілька послідовно з'єднаних модулів виконуватимуть роль доставкового віброконвеєра). У першому випадку достатньо буде коливань, перпендикулярних площині робочого органу, а в другому для забезпечення ефективного процесу вібротранспортування матеріалу знадобляться коливання під кутом $30-40^\circ$ до робочого органу. Змінення напрямку дії змушеного зусилля буде також доцільним у разі необхідності регулювання продуктивності пристрою.

Згадана самобалансна конструкція інерційного електромеханічного віброприводу повинна мати тривалову схему. Паралельні вали розташовані перпендикулярно поздовжній осі модуля. Середній ведучий вал отримує крутний момент від приводного електродвигуна через з'єднувальну пружну муфту і передає його на два ведені крайні вали за допомогою синхронізаційних зубчастих передач з передатним відношенням 1:1. На усіх валах встановлюються неурівноважені маси (дебаланси), причому на ведучому валу подвійна їх кількість, адже він буде обертатися у бік, протилежний напрямку обертання обох ведених валів. Для зменшення висоти модулю дебаланси можна зробити максимально подовженими, а для додаткового регулювання ве-

личини змушеного зусилля установки – оснастити їх знімними елементами (сегментами). Синхронізаційну шестірню на ведучому валу доцільно зробити традиційної конструкції (суцільну сталеву), а обидві шестірні на ведених валах – збірними (зі сталевими маточинами та текстолітовими вінцями). Таке виконання передач знизить рівень шуму під час роботи віброприводу і не потребуватиме змащення, що дуже важливо у важких умовах експлуатації подібної техніки на підприємствах гірничої галузі.

Регулювання напрямку дії змушеного зусилля віброприводу здійснюватиметься шляхом відповідного повертання усіх трьох валів разом із закріпленими на них дебалансами та фіксації їх у потрібному положенні за допомогою синхронізаційних шестірень. При цьому збігання цього напрямку з площиною зсуву гумових пакетів пружних опор модулю забезпечуватиме максимальну його продуктивність (і як віброживильника, і як віброконвеєра), а в разі перпендикулярного напрямку – мінімальну.

Для полегшення процесів регулювання величини і напрямку змушеного зусилля віброприводу та технічного обслуговування конструкції пропонується використати знімний варіант робочого органу модуля за допомогою клинових кріплень (як це показано на рис. 2) або будь-яких інших швидкознімних пристроїв.

Можна очікувати, що така конструкція універсального модулю забезпечить продуктивність транспортування матеріалу до 300 т/г при швидкості його переміщення до 0,15 м/с.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Реалізація пропонованого конструктивного рішення легкого вібротранспортного модулю універсального типу забезпечить розширення технологічних можливостей установки шляхом використання її на різних вібротранспортних операціях гірничих та гірничо-збагачувальних підприємств, а також скорочення номенклатури виробництва подібного вібротранспортного обладнання. Конструкція модулю легкого типу компактна, технологічна ту виробництві, має невелику металоємність і, безперечно, матимемо хороші перспективи практичного застосування у гірничій галузі.

Список літератури

1. Транспорт на гірничих підприємствах / М.Я. Біліченко, Г.Г. Півняк, О.О. Ренгевич, В.І. Тарасов, А.М. Варшавський, О.В. Денищенко, Ю.М. Зражевський, О.С. Пригунов, В.С. Трошило, Ю.М. Шендерович. Вид. 3-е. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 636 с.
2. Гірничі машини та обладнання для добування руд: навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Ю.Г. Горбачов, Б.М. Гопкало, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов, М.С. Плішко, В.А. Семенов, А.О. Хруцький, Ю.І. Чумак, І.А. Шиповський / Під заг. ред. А.С. Громадського. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ. – 2017. – 410 с.
3. Громадський А. С. Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
4. Гончаревич І.Ф. Вибротехніка в горному виробництві / І.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
5. Потураєв В.Н. Вибраційна техніка і технології в енергоємних виробництвах / В.Н. Потураєв. – Дн-ск: НГА України, 2002. – 190 с.
6. Громадський А.С. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність гірничих, транспортних та збагачувальних машин» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» (електронна версія) / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов. – Кривий Ріг: КНУ, 2021. – 210 с.
7. Blechman I.I. Revisiting the models of vibration screening process / I.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov. - Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
8. Учитель А.Д. Вибраційний випуск горної маси / А.Д. Учитель, В.В. Гуцин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
9. Вибраційні машини для випуску і доставки руди / В.Н. Потураєв, В.І. Дырда, О.К. Авдеев, І.К. Поддубний, В.П. Надутый, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.І. Финогеев. – К.: Наукова думка, 1981. – 152 с.
10. Каварма І.І. Комплекси точного транспорту для підземної розробки крепких руд / І.І. Каварма, А.В. Бровко. – М.: Недра, 1986. – 86 с.
11. Громадський А.С. Проектування, формування та використання комплексів гірничорудного механізованого обладнання: Навч. посібник / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 229 с.
12. Каварма І.І. Состояние и перспективы развития горного транспорта для подземной разработки рудных месторождений / И.И. Каварма, А.М. Кальницкий, Ю.Г. Горбачев, В.Ф. Кондратенко // Обзорная информация, серия 2, Горное оборудование, выпуск 4. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1991. – 40 с.
13. Каварма І.І. Прогресивні напрямки розвитку внутрішньшахтного транспорту / І.І. Каварма, А.М. Кальницкий, Ю.Г. Горбачев // Обзорная информация, серия 2, Горное оборудование, выпуск 2. – М.: ЦНИИТЭИтяжмаш, 1989. – 28 с.
14. Громадський А.С. Машини допоміжних процесів переробки руд: Навч. посібник / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: КНУ, 2011. – 264 с.
15. Горбачов Ю.Г. Умови забезпечення безударного режиму роботи пневматичних вібраційних приводів діафрагмового типу / Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов // Гірничий вісник: науково-техн. збірник, вип. 102. – Кривий Ріг: КНУ, 2020. – С. 128-132.

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ОБРОБКИ ПРИ ПРОКАТУВАННІ ПРЯМОКУТНОЇ СМУГИ

Мета роботи полягає у тому, що на ефективність прокатного виробництва цілком впливає продуктивності процесу, яка в свою чергу залежить від кількості проходів на прокатному стані при виготовленні виробу. Встановлення раціональних режимів обтиснення для прокатування прямокутної смуги 65x15 мм є задача актуальна, що забезпечить зменшення кількості проходів

Методи дослідження базуються на використанні фундаментальних положень теорії і технології обробки металів тиском. В роботі використовувалися розрахункові методи визначення режимів обробки та калібрування прокатних валків за способом Чекмарєва А.П., було виконано моделювання допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування»

Наукова новизна роботи полягає у встановленні науково обґрунтованих раціональних режимів обтиснення для виготовлення прямокутної смуги 65x15 мм.

Практичне значення роботи полягає у розробці удосконаленої технології прокатування прямокутної смуги, яка дозволяє скоротити кількість проходів з 13 до 8, що забезпечує підвищення ефективності процесу за рахунок збільшення продуктивності та зменшення собівартості процесу.

Результати. Виконано дослідження технологічного процесу прокатки смуги гарячекатаної загального призначення, розміром 15 x 65 мм із квадратної сталеві заготовки 80 x 80 мм та запропоновано його удосконалення. Було досліджено і обрано обладнання, на якому можливо виготовити даний продукт. В якості такого обладнання було запропоновано безперервний багатоклітьовий прокатний стан ДС 250. Визначено його характеристики, розміри робочих валків, швидкість обробки, встановлено потрібну кількість робочих клітей та виявлено необхідну форму і розміри калібрів прокатних валків. Розрахунок калібрувань прокатних валків стану дозволяє виготовити виріб високої точності. За отриманими даними за допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування» було побудовано профілі розкатів та моделі калібрування валків, а також креслення перерізів, що допомогло обґрунтувати запропоновані режими обтиснення.

Розроблена технологія дозволила скоротити кількість проходів при виготовленні прямокутної смуги 65x15 з 13 до 8, що забезпечує зменшення часу на прокатування, збільшення продуктивності процесу, зниження собівартості виготовлення продукції.

Ключові слова: прокат, смуга гарячекатана, прокатний стан, режими обтиснення, робоча кліть, валки, калібрування, швидкісний режим, ребровий калібр

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-94-98

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Велика частина металовиробів виготовляється за допомогою прокатування. Прокатне виробництво потребує постійної модернізації та збільшення його ефективності, покращення якості продукції, зменшення собівартості. Актуальність роботи полягає у тому, що ефективність прокатного виробництва цілком залежить від продуктивності процесу, яка в свою чергу залежить від кількості проходів на прокатному стані, що впливає на час прокатування. Встановлення раціональних режимів обтиснення дозволяє зменшити кількість проходів при обробці, скоротити такт прокатування та збільшити продуктивність виробництва.

Аналіз досліджень і публікацій виявив, що прокатне виробництво постійно удосконалюється і розвивається за рахунок модернізації обладнання та збільшення його продуктивності, поліпшення якості продукції, що випускається, зменшення собівартості виробництва [1, 2, 3, 4]. Основними напрямками розвитку прокатного виробництва є: зменшення проценту браку; зниження енергоспоживання та викидів; підвищення якості та точності готового прокату; розширення сортаменту прокатних профілів; автоматизація виробництва з використанням мікропроцесорної техніки; використання систем моделювання процесів прокатки та систем САПР (САД, САМ, САЕ) [4].

Якщо на експорт ідуть переважно заготовки, то головна зацікавленість внутрішнього ринку – це готова прокатна продукція. За обсягом виробництва металопрокату та наявністю прокатних потужностей Україна знаходиться у десятці провідних металургійних держав. Загалом у галузі працює 67 прокатних станів.

Основні завдання при виготовленні готового прокату – це отримання прокату заданих розмірів і форми при мінімальних витратах, з заданими фізико-механічними властивостями і потрібним станом поверхні [5, 6]. Кількість операцій, що входить в технологічний процес залежить від вимог, що пропонується до точності та форми профілю, фізико-механічних властивостей, стану поверхні, структури матеріалу та фізико-механічних властивостей. Звичайно, прокатка як сортового так і листового матеріалу здійснюється за декілька проходів, число яких установлюється в залежності від співвідношення розмірів початкового і кінцевого профілів [7]. У кожному проході форма поперечного перерізу буде зменшуватися і поступово наближуватися до потрібного профілю [8].

В дослідженнях використовувалась прямокутна смуга зі сталюого матеріалу, яка є універсальним видом металопрокату і знаходить широке застосування в різних сферах: в будівництві, авіабудуванні, електроенергетиці, тощо [9]. Це ідеальний матеріал для виробництва металовиробів, гнутих профілів (швелерів, куточків), металоконструкцій, ріжучих інструментів (ножів, різців) а також ресор, гальмівних дисків, пружин (зокрема смуга 65Г). Прямокутна смуга зі спеціальної низьколегованої, фосфористої і вуглецевої сталі використовується для інструментального виробництва і в харчовій промисловості. Сталева смуга застосовується в архітектурі і в будівництві, як самостійний елемент і в поєднанні з кутовою сталлю, двотавровими балки, швелери, сталевими квадратами для спорудження несучих конструкцій, в якості декоративного оздоблення. Із сталевих штаби створюють огорожі, паркани, решітки. Використовується цей вид прокату і в меблевій промисловості, як декоративний елемент при створенні меблів і деталей інтер'єру [10]. Сталева смуга легко піддається оздобленню фарбами для металів і антикорозійними покриттями і буде довгий час зберігати міцність і естетичний зовнішній вигляд.

В даній роботі виконано удосконалення режимів обтиснень для виробництва смуги гарячекатаної загального призначення, що має розмір 65 x 15 мм (ГОСТ 103-2006) із сталевих квадратної заготовки 80 x 80 мм, що відноситься до категорії дрібносортового прокату.

Постановка задачі – удосконалити режими обтиснення для прокатування прямокутної смуги 65x16 для забезпечення збільшення продуктивності процесу.

Завдання наукової роботи: розробити технологічну схему та дослідити технологічний процес прокатки смуги гарячекатаної загального призначення 15x65 мм із квадратної сталевих заготовки 80 x 80 мм; визначити раціональні режими обтиснення і витрати енергії при виготовленні смуги; побудувати схему калібрувань.

Викладення матеріалу та результати. В роботі використовувалися розрахункові методи визначення режимів обтиснення за способом Чекмарєва А.П.[9], а також було виконано моделювання допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування».

В якості обладнання використовувався безперервний багатоклітьовий дрібносортовий прокатний стан ДС 250. Це обладнання у своєму складі має чорнові та чистові групи прокатних клітей. Чорнові прокатні валки мають систему калібрів: гладка бочка - ящиківий квадрат. Чистові складаються з циліндричних горизонтальних валків, передчистовий калібр – вертикальний, ребровий, який служить для вирівнювання бокових сторін смуги з метою отримання точної ширини.

Технологічний процес отримання прямокутної смуги 65x15 мм здійснюється за загальноприйнятою технологічною схемою прокатування смуги гарячекатаної загального призначення. Він складається з наступних операцій: підготування вихідного матеріалу до прокатування, видалення поверхневих дефектів. Підготовлені заготовки потрапляють на обладнання прокатного стану ДС 250, де спрямовуються на приймальні решітки печі, далі заготовка втягується в піч, де проходить нагрівання заготовки для гарячої прокатки, яка залежить від хімічного складу оброблюваного матеріалу; нагріта заготовка виштовхується з печі і подається на ножиці, де обрубуються передній кінець заготовки перед подачею в чорнову групу клітей; після проходження чорнкової клітей розкот подається в чистову групу клітей; після прокатки розкот відправляється на моталки типу Гаретта або ріжеться на мірні величини і подається на холодильник, де охолоджується до кімнатної температури; після охолодження готова продукція проходить контроль якості, маркується, обробляється консервантом та пакується, вирушає складу.

Поточність виробництва на прокатних станах створює сприятливі умови для автоматизації виробничого процесу. На дрібносортових прокатних станах 250 автоматизовано завантаження

заготовок у піч, тепловий режим нагрівання заготовок, обрізання переднього кінця розкату на ножицях після чорнової групи клітей, розкрий прокатої смуги на летючих ножицях, охолодження на холодильнику і т.д. На нових безперервних прокатних станах вводяться в експлуатацію комплексні автоматичні системи управління технологічним процесом, які оснащені електронними обчислювальними машинами. Ці системи забезпечують стабільність параметрів технологічного процесу прокатки, підвищується точність розмірів прокату, якість поверхні, покращуються механічні властивості готової продукції.

Було виконано розрахунок режимів обтиснення за методом Чекмарьова [9, 10], що дозволило визначити необхідну кількість проходів для отримання прямокутної смуги, яка має розміри 65×15 мм. Розрахунками було виявлено, що таку смугу можна отримати за 8 проходів, замість 13, які використовується зараз на підприємстві.

В дослідженнях було задіяно вісім робочих клітей прокатного стану ДС 250, де використовувалися прокатні валки, що мають розміри, які наведено у табл. 1.

Таблиця 1
Розміри валків у клітях [11]

№ кліті	Розміри валків	№ кліті	Розміри валків
№1	650 x 800 мм	№5	380 x 710 мм
№2	530 x 800 мм	№6	250 x 630 мм
№3	470 x 800 мм	№7	250 x 630 мм
№4	450 x 800 мм		

Таблиця 2
Коефіцієнти зменшення висоти прямокутної смуги 65×15 мм [9, 10]

η_1	η_2	η_3	η_4	η_5	η_6	η_8
1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,45	1,25

за формулою: $\lambda = F_0/F_k$, де F_0, F_k - відповідно початкова та кінцева площа поперечного перерізу смуги. Коефіцієнт витяжки було розподілене за проходами (табл. 3). Було визначено швидкісний режим прокатування [12, 14]. В таблиці 3 наведено результати дослідження режимів обтиснення при виготовленні прямокутної смуги 65×15 мм.

Таблиця 3

Результати дослідження

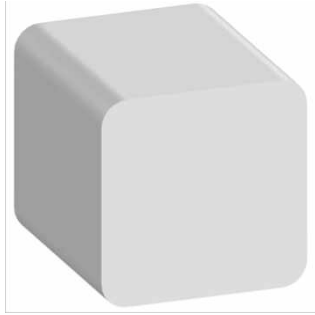
Група клітей	Номер калібру	Розміри смуги			Коефіцієнт витяжки	Обтиснення, мм	Уширення, мм	Оберти валків, об/хв	Швидкість, м/с	Кут захоплення	Форма калібру
		товщина, мм	ширина, мм	площа, мм ²							
Заготовка 80×80											
Чорнова	1	61	80/86	4900	1,3	19	6	115	3,51	20	Ящик
	2	64,5	60/69	4100	1,19	21,5	8	149	4,5	22	Ящик
	3	62,86	61	3834	1,06	1,5	-	284	6,6	10,1	Ящик
Чистова	4	41,93	66,27	2777	1,38	20,95	5,27	513	6,71	33	Гладкий
	5	27,94	72,06	2013	1,38	13,97	5,79	921	12,05	19,3	Гладкий
	6	18,63	76,24	1420	1,42	9,45	4,19	1045	13,76	15,8	Гладкий
	7	19,09	64,8	1237	1,14	11,45	0,46	1222	15,99	20,9	Ребровий
	8	15,27	66,05	1009	1,23	3,85	1,65	1529	20,0	10,0	Гладкий
Готова продукція 65×15											

За отриманими даними за допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування» було побудовано профілі розкатів та моделі калібрування валків, а також креслення перерізів. Використання такої системи моделювання дозволило прослідкувати зміну форми та розмірів розкатів при використанні заданих режимів обтиснення, обґрунтувати раціональність використання таких режимів обробки при виготовленні прямокутної смуги загального призначення, яка має розміри 65×15 мм.

Отримані моделі представлені на рис. 1-3.

На рис.1 зображено відрізи заготовки 80×80 мм та готового виробу смуги 15×65 мм. На рис. 2 показано форму розкату та калібрування прокатних валків після першого проходу на прокатному стані.

а)

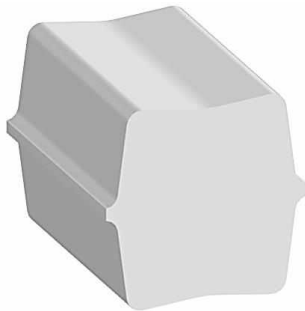


б)



Рис. 1. Сталева заготовка 80 x 80 мм (а) та готовий виріб - смуга 15×65 мм (б)

а)



б)

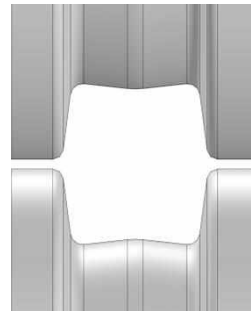


Рис. 2. Форма розкату після проходу першої кліті (а) та калібрування валків (б)

Рисунок 2 ілюструє форму першого чорнового калібру і форму отриманого розкату на виході з цього калібру, де видно, що потрібно виконати вирівнювання отриманого виробу з боків.

На рис. 3 зображено розкат після ребрової предчистової кліті, яка вирівнює краї виробу.

а)



б)

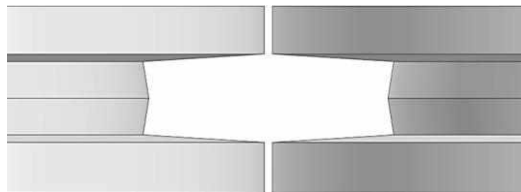


Рис. 3. Форма розкату після проходу ребрової кліті (а) та калібрування гладких валків (б)

Таким чином, завдяки моделюванню профілів отриманих розкатів допомогою системи САД «Компас 3D» v20, було обґрунтовано можливість використання пропонуємих режимів обтиснення для виготовлення прямокутної смуги 65×15.

Висновки і подальший напрямок дослідження. В роботі досліджено технологічний процес прокатки смуги гарячекатаної загального призначення 15×65 мм із квадратної сталеві заготовки 80×80 мм. Було і обрано обладнання, на якому можливо виготовити даний продукт. З таким завданням впорається безперервний багатоклітьовий прокатний стан ДС 250. Також було розраховано його параметри та показано принцип його дії. Розрахунок калібрування прокатних валків стану дозволяє виготовити виріб високої точності.

За отриманими даними за допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування» було побудувати профілі розкатів та моделі калібрування валків, а також креслення перерізів. Розроблена технологія дозволила скоротити кількість проходів при виготовленні прямокутної смуги 65×15 з 13 до 8. В подальшому потрібно виконати таке ж моделювання в умовах холодного прокатування для отримання тонколистової сталі.

Список літератури

1. **Зотов В.Ф.** Производство проката. [Електронний ресурс]: Классификация и типы прокатных станов. - © MarkMet 2005-2021 г. - https://markmet.ru/tehnologiya_metallov/klassifikatsiya-i-tipy-prokatnykh-stantov.
2. **Ільїн Артем.** Металоторговий портал «Металіка». [Електронний ресурс]: Прокатний потенціал. - © 2004-2021 р. Видавництво «Металіка» - <https://www.metalika.ua>.

3. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали [Уч. для вузов] / В.А. Кудрин. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.
4. Математическое описание непрерывного стана горячей прокатки как объекта системы автоматического управления/ Ю.Г. Самборский, В.Г. Файнштейн // Вісник Криворізького національного університету – Випуск 37. – 2014. – с. 104-107.
5. Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник / В.М. Данченко, В.О.Грінкевич, О.М. Головка – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
6. Конспект лекцій з дисципліни Технологія процесів ОМТ: Основи калібровки валків для студентів напряму 6.050401 — Металургія (Обробка металів тиском) всіх форм навчання / М.М. Штода – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016 р. – 88 с.
7. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: Монографія. – Кривий Ріг: Видавничий Дім, 2010. – 404 с.
8. Чубенко В.А., Хіноцька А.А. Технологія прокатного виробництва: Навчальний посібник – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.
9. Калибровка прокатных валков: Учебное пособие для ВУЗов / Чекмарев А.П., Мутьев М.С., Машковцев Р.А. – М.: Металлургия, 1971 г. – 512 с.
10. Технологія прокатного виробництва: Учебник для ВУЗов / Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханін М.И. – М.: Металлургия, 1994 г. – 656 с.
11. Королів А.А. Механическое оборудование прокатных станов/ Королів А.А. – М.: Металлургия, 1975 – 548 с.
12. Взаємодія технологічних параметрів в осередку деформації при сталому процесі прокатування/ М.М. Бережний, В.А. Чубенко, А.А. Хіноцька, А. Шепель, В. Чубенко //Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013 р. – № 43. – С. 36 – 41.
13. Час перебування металу в осередку деформації та утворення нової поверхні/ М.М. Бережний, Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Глінкін А.// Вісник Криворізького технічного університету– Випуск 30. – 2012. – с. 171– 174.
14. Енергетичний баланс та реологічні властивості осередку деформації при прокатуванні штаби гладкими валками. Монографія / Бережний М.М., Чубенко В.А., Хіноцька А.А. – Кривий Ріг: Діоніс. – 2011. – 120 с.
15. Чубенко В. А., Хіноцька А. А. Технологія процесів обробки металів тиском: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2020 р. – 206 с

УДК 691.32

Н. В. АСТАХОВА, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВОВАНИХ ВІДХОДІВ ГЗК

Бетони, що використовуються для ремонту будівельних конструкцій, повинні мати високу швидкість формування фізико-механічних властивостей. Крім того, в процесі виготовлення, твердіння та експлуатації в бетоні відбуваються об'ємні зміни, виникають деформації матеріалу. Їх величина залежить від властивостей складових бетону, його структури, особливостей технології та інших факторів. Деформативні властивості бетону враховуються при проектуванні конструкцій, і вони здійснюють великий вплив на якість та довговічність бетонних та залізобетонних споруд.

Мета. Отримання цементного каменю зі зниженими деформативними властивостями під дією навантаження, шляхом модифікації його структури активованим наповнювачем з відходів ГЗК.

Методи дослідження. У якості основних методів досліджень використані руйнівні методи оцінки міцності при стиску стандартних зразків.

Наукова новизна. Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей портландцементу введенням до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що призводить до утворення меншої кількості гелю та більшої кількості кристалічних новоутворень в продуктах гідратації цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження.

Практичне значення. Отриманий цементний камінь, який володіє підвищеною швидкістю формування деформативних властивостей, за рахунок введення до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що розширює сировинну базу будівельних матеріалів, знижує вартість будівельних виробів та конструкцій та скорочує витрати на ремонт будівель та споруд.

Результати. На основі виконаних досліджень було виявлено, що введення активованого наповнювача з відходів ГЗК в кількості 20 % та водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами в кількості 0,5 % від маси цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження. При цьому швидкість формування деформативних властивостей даного цементного каменю вища в порівнянні з бездобавочним.

Ключові слова: відходи ГЗК, водний колоїдний розчин з залізовмісними комплексами, деформації усадки цементного каменю.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. За роки експлуатації родовищ Криворізького басейну накопичено майже 9,5 млрд тонн промислових відходів. Вони заскладовані у відвалах, хвосто- і шламонакопичувачах, що займають величезні площі (10,4 тис. га). Здебільшого це - відходи гірничої промисловості, утворені при добуванні та збагаченні руд.

Обсяги утворення та розміщення промислових відходів підприємствами гірничо-промислового комплексу складають 99 % від загальних обсягів відходів по місту.

Зменшення обсягів розміщення промислових відходів та збільшення обсягів їх переробки, повторного використання і утилізації – одні із важливих напрямків екологічної політики у нашому місті.

Аналіз досліджень і публікацій. В даний час відходи гірничо-збагачувальних комбінатів [1] (так звані «хвости» збагачення залізних руд) використовуються для додаткового вилучення корисних компонентів та в якості одного з компонентів складного в'язучого [2, 3] або дрібного заповнювача. Відомо використання «хвостів» збагачення залізних руд в якості заповнювачів на копальнях України, Канади, США, Фінляндії, Японії, Австралії, Німеччини [4–7]. Однак не існує ефективних схем повної утилізації цих відходів [1].

Для більш ефективного використання хвостів збагачення залізної руди їх фракціонують [8]. Необхідність фракціонування особливо відчувається при використанні хвостів як дрібного заповнювача бетонів відповідних конструкцій, де потрібна висока марка бетону й виключається перевитрата цементу [8]. Через примусове відділення грубозернистої фракції від пульпи та зневоднення кварцовозалізистий пісок за хімічним, гранулометричним складом та фізичними властивостями характеризується відносною сталістю. Він відповідає технічним вимогам [4] і може бути застосований у будівельних розчинах і бетонах [8].

Використання більш економічних матеріалів є пріоритетним напрямком розвитку будівництва [9]. Зменшення вартості будівельних конструкцій досягається шляхом економії засобів, будівельних матеріалів і природних ресурсів, тому пропонується ширше використовувати матеріали побічного видобутку гірничодобувної промисловості для виробництва будівельних конструкцій [9].

Широке використання відходів гірничодобувної промисловості дозволяє забезпечити будівельну галузь надійними і більш економічними матеріалами і буде сприяти рішенню важливих проблем, таких як: відновлення земельних площ, що використовуються під відвали; більш дбайливе використання природних ресурсів; стабільність постачання якісних і дешевих заповнювачів для бетону [9].

Дослідженням особливостей роботи залізобетонних конструкцій, виготовлених з бетонів на дрібних заповнювачах - відходах ГЗК, за даними [9], займалися Б. М. Шевченко, О. І. Валовой, Г. Т. Стороженко, Г. Н. Бондаренко та ін. [10-15].

В роботі [16] відзначено, що були проведені дослідження фізико-механічних властивостей бетонів на заповнювачах з хвостів збагачення. Підібрані склади, що забезпечували різну міцність бетонів і, відповідно, різні деформативні властивості [17, 18].

В результаті проведених дослідів було виявлено, що підбір складу бетонів на класифікованих відходах гірничо-збагачувальних комбінатів можна виконувати загальноприйнятими методами. Відмінними особливостями цих бетонів являються підвищена жорсткість і знижена легкоукладальність. Але ці недоліки легко виправляються [16].

В роботі О. В. Руденко [19] розглядається проблема визначення економічної сутності відходів гірничозбагачувального виробництва з урахуванням галузевих особливостей. Технологія виробничої діяльності гірничозбагачувальних підприємств Кривбасу пов'язана з утворенням багатотонних промислових відходів. Основну їх частину становлять відходи, які утворюються у процесі видобутку та збагачення руди [19].

Великі обсяги їх утворення та нагромадження зумовили загострення економічних, екологічних, соціальних проблем у регіоні та потребують термінових заходів. З метою суттєвого зменшення відходів виробництва гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) необхідно використовувати комплексний підхід до вирішення цього питання. Слід ураховувати, що відходи можуть

бути заміником природних мінеральних ресурсів та водночас вони є небезпечними для довкілля [19].

Постановка завдання. Метою дослідження є отримання малоцементного бетону з підвищеною швидкістю формування фізико-механічних показників, зі зниженими деформативними властивостями під дією навантаження, шляхом модифікації його структури активованими залізокарбонатними комплексами.

Викладення матеріалу та результати. Одними з основних властивостей, що впливають на роботу бетонних та залізобетонних конструкцій, являються деформативні властивості. Відповідно до норм проектування та умов роботи відповідних будівельних конструкцій необхідно регламентувати деформативні властивості бетону.

Оскільки цементний камінь являється найбільш деформативним компонентом бетону, то в даній групі експериментів досліджувалися деформативні властивості цементного каменю в залежності від вмісту в ньому активованого наповнювача з відходів ГЗК, з постійним вмістом водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами.

Після того, як цементний камінь набуває певну міцність, його усадка продовжується.

В умовах експерименту, введення в склад цементу активованого наповнювача з відходів ГЗК призводить до зменшення усадки цементного каменю, як показано на рис. 1.

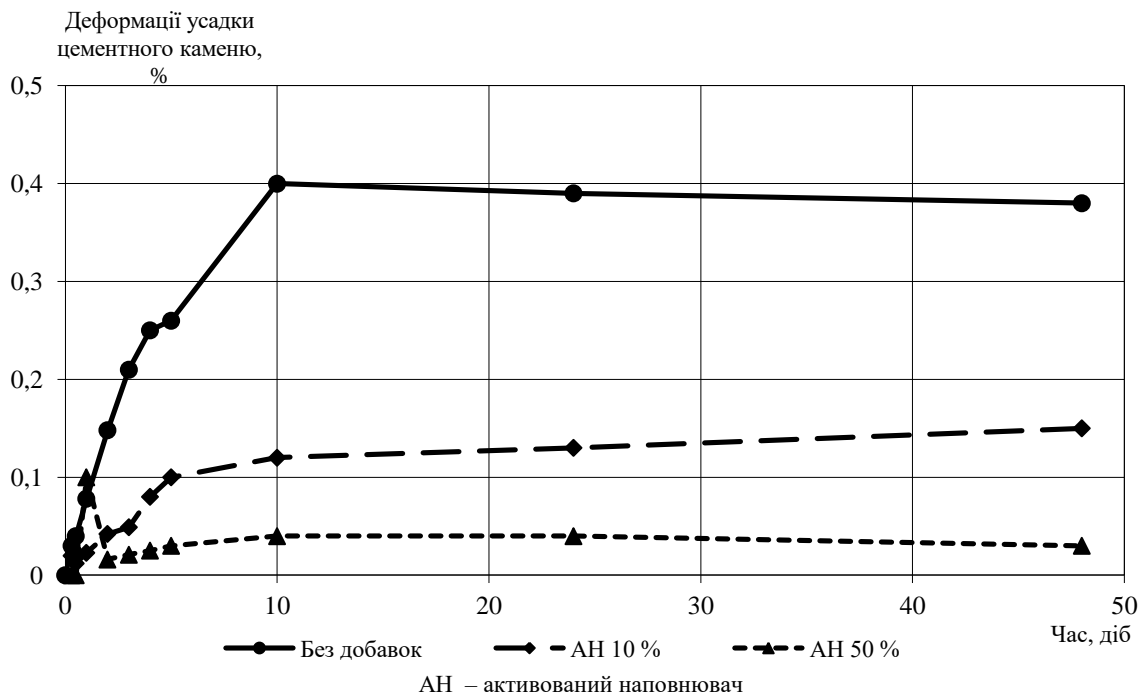


Рис. 1. Деформації усадки цементного каменю

При вмісті 10 % активованого наповнювача з відходів ГЗК деформації цементного каменю значно зменшуються в порівнянні з контрольним (бездобавочним) зразком.

При збільшенні кількості активованого наповнювача до 50 % і більше, усадка цементного каменю практично відсутня, тобто цемент з таким вмістом активованого наповнювача можна віднести до безусадкових.

При дії на цементний камінь навантаження, його деформації залежать, як відомо, від складу цементу та величини зовнішнього навантаження.

В умовах експерименту, при введенні активованого наповнювача з відходів ГЗК в цемент відбувається зниження максимальної відносної деформації цементного каменю, як наведено в табл. 1.

Деформативні властивості цементного каменю

Вік, діб	Вміст активованого наповнювача з відходів ГЗК, %	Максимальна відносна деформація, ϵ	В/Ц
14	0	0,0075	0,28
7	20	0,006	
14		0,00734	
7	30	0,00534	
14		0,00603	
28	40	0,00494	
7		0,00500	
14	20	0,00714	
28		0,00725	
7	30	0,00631	
14		0,00775	
28	40	0,00641	
7		20	0,00616
14	30		0,0065
28		40	0,00572
7	30		0,00366
14		40	0,00534
28	20		0,00494
14		0	0,0075
28	20		0,0053
7		30	0,00850
14	40		0,00516
28		30	0,00644
7	40		0,00916
14		0	0,00766
28	20		0,00484
7		30	0,00506
14	40		0,00688
28		40	0,00500

У віці 7 діб, при 20 % вмісту активованого наповнювача з відходів ГЗК, максимальне значення початкового модуля пружності має цементний камінь при водоцементному відношенні 0,28, а мінімальне значення - цементний камінь при водоцементному відношенні 0,36, як наведено в табл. 2.

У віці 14 діб, значення початкового модуля пружності при водоцементному відношенні 0,28 зменшується в 1,6 рази, при водоцементному відношенні 0,32 значення початкового модуля пружності збільшується в 1,2 рази, а при водоцементному відношенні 0,36 значення початкового модуля пружності збільшується в 2,4 рази.

Цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32 має максимальне значення початкового модуля пружності, а мінімальне значення має цементний камінь з водоцементним співвідношенням 0,36 (табл. 2).

При водоцементному відношенні 0,36, у віці 14 діб, значення початкового модуля пружності цементного каменю, що містить 20 % активованого наповнювача з відходів ГЗК, на 5,3% більше у порівнянні з контрольним зразком.

У віці 28 діб, значення початкового модуля пружності при водоцементному відношенні 0,32 збільшується в 1,8 рази, а при водоцементному співвідношенні 0,36 - збільшується в 1,07 рази.

Таблиця 2
Початковий модуль пружності цементного каменю, МПа

Вік, діб			Вміст активованого наповнювача з відходів ГЗК, %	В/Ц
7	14	28		
-	2323,4	4289,9	0	0,28
2934,3	2382,8	3708,4	20	
1943,8	1802,9	1967,2	30	
-	1596,7	3454,8	0	0,32
2083,3	2470,4	3710,1	20	
3442,03	1826,9	3055,6	30	
2155,2	3537,9	2074,7	40	0,36
2441,4	1523,4	-	0	
895,9	2199,1	2349,6	20	
1464,4	1952,9	3529,4	30	0,36
1595,7	1149,4	1778,2	40	

Цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32 має максимальне значення початкового модуля пружності, а мінімальне значення - цементний камінь з водоцементним відношенням 0,36 (табл. 2).

Таким чином, значення початкового модуля пружності цементного каменю незалежно від вмісту активованого наповнювача з відходів ГЗК, зі збільшенням віку збільшується.

Найбільше значення початкового модуля пружності майже завжди має цементний камінь з водоцементним відношенням 0,32, при вмісті активованого наповнювача з відходів ГЗК в кількості 20 % та 40 %.

Тому це значення водоцементного відношення являється найоптимальнішим, і воно забезпечує утворення меншої кількості гелю та більшої кількості кристалічних новоутворень в продуктах гідратації цементу з додаванням активованого наповнювача з відходів ГЗК, з постійним вмістом водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Введення 20 % активованого наповнювача з відходів ГЗК та водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами в кількості 0,5 % від маси цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження.

При цьому швидкість формування деформативних властивостей даного цементного каменю вища в порівнянні з бездобавочним.

Список літератури

1. **Шишкин А. А., Шишкина А. А., Щерба В.В.** Особенности использования отходов горнообогатительных комбинатов в производстве строительных материалов / **А. А. Шишкин, А. А. Шишкина, В. В. Щерба В.В.** // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2013. - № 1(99). – С. 8 – 12.
2. **Резниченко П. Т.** Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности [Текст] / П. Т. Резниченко, А. П. Чехов. – Днепропетровск: Промінь, 1973. – 94 с.
3. **Шишкин А. А.** Бетоны на основе шламов обогащения железных руд и щелочного компонента [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Шишкин Александр Алексеевич. – Кривой Рог, 1989. – 177 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-33-2001. Будівельні матеріали. Пісок кварцевозалізистий і тонкодисперсна фракція для будівельних робіт з відходів гірничозбагачувальних комбінатів України. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.73395 ; введ. 01.04.2002. – К. : Держбуд України, 2001. – 12 с.
5. **Репп К. Ю.** Материалы для искусственных целиков и технология их возведения [Текст] / **К. Ю. Репп, Л. К. Вахрушев, С. А. Студзинский.** – М.: Недра, 1968. – 191 с.
6. **Репп К. Ю.** Материалы для искусственных целиков и технология их возведения [Текст] / **К. Ю. Репп.** – М.: Недра, 1968. – 72 с.
7. **Lowson R.** Aqueous oxidation of pyrite by molecular oxygen [Текст] / **R. Lowson** // Chem. rev. – 1982. – V. 82, № 5. – P. 461–497.
8. **Валовой О. І., Астахов В. І., Афанасьев В. В., Валовой М. О., Єременко О. Ю.** Використання відходів гірничорудної промисловості у промисловому, цивільному та транспортному будівництві / **О. І. Валовой, В. І. Астахов, В. В. Афанасьев, М. О. Валовой, О. Ю. Єременко** // Гірничий вісник. - 2020. - вип. 107. – С. 142-147.
9. **Герб П. І., Валовой О. І.** Ефективність використання відходів ГЗК, як заповнювача в бетонах, для підвищення тріщиностійкості при підсиленні залізобетонних балок / **П. І. Герб, О. І. Валовой** // Вісник Криворізького національного університету. – 2017. – Вип. 44. – С. 49 – 54.
10. **Шевченко Б. Н.** Исследование прочности и деформативности предварительно напряженных железобетонных элементов, изготовленных из бетонов на мелких заполнителях – отходах горно-обогатительных комбинатов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / Б. Н. Шевченко. – Киев, 1980. – 20 с.
11. **Шевченко Б. Н.** Конструкции из бетонов на отходах обогащения железных руд / **Б. Н. Шевченко** // К.: Выш. шк., 1989. – 192 с.
12. **Шевченко Б. Н., Валовой А. И., Стаханов Н. П.** Предварительно напряженные конструкции из бетона на мелких заполнителях – отходах обогащения железных руд / **Б. Н. Шевченко, А. И. Валовой, Н. П. Стаханов** // X Международный конгрессе ФИП: 16- 20 февраля 1986 г., Дели. : М.: ФИП, НК СССР, 1986. – 12 с.
13. **Стороженко Г. Т.** Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов из бетонов на местных материалах Кривбасса: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» / **Г. Т. Стороженко** – Кривой Рог, 1971. – 19 с.
14. **Стороженко Г. Т.** Конструктивные элементы на местных материалах / **Г. Т. Стороженко** // Будівельні матеріали і конструкції. – 1971. № 1. – С.12.
15. **Бондаренко Г. Н.** Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК / **Г. Н. Бондаренко** // Бетон и железобетон. – 1975. – № 3. – С.10-12.
16. **Стороженко Л. И., Шевченко Б. Н., Ильенко В. М. и др.** Железобетонные 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.
17. **Бондаренко Г. Н.** Обычные и высокопрочные бетоны на заполнителях из отходов ГОК / **Г. Н. Бондаренко** // Бетон и железобетон, 1975, № 3, С. 6 - 8.

18. **Виберг І. Ф.** Заполнители для бетона из отходов горно-обогатительной промышленности / **И. Ф. Виберг** // Бетон и железобетон, 1975, № 3, С. 12 - 13.

19. **Руденко О. В.** Відходи гірничо-збагачувального виробництва: особливості при визначенні їх об'єктом обліку / **О. В. Руденко** // ISSN 2074-5362. Європейський вектор економічного розвитку. - 2011. - № 1 (10). – С. 202 – 207

УДК 681.518

М.В. КІЯНОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,
Н.І. ЦИВІНДА, А.О. РЯЗАНЦЕВ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО АУТСТАФФІНГУ АБО АУТСОРСИНГУ

Мета. Мета даної роботи полягає в досягненні ефективності процесів аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення, при співпраці з профільними інжиніринговими компаніями, за рахунок наукового обґрунтування параметрів угод інструментального оснащення, які відповідають ресурсним характеристикам всіх видів інструментів та властивостям матеріалів, що піддаються обробці.

Методи дослідження. Результати роботи по обґрунтуванню параметрів інструментального забезпечення виробництва отримані шляхом теоретичних, статистичних і експериментальних досліджень. Для раціонального використання коштів обсяги і терміни замовлень в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення здійснюються за схемою «мінімум-максимум запасів». В якості експериментальних досліджень використано дані обробки броні конусних дробарок, де фіксувались граничні спрацювання ріжучих пластин, та проведена подальша перевірка гіпотези про вид закону розподілу ймовірності значень стійкості ріжучих пластин з надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору.

Наукова новизна. Організація процесів підготовки і керування виробничими процесами у машинобудуванні залежить від ефективності інструментального забезпечення виробничих операцій. Виходячи із великої витратності процесів підготовки виробництва, потреби підприємств інвестувати власні кошти і значної відстані до моменту отримання прибутку, стає актуальним розробка ефективних бізнес-процесів підготовки виробництва на засадах умов аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення із значним скороченням системних (організаційних) і цільових (об'єктно-орієнтованих) витрат на придбання інструментального оснащення.

Практичне значення. Мінімальні витрати у сучасному виробництві досягаються при правильному поєднанні ефективності різних форм зовнішньої інжинірингової допомоги, яка може надаватись у формах аутстафінгу або аутсорсингу, що є управлінською технологією, яка скоротить витрати фірми, а може збільшити її доходи. Це досягається за рахунок концентрації грошових, тимчасових і трудових ресурсів на веденні основної бізнес-діяльності, що істотно підвищує її продуктивність

Результати. Було виявлено, що встановлення обґрунтованих параметрів замовлень інструменту, термінів отримання, раціональних витрат досягається без додаткових витрат, завдяки системному накопиченню статистичних даних про стійкість інструменту з подальшою обробкою за допомогою доступного програмного забезпечення.

Ключові слова: інструментальне оснащення, бізнес-процеси, підготовки виробництва, аутстафінг, аутсорсинг, ефективність процесів інструментального забезпечення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-103-109

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Організація інструментального забезпечення машинобудівного виробництва є вагомим витратною операцією підприємства, що стримує перспективу отримання замовлень і ефективної діяльності і через це вимагає перебудови існуючих бізнес-процесів. Досвід проведення підготовки виробництва встановив параметри витрат підприємства:

проекування та виготовлення комплекту технологічного оснащення становить за трудомісткістю до 80%, за тривалістю – 90% загальних витрат на технологічну підготовку виробництва нових виробів;

витрати на оснащення нових виробів становлять 8-15% собівартості, а оборотні кошти, вкладені у виготовлення та придбання технологічного оснащення, займають від 15 до 40% від загальної суми оборотних засобів підприємства;

на окремих підприємствах чисельність працівників інструментального господарства становить 20-25% від числа робітників, зайнятих в основному виробництві.

Розглянута проблема найменш досліджена та не має достатньо повного теоретичного та практичного рішення.

Аналіз досліджень і публікацій. Машинобудівні підприємства характеризуються високим ступенем автономності організації виробничого процесу, де значну роль відіграють допоміжні та обслуговуючі структурні підрозділи. Обтяження непрофільними видами діяльності в умовах нестабільності зовнішнього середовища та конкуренції, що росте, на зовнішніх ринках істотно знижує ефективність їх функціонування [1]. Аналіз теорії та досвіду роботи зарубіжних компаній показує, що підвищення ефективності виробництва забезпечується, у тому числі за рахунок розбудови структури організації, переходу до активної політики інноваційного оновлення, здатності адаптуватися до змін ринку шляхом виділення непрофільних виробництв та організації аутсорсингу [1].

Термін аутсорсинг (англ. «outsourcing») походить від англійських слів «outside resource using» і дослівно означає «використання зовнішніх ресурсів» [5, с. 7]. Процес аутсорсингу, передачі низки функцій економічного суб'єкта стороннім організаціям, є природним елементом еволюції форм господарювання як в українській, так і у міжнародній економіці. Якщо розглядати це явище на рівні економічних суб'єктів, то можна стверджувати, що аутсорсинг є одним з найперспективніших шляхів підвищення ефективності діяльності підприємства, а саме покращення якості продукції, зниження витрат та економії ресурсів, підвищення продуктивності праці, а також доступу до передових технологій. Це явище настільки багатогранне, що породило безліч його досліджень і публікацій [7-17]. Дослідженням, що стосуються залучення аутсорсингу в діяльності підприємства, сьогодні присвячують свої роботи велику кількість вчених, серед яких вагомий внесок у вивчення цього питання внесли Дж. Б. Хейвуд, Е. Андресон, Дж. Хендрі, Б.А. Анікін, Д.М. Михайлов, І.Г. Альтшулер та інші. Розробляючи оптимальну стратегію застосування аутсорсингу, вони сформулювали концептуальні основи нової методології управління, досліджували практичні моменти використання аутсорсингу.

Враховуючи важливість інструментального забезпечення (ІЗ) виробничих процесів на підприємствах створюються служби ІЗ із повною або спрощеною структурами [6], які передбачають наявність інструментального виробництва, інструментального відділу, інструментально-роздавальні комори, бюро інструментального господарства, інструментальні групи по забезпеченню виробництва. Названі структурні підрозділи повинні мати висококваліфікований персонал, свої схеми підпорядкування, принципи і правила надійного інструментального оснащення виробничих операцій.

Проте не завжди компанії можуть собі дозволити утримувати великий штат персоналу з інструментального забезпечення виробничих процесів. Саме тому стає доцільним залучення позаштатного фахового персоналу та передача бізнес-процесів на інструментальне обслуговування компаніями підрядниками. Саме такими послугами є аутстафінг та аутсорсинг.

Сучасні зміни у організації машинобудівних виробництв, їх підвищена мобільність, орієнтація на багатомономенклатурне виробництво із швидкими темпами підготовки виробництва, вимагають перебудови бізнес-процесів інструментального оснащення виробництва, де їх ефективність може досягатись за рахунок умов аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення. За допомогою даної управлінської технології вдається не тільки скоротити витрати фірми, а й збільшити її доходи. Це досягається за рахунок концентрації грошових, часових та трудових ресурсів на веденні основної бізнес-діяльності, що істотно підвищує її продуктивність.

Постановка задачі. Задачі дослідження полягають в досягненні ефективності процесів аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення, при співпраці з профільними інжиніринговими компаніями, за рахунок наукового обґрунтування параметрів угод інструментального оснащення, які відповідають ресурсним характеристикам всіх видів інструментів та властивостям матеріалів, що піддаються обробці.

Виклад матеріалу і результати. В умовах процесів інструментального забезпечення на підставі угод аутстафінгу або аутсорсингу замовник здійснює приймання, перевірку, зберігання, видачу та облік руху інструменту на підприємстві. Для раціонального використання ко-

штів обсяги і терміни замовлень в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення здійснюються за схемою (рис. 1) «мінімум-максимум запасів» [6].

Рис. 1. Структура запасів інструменту у Заводника за схемою «мінімум-максимум»

Сутність цієї системи полягає у розрахунку за певною методикою трьох норм запасу інструменту: мінімум – максимум – точка замовлення (Z_{\min} – Z_{\max} – $Z_{r,3}$) та організації безперервного інструментозабезпечення, при дискретності періодів постачання.

Мінімальний запас Z_{\min} визначається через потребу i -го виду інструменту для початку процесів обробки першої (повної) партії замовлення $N(i)$ на період придбання (T_c), що відповідає вимогам щодо термінів підготовки виробництва.

Розмір Z_{\min} визначають опираючись на усереднений (часто декларативний) показник стійкості інструменту, що стає причиною дезорганізації виробництва, через факт розсіювання працездатності інструменту, який залежить від ресурсних характеристик конструкції і матеріалів інструментів та властивостям матеріалів, що піддаються обробці.

Максимальний запас визначається по формулі:

$$Z_{\max} = Z_{\min} + N_{\min}, \quad (1)$$

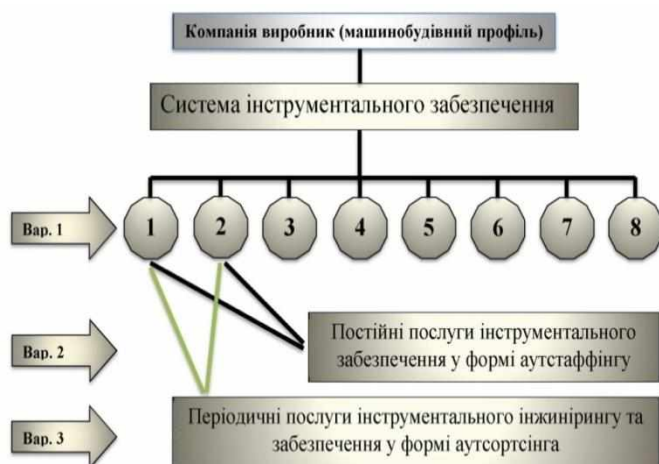
де – N_{\min} гарантований запас для обробки першої (повної) партії замовлення $N(i)$.

Z_{\max} може створюватись дискретно відповідно до календарного плану замовлень та раціоналізації витрат на придбання інструменту.

При виборі оптимального варіанта системи інструментозабезпечення виробничих підрозділів в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення слід виходити з принципу досягнення своєчасного та якісного постачання інструменту при мінімальних витратах на процеси обслуговування з урахуванням втрат, спричинених організацією цих процесів.

Мінімальні витрати у сучасному виробництві досягаються при правильному поєднанні ефективності різних форм зовнішньої інжинірингової допомоги (рис.2), яка може надаватись у формах аутстафінгу або аутсорсингу, що є управлінською технологією, яка скоротить витрати фірми, а може збільшити її доходи. Це досягається за рахунок концентрації грошових, тимчасових і трудових ресурсів на веденні основної бізнес-діяльності, що істотно підвищує її продуктивність.

Рис. 2. Варіанти інструментального забезпечення виробничих процесів, де *Var.1* – класична схема інструментального забезпечення (1 – інструментальний відділ підприємства (інжиніринг інструментального забезпечення); 2 – відділ менеджменту варіантів інжинірингу та придбання інструментів провідних виробників інструменту; 3 – інструментальне виробництво; 4 – центральний інструментальний склад; 5 – цехові інструментальні бюро; 6 – інструментально-видаткові комори; 7 – дільниці відновлення інструменту; 8 – дільниці утилізації інструменту), *Var.2* – схема інструментального забезпечення із збереженням або залученням висококваліфікованого персоналу при скороченні функцій інструментальної системи, *Var.3* – схема інструментального забезпечення «за потребою»



Інструментальне забезпечення потребує висококваліфікованого персоналу [18]. Однак не завжди компанії потрібно утримувати великий штат персоналу для утримання інструментального виробництва, інструментальні відділи, дільниці, інструментально-видаткові комори та інше. Саме тому послуги залучення позаштатного персоналу та передача бізнес-процесів на

обслуговування процесів інструментального забезпечення може бути доручено компаніям підприємствам. Це стає актуальним при збільшенні обсягів інструментів, що постачаються провідними світовими виробниками інструменту. Саме такі послуги можуть здійснюватись у формі аутстафінгу та аутсорсингу.

Аутстафінг – це послуга виведення персоналу за межі офіційного штату організації [5]. При цьому у працівників змінюється офіційний роботодавець, ним стає аутстафінгове агентство. При аутстафінгу персонал оформляється у компанії провайдера. Окрім цього, для працівників нічого не змінюється. Вони виконують ту ж роботу, що й раніше, завдання їм дає колишній роботодавець. Для роботодавця ця послуга дає змогу скоротити витрати до 30%.

При аутсорсингу компанія провайдер підбирає персонал для замовника за заданими критеріями і відправляє його працювати у вашу компанію.

Але зміна організаційних форм системи інструментального забезпечення це потрібна, але недостатня умова підвищення ефективності бізнес-процесів, тому що кількісні параметри угод мають ризики, природу яких потрібно враховувати. Це полягає в тому, що обов'язковою умовою визначення параметрів інструментозабезпечення в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення стає врахування ресурсних характеристик всіх видів інструментів та властивостей матеріалів, що піддаються обробці та визначення «алгоритму» вирішення завдання підвищення ефективності інструментозабезпечення на машинобудівних підприємствах з динамічними умовами виробництва за частотою зміни виробів, що випускаються.

Врахуванням ресурсних характеристик всіх видів інструментів та властивостей матеріалів, що піддаються обробці відбувається при визначенні параметрів $Z_{\min} = T_{\text{маш}} / C_{\min}$, де потрібно аналізувати ефект розсіювання значень стійкості інструменту для заданих умов і встановлювати обґрунтоване значення C_{\min} ($T_{\text{маш}}$ – розрахунковий машинний час для виконання обробки заданих обсягів).

Для прикладу актуальності наведених рекомендацій приводимо докази, щодо використання ресурсних характеристик інструменту (ріжучих пластин з надтвердих матеріалів (ПСТМ) на основі кубічного нітриду бору (КНБ) отримані для визначення потреб інструментального забезпечення процесів обробки партії деталей із сталі 110Г13Л, які отримані при проведенні експериментальних досліджень обробки броні конусних дробарок, де фіксувались граничні спрацювання ріжучих пластин [2-4].

Оцінивши отримані результати, робимо висновки, що всі опрацьовані масиви підпорядковуються нормальному розподілу (рис. 3) [4]. Про це свідчать значення всіх визначених критеріїв, які використовуються для з'ясування та позначення нормальності.

Для розуміння потреб у інструменті при формуванні замовлення для заданої партії виробів є характеристики розсіювання значення стійкості $n=63$ (число пластин), $C_{\text{сер.}} = 19$ хв. (середня стійкість пластини), $D = 74$ дисперсія розсіювання, $S = 8,9$ середньоквадратичне відхилення значень стійкості (рис. 3) [4].

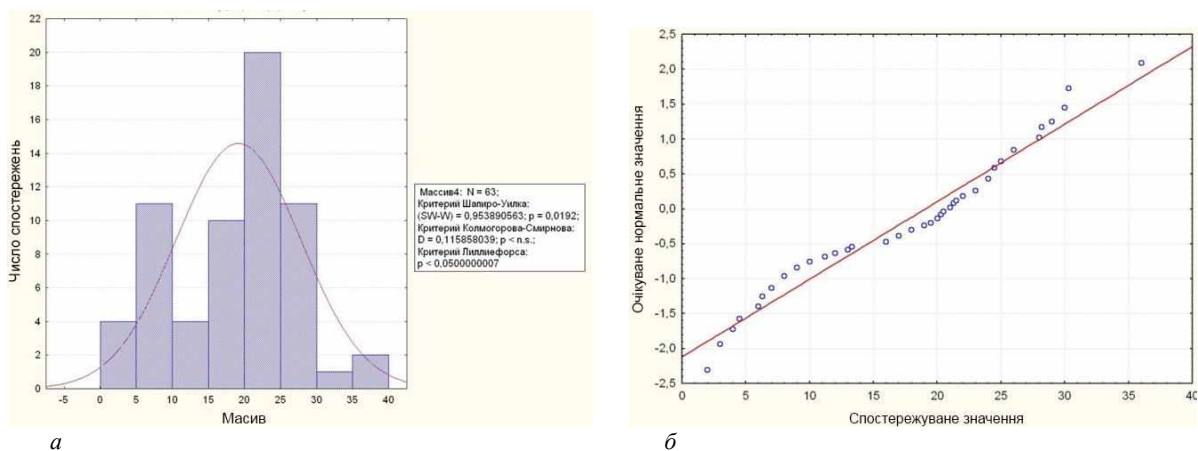


Рис. 3. Гістограма розподілу значень стійкості (а). Перевірка гіпотези про вид закону розподілу ймовірності значень стійкості. Нормальний ймовірнісний графік масиву (б)

Але для більш коректного розуміння і сприйняття ресурсних характеристик ріжучих пластин і, відповідно, більш точного формування замовлення потрібно врахувати на те, що серед

даних зведених до масивів чітко прослідковуються 2 окремі процеси, які розділяють закономірності потреби кількості пластин для процесів чорнової і чистої обробки. Після опрацювання даних отриманих по кожному з масивів, встановлена межа між двома процесами і здійснивши розподіл прийшли до наступних результатів.

1. Масив 1-1 – Кількість відпрацьованих годин пластин з КНБ, які використовувались лише при чорновій обробці броні (рис. 4) [4].

У даному масиві (1-1) $C_{сер.} = 7,5$ хв. (середня стійкість пластини), $D = 9,28$ дисперсія розсіювання, $S = 3,07$ середньоквадратичне відхилення значень стійкості

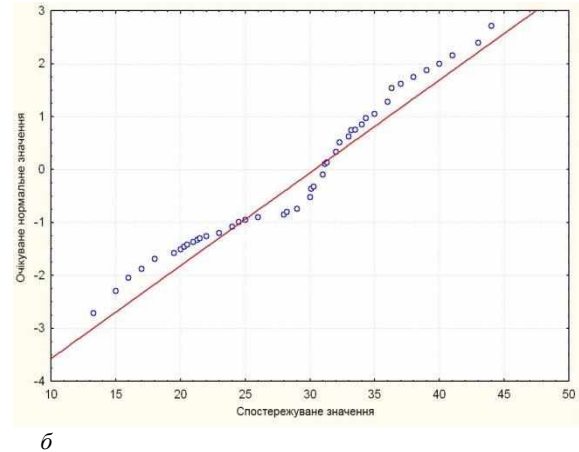
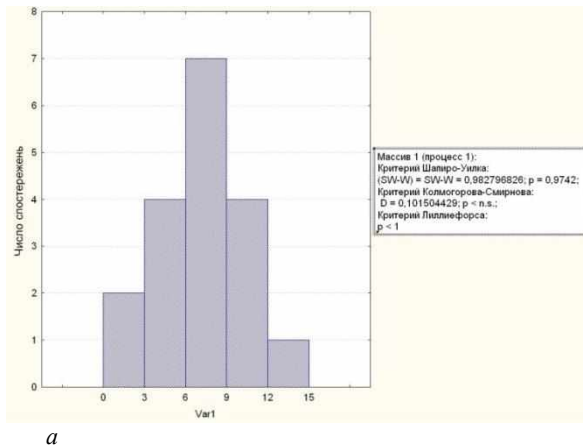


Рис. 4. Гістограма масиву 1-1 (а). Нормальний ймовірнісний графік масиву 1-1 (б)

2. Масив 1-2 – Кількість відпрацьованих годин пластин з КНБ, які використовувались лише при чистовій обробці броні (рис. 5) [4].

В цьому масиві (1-2) $C_{сер.} = 30$ хв. (середня стійкість пластини), $D = 29$ дисперсія розсіювання, $S = 5,04$ середньоквадратичне відхилення значень стійкості.

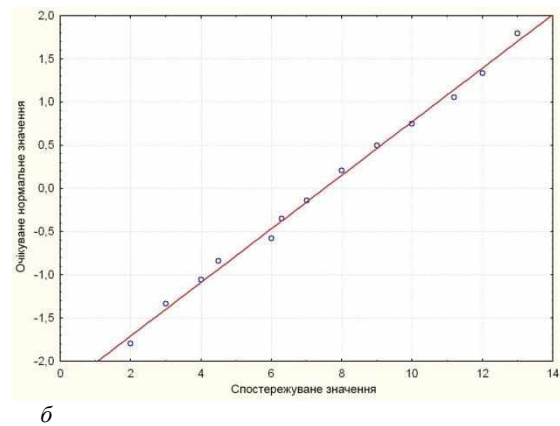
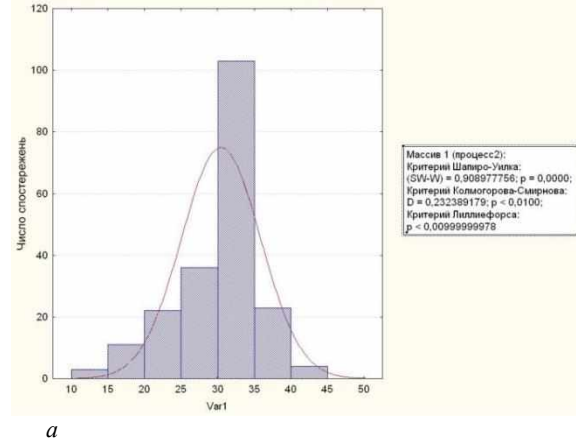


Рис. 5. Гістограма масиву 1-2 (а). Нормальний ймовірнісний графік масиву 1-2 (б)

Таким чином для обґрунтування кількості потрібного інструменту потрібно скористатися властивостями нормального закону розподілу ймовірності значень стійкості за параметрами встановленого закону (2) та встановити величину Z_{min} за узгодженою величиною ризику (3)

$$f(t) = \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-t_{сер.})^2}{2S^2}}, \quad (2)$$

де $S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (t_i - t_{сер.})^2}$ – середнє квадратичне відхилення; $t_{сер.} = \frac{\sum t_i}{N}$ – середнє значення стійкості інструменту.

$$F_0(x) = \int_{-\infty}^x f_0(x) dx, \quad (3)$$

де f_0 – функція щільності розподілу ймовірності значень стійкості, $f_0(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$, в якій для

спрощення підрахунків застосовують підстановку $U_p = \frac{t - t_{cep}}{S} = x$, де x – квантиль нормального розподілу, що відповідає задовільній величині ризику виконання задач обробки.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Організація процесів підготовки і керування виробничими процесами у машинобудуванні залежить від ефективності інструментального забезпечення виробничих операцій. Виходячи із великої витратності процесів підготовки виробництва, потреби підприємств інвестувати власні кошти і значної відстані до моменту отримання прибутку, стає актуальним розробка ефективних бізнес-процесів підготовки виробництва на засадах умов аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення із значним скороченням системних (організаційних) і цільових (об’єктно-орієнтованих) витрат на придбання інструментального оснащення. Встановлення обґрунтованих параметрів замовлень інструменту, термінів отримання, раціональних витрат досягається без додаткових витрат, завдяки системному накопиченню статистичних даних про стійкість інструменту з подальшою обробкою за допомогою доступного програмного забезпечення (у багатьох випадках безкоштовного).

Список літератури

1. Юрин Д. Ю. Экономические границы применения аутсорсинга. – Colloquium-journal. – 2019. – № 10-8 (34). С. 180-182.
2. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Чернявська О.В., Лаухіна Л.І., Зуєв І.О. Аналіз призначення рівня режимів різання за виробничими критеріями. – Вісник Криворізького національного університету. Збірник наукових праць. – Вип.52. Кривий Ріг, 2021. – С.54-58.
3. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Третяк В.В. Вибір засобів мехатроніки для адаптивного керування стійкістю ріжучої кромки інструментів із ПСТМ на верстатах з ЧПК. – Авиационно-космическая техника и технология. Научно-технический журнал. – Вип.8 (152). Харків «ХАІ», 2018. – С.74-81.
4. Цивінда Н.І. Вплив стійкості різців з пластинами з ПНТМ на основі КНБ на ймовірність завершення технологічної операції. – Гірничий вісник. Науково-технічний збірник. – Вип. 95(1). Кривий Ріг, 2012. – С. 121-124.
5. Аникин, Б.А. Рудая И.Л. Аутсорсинг и аутстафтинг: высокие технологии менеджмента: учеб. пособ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 320 с.
6. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов. Учебник: «Вища школа», 1990. – 424 с.
7. Попова Т.О. Аутсорсинг в системі антикризового управління промисловим підприємством. – Запорізька державна інженерна академія, http://www.zgia.zp.ua/gazeta/evzdia_1_171.pdf
8. Caprile M., Llorens C. Outsourcing and industrial relations in motor manufacturing, <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2000/outsourcing-and-industrial-relations-in-motor-manufacturing>
9. Загородній А.Г., Партин Г.О. Аутсорсинг та його вплив на витрати підприємства. – Фінанси України. – 2009. – №9. – С. 87-97.
10. Wilkerson, L., Sarder, M.D. Sustainable Manufacturing in the US Shipbuilding Industry through Outsourcing. – International Journal of Engineering & Industries. – 2011. – Vol. 2. – P. 86-109.
11. Парсяк В.Н., Жукова О.Ю. Умови запровадження інноваційного аутсорсингу в діяльність міжнародних інжинірингових компаній. – Sciences of Europe. – 2016. - № 2(2), – С. 26-29.
12. Бутів А. М. Передумови та перспективи використання аутсорсингу в діяльності вітчизняних підприємств [Електронний ресурс]. – Наукові записки [Національного університету «Острозька академія»]. Сер.: Економіка. - 2012. - Вип. 19. - С. 103-106. - URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nznuoa_2012_19_24
13. Дідух О.В. Аналіз ефективності використання аутсорсингу у господарській діяльності підприємств. – Львівська політехніка. – 2012. – №739. – С. 82-87.
14. Зозульов О. Микола О. Аутсорсинг як інструмент підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств в умовах глобалізації. – Економіка України. – 2009. – № 8(573). – С. 16–24.
15. Кросс Дж. Аутсорсинг: British Petroleum’s. – Гарвард Бизнес-ревю. – 2013. – №73. – С. 155.
16. Outsourcing technology: here are guidelines for establishing sourcing partnerships that are effective and truly strategic [Електронний ресурс]. Research Technology Management. Industrial Research Institute Inc. – 2005. – URL:<http://www.highbeam.com/doc/1G1#132299620.html>.
17. Барбаш А. Аутсорсинг в Україні: тенденції й прогнози, <http://www.it4business.ru/business/2149>.
18. Островець С. В. Інструментальне забезпечення технологічних процесів оброблення матеріалів у машинобудуванні. – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – 272 с.

А.М. ТУРИЛО, А.А. ТУРИЛО, доктори екон. наук, професори,
Р.В. КОРОЛЕНКО, С.М. КОРОЛЕНКО, кандидати екон. наук, доценти
Криворізький національний університет

СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ, КОРПОРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ І ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ ВІДНОСНО ЕКОНОМІЧНОЇ СТРАТАГЕМИ, ЕКОНОМІЧНОЇ ДЕВІАЦІЇ І ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Мета. Метою є визначення ролі і сили впливу стратегії, корпоративного управління й людського капіталу на такі важливі аспекти для сучасного стану функціонування суб'єктів господарювання, як економічна стратегема, економічна девіація і фінансово-економічна безпека.

Методи дослідження. Результати і наукові положення отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Удосконалено і переглянуто підходи стосовно принципового співвідношення між змістом й ієрархією категорій «інтелектуальний капітал» і «людський капітал» в результаті чого зазначено, що категорія «людський капітал» є більш ємною, базовою і головною по відношенню до категорії «інтелектуальний капітал».

Уточнено класифікацію і термінологічний апарат категорії «людський капітал» у вигляді безпосередньо людського капіталу, удосконалено структуру людського капіталу через розкриття змісту базових його складових, що в єдності розкривають головну сутність даної категорії.

Запропоновано в процесі управління персоналом з метою підвищення його ефективності враховувати такі важливі явища в діяльності підприємства, як економічна стратегема і економічна девіація.

Практична значимість. Відмічено, що врахування в загальній системі управління персоналом підприємства всіх аспектів і складових, які впливають на рівень реалізації його потенціалу є об'єктивною необхідністю. Визначено зміст і значимість у процесі забезпечення ефективності системи управління персоналом, фінансово-економічної безпеки підприємства таких чинників, як економічна стратегема і економічна девіація. Показано зростаючу актуальність проблеми економічної стратегеми і економічної девіації для сучасного розвитку суб'єктів господарювання.

Результати. Запропоновано і введено в науково-економічний оборот терміни «економічна стратегема» і «економічна девіація», надано загальний підхід до їх змістовного трактування. Показано зв'язок економічної стратегеми і економічної девіації з ключовими аспектами діяльності підприємства: формуванням і реалізацією стратегії розвитку підприємства; рівнем реалізації потенціалу людського капіталу підприємства; ефективністю корпоративного управління; рівнем фінансово-економічної безпеки підприємства тощо і відзначено необхідність їх обов'язкового врахування в процесах планування розвитку персоналу підприємства.

Ключові слова: стратегія, управління, людський капітал, економічна стратегема, економічна девіація, фінансово-економічна безпека.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-109-115

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Людський капітал виступає головним чинником для всіх суб'єктів господарювання на сучасному етапі їх розвитку. Важливою проблемою реалізації потенціалу людського капіталу в діяльності підприємства є виявлення й управління такими його складовими як економічна стратегема і економічна девіація. Значимість їх полягає в тому, що вони суттєво впливають на конкурентність розвитку і фінансово-економічну безпеку підприємства.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз публікацій економічного напрямку показує, що питання стосовно економічної стратегеми і економічної девіації та їх впливу на конкурентність розвитку і фінансово-економічну безпеку суб'єктів господарювання недостатньо досліджені [1-2]. У наукових працях не розкрито також питання таких складових людського капіталу як економічна стратегема і економічна девіація, а їх роль на сучасному етапі розвитку суб'єктів господарювання суттєво підвищується [3-5].

Постановка задачі. Метою даної наукової роботи є визначення ролі і сили впливу стратегії, корпоративного управління й людського капіталу на такі важливі аспекти для сучасного стану функціонування суб'єктів господарювання різних галузей національної економіки, як економічна стратегема, економічна девіація і фінансово-економічна безпека.

Викладення матеріалу та результати. Поступовий прогресивний розвиток людства призводить до формування кардинально нового виду економіки, а саме інноваційної економіки (економіки знань, інтелектуальної економіки, інформаційної економіки, цифрової економіки тощо).

«Масштабні структурні зрушення, які відбулися у розвинених країнах... – відмічається в роботі [4], – знаменували перехід від «матеріальної» до «інтелектуальної» економіки, в якій освідченість, професіоналізм, наукові знання та унікальні навички їх носіїв виступають стратегічним чинником та визначальним джерелом соціально-економічного розвитку».

Академік А.А. Чухно звертає увагу на те, що у новому суспільстві, у новій економіці буде забезпечуватися не лише небачений рівень добробуту, а і будуть створені умови для розвитку творчості людини, піднесення її ролі у виробництві і житті суспільства [5].

Японський вчений Й. Масуда акцентує увагу на таких основних постулатах для нової економіки [6]: інформаційні ресурси стають більш цінними і значущими ніж матеріальні; капітал, втілений у знаннях оцінюється ринком вище, ніж капітал, втілений у матеріальній формі.

М. Кастельс трактує інформаційну економіку як таку «в якій конкурентоспроможність суб'єктів господарювання визначається їхньою здатністю генерувати, обробляти і ефективно використовувати інформацію, засновану на знаннях» [7].

У роботах [8,9] відмічається, що знання й інформація стають безпосередньо продуктивною силою та перетворюються на найважливіший фактор нової економіки, основним ресурсом господарської діяльності.

«Усі економічні системи, – вказує О. Тоффлер, – ґрунтуються на знаннях, усі комерційні підприємства залежать від цього виробничого ресурсу... При аналізі факторів господарювання економісти і менеджери, як правило, роблять наголос на капіталі, робочій силі та землі, ігноруючи знання, хоча цей ресурс... є на сьогодні найважливішим із усіх» [10].

У представлених вище і в інших наукових працях провідних економістів і дослідників світу зміст нової моделі економіки розкривається через значимість знань та інформації, джерелом яких є людина, а це в свою чергу привело до появи таких категорій як «інтелектуальний капітал» і «людський капітал».

У цьому ракурсі в західній літературі пріоритетною категорією виступає інтелектуальний капітал, який включає в себе людський капітал як певну його складову частину.

З цього приводу ми маємо свою точку зору і вважаємо, що напроти категорія «людський капітал» є головною, більш ємною по відношенню до категорії «інтелектуальний капітал», тобто інтелектуальний капітал є складовою частиною людського капіталу.

Першоосновою є людина, вона носій і джерело знань, інформації і всіх інших видів капіталів пов'язаних з її діяльністю. Не може інтелектуальний капітал бути «відділений» від людини-працівника, бути над людським капіталом.

Від людини-працівника, як носія людського капіталу, безпосередньо і похідним чином утворюються всі види капіталів.

Безпосередньо людський капітал (БЛК), (живий людський капітал (ЖЛК)) – це капітал, який не може бути відділений від людини-працівника і не може бути власністю фірми, підприємства, корпорації.

Похідний людський капітал (ПЛК) – це капітал, який утворився в процесі діяльності людського капіталу (безпосередньо людського капіталу) і перетворився в певний похідний його вид, який може бути власністю фірми, підприємства, корпорації. Наше бачення стосовно структури людського капіталу підприємства представлено на рис. 1.

На етапі широкої демократизації, гуманізації, соціалізації та інноватизації суспільства людина стає найвищою його цінністю і головним оціночним критерієм розвитку.

Доброта, інтелект, свобода, морально-духовність, соціальність, психологічність, суспільно-релігійні переконання, здоров'я, суспільно-значимі результати, дії і вчинки у всій своїй єдності визначають, по-перше, філософські і теоретичні основи до трактування категорій «цінність людини», «людський ресурс» та «людський капітал», по-друге, змістовну базу до оцінювання даних категорій (методологічно і методично) [11], а по-третє, певні аспекти щодо управління ефективністю формування і використання людського капіталу в процесі діяльності будь-якого суб'єкта господарювання (у тому числі і в частині розробки і реалізації стратегії підприємства).

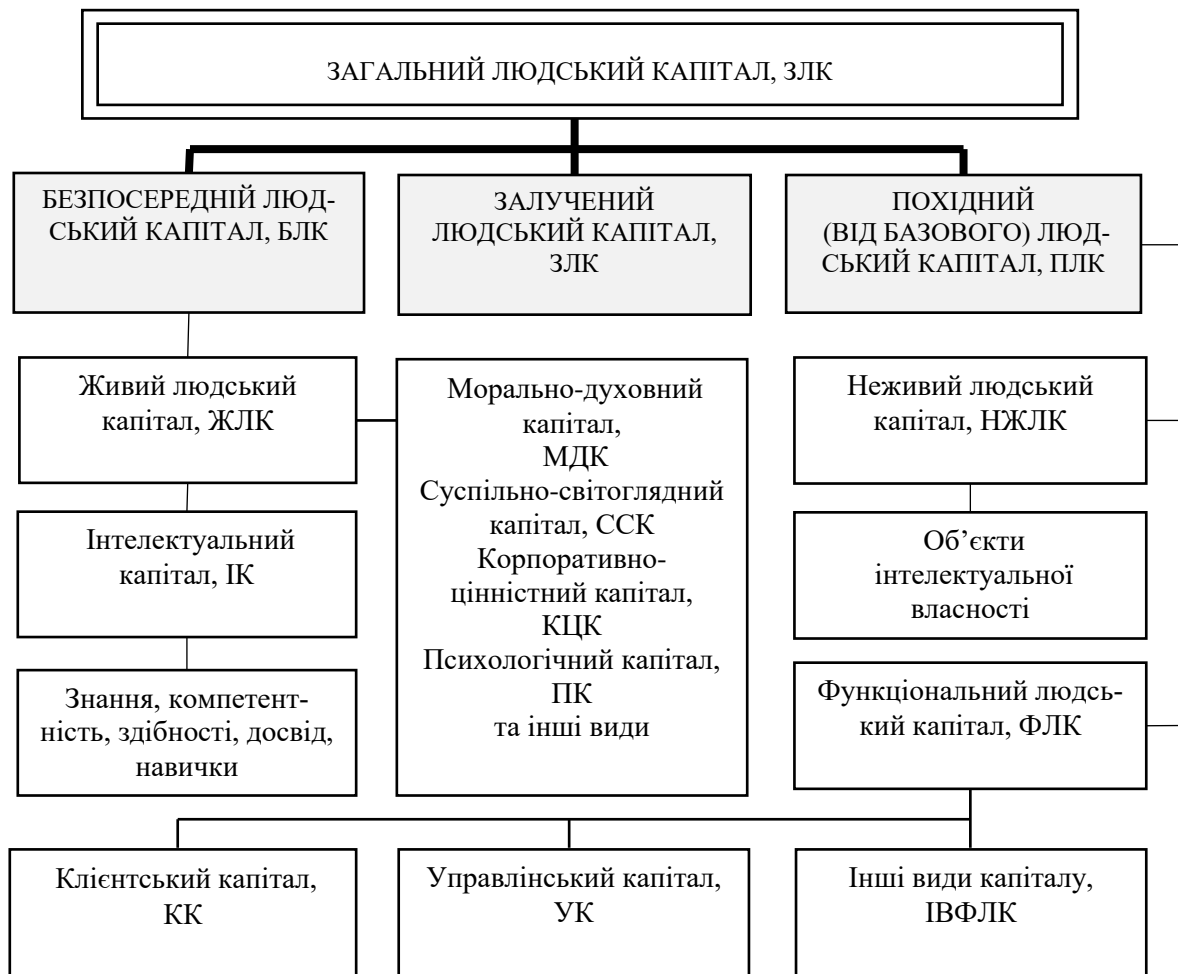


Рис. 1. Загальна структура людського капіталу підприємства

В аспекті ефективного формування і управління людським капіталом підприємства потрібно зазначити, що це надто складна і багатогранна проблема, яка вимагає глибокого, деталізованого та перманентного аналізу всіх елементів, що його складають і всіх чинників, що впливають на нього.

У даній роботі зупинимося на двох аспектах, що впливають на продуктивність людського капіталу – на економічній страгемі та економічній девіації.

Економічна страгема і економічна девіація повною мірою мають між собою зв'язок і пов'язані з таким елементом людського капіталу як психологічний капітал.

Економічна страгема – це наш результат переоцінки і удосконалення відомої категорії «страгема» (іноді дана категорія визначається як «стратегема»). Страгема у своєму першопочатковому вигляді існувала вже кілька тисячоліть тому назад на теренах Греції, Китаю тощо.

На наш погляд, з позицій сучасності, трансформації її сутності і застосування в економічній сфері категорія «економічна страгема» по відношенню до підприємства може трактуватися як процес управління психологічним станом робітника (групи робітників, колективу) з метою гармонізації виробничих відносин і на цих засадах забезпечення реалізації поставлених економічних цілей і завдань.

Фактично економічна страгема в певній формі існує на будь-якому підприємстві, але вона є і була поза увагою як окремий, важливий і специфічний елемент менеджменту і тому вона повинна стати важливою реальною складовою загального і економічного менеджменту на підприємстві. Від ефективності економічної страгемі залежить рівень психологічного (соціально-психологічного) капіталу підприємства, який у єдності з інтелектуальним капіталом стає пріоритетним капіталом у розвитку суб'єкта господарювання.

Впровадження і реалізація економічної стратегії на підприємстві потребує відповідної політики управління персоналом в ракурсі специфічної підготовки певної групи спеціалістів. На багатьох підприємствах країн з розвинутою економікою вже існують окремі штати менеджерів-психологів, які виконують свої функції в залежності від визначених для них топ-менеджментом підприємства завдань. Настав час трансформувати їх діяльність в систему, що і буде відображати собою реальний і продуманий процес економічної стратегії.

Економічна стратегія має великі шанси стати реальним вагомим чинником (через зростання рівня соціально-економічного і в цілому людського капіталу) значимих конкурентних переваг для будь-якого підприємства на довгий період, бо формування такої стратегії – це важкий за зусиллями і тривалий за часом процес.

У діяльності підприємств все гостріше проявляє себе і таке явище як економічна девіація (в суспільному житті воно має місце під терміном «девіація» і пов'язано з девіантною поведінкою).

Категорії «економічна девіація» та «економічна девіативна поведінка» актуалізуються і визначаються виходячи з об'єктивної ситуації, що має місце в діяльності підприємств. Коренем походження даних категорій є аспекти суспільної девіації (таким же чином як похідна величина утворюється від основної величини). Суспільні явища закономірно відображаються в економічній діяльності підприємств, в тій чи іншій формі і глибині.

Значимими аспектами девіативної поведінки є психологічна, морально-духовна, культурно-ціннісна, матеріально-мотиваційна тощо.

Кожен із даних аспектів девіативної поведінки в економічній діяльності підприємства (економічна девіативна поведінка) має свої корені і може привести до значних економічних (і не тільки) втрат.

Економічна девіація в діяльності підприємств в залежності від сукупності індивідуальних для кожного із даних обставин проявляє себе переважно у формі незадоволеності робітника (групи робітників) за різними аспектами, у тому числі економічними, і виливається в кінцевому підсумку в певних видах конфліктних ситуацій, низькій продуктивності, демотивації, несприйнятті ціннісних корпоративних установок і стратегічних цілей, звільненню з роботи та плинності кадрів тощо.

Економічна девіація вирішується двома основними способами. Перший спосіб – превентивний. Він здійснюється на «вході підприємства» через маркетинговий і всебічний кадрово-якісний аналіз. Його головна ціль – недопущення появи девіації.

Другий спосіб – перманентно-аналітичний. Він здійснюється внутрішньо і охоплює системно-структурно всіх робітників підприємства в їх іманентності. Його головна ціль постійна оцінка створювання умов для робітників підприємства, що будуть нейтралізувати і запобігати появі чинників економічної девіації.

Таким чином, зміст і глибина загального менеджменту і економічного менеджменту на підприємстві все більше зсувається в бік обов'язкового управління девіацією і стратегією (рис. 2).

Психологія людини-працівника, рівень її психологічної адекватності та адаптивності до системи корпоративного управління, визначених виробничих завдань, корпоративних цінностей, змісту виробничих відносин, рівню обов'язків та відповідальності, системи мотивації та стимулювання тощо впливають значимим чином на ефективність людського капіталу, а значить і в цілому на ефективність діяльності підприємства.

Продумана сукупність заходів в ланцюжку «місія-стратегія-тактика підприємства» стосовно економічної стратегії і економічної девіації принесе відповідні результати і суттєво підвищить ефективність психологічного капіталу.

Досягнення між працівниками психологічної сумісності, формування високо-гармонійного психологічного стану в колективі це важливі умови до високоефективної реалізації всіх інших елементів людського капіталу, гармонізації в цілому процесу самореалізації будь-якого працівника підприємства.

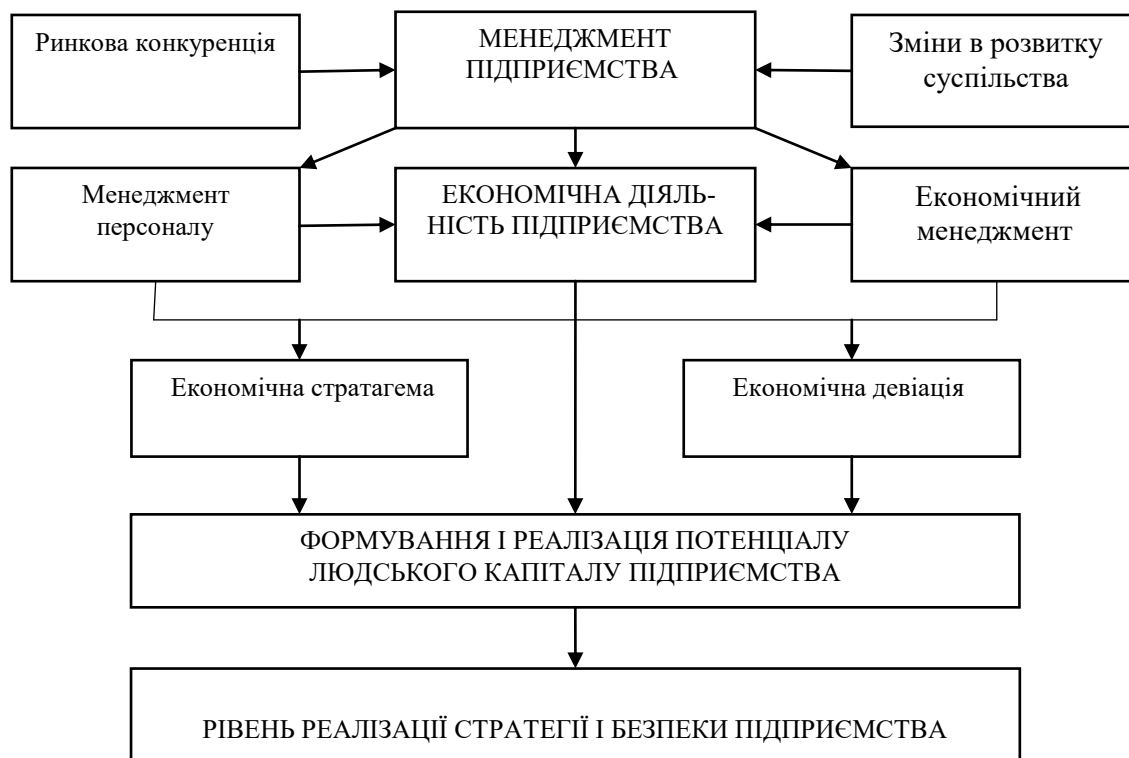


Рис.2. Окремі аспекти впливу новітніх чинників на розвиток підприємства

Питання і проблеми економічної стратегії, економічної девіації в період, коли суттєво ускладнюються можливості формування і реалізації ефективних і гармонійних соціально-економічних відносин, коли доволі складно вирішуються на підприємствах різних галузей національної економіки такі окремі аспекти їх життєдіяльності як соціально-виробничі і економіко-мотиваційні конфлікти, як напруженість соціально-психологічного і духовно-адаптивного характеру, як віра в перспективи розвитку тощо, стають новими важливими чинниками при аналізі і формуванні фінансово-економічної безпеки підприємства (рис. 3).

Саме в цьому напрямку діяльності підприємства вчені-економісти провідних західних країн ратують за утвердження просьюмерізму, «за якого стираються відмінності між вільним та робочим часом, оскільки виробнича діяльність на основі творчої праці стає формою безпосереднього задоволення духовних потреб особистості, спрямованих на саморозвиток, самовдосконалення та самовираження» [12].

Висновок та напрямок подальших досліджень. Головна особливість сучасного етапу розвитку це швидкість змін у всіх аспектах суспільного життя, і економічному, і соціальному в тому числі. Ці зміни настільки значимі і швидкі, що людський розум не завжди поспіває за ними, своєчасно адаптується та адекватно реагує на них.

З цих причин в економіці, в діяльності суб'єктів господарювання в більшій або меншій мірі з'являються такі явища і процеси як «економічна девіація» і «економічна стратегія».

На наш погляд, необхідність визнання, формування, визначення і дослідження понять «економічна девіація» і «економічна стратегія» в діяльності підприємства є важливим аспектом ефективності корпоративного управління, забезпечення необхідного рівня його конкурентності та його фінансово-економічної безпеки.

При розробці і реалізації стратегічних і тактичних планів розвитку підприємства, його фінансово-економічної безпеки потрібно враховувати вплив визначених у даній роботі чинників.

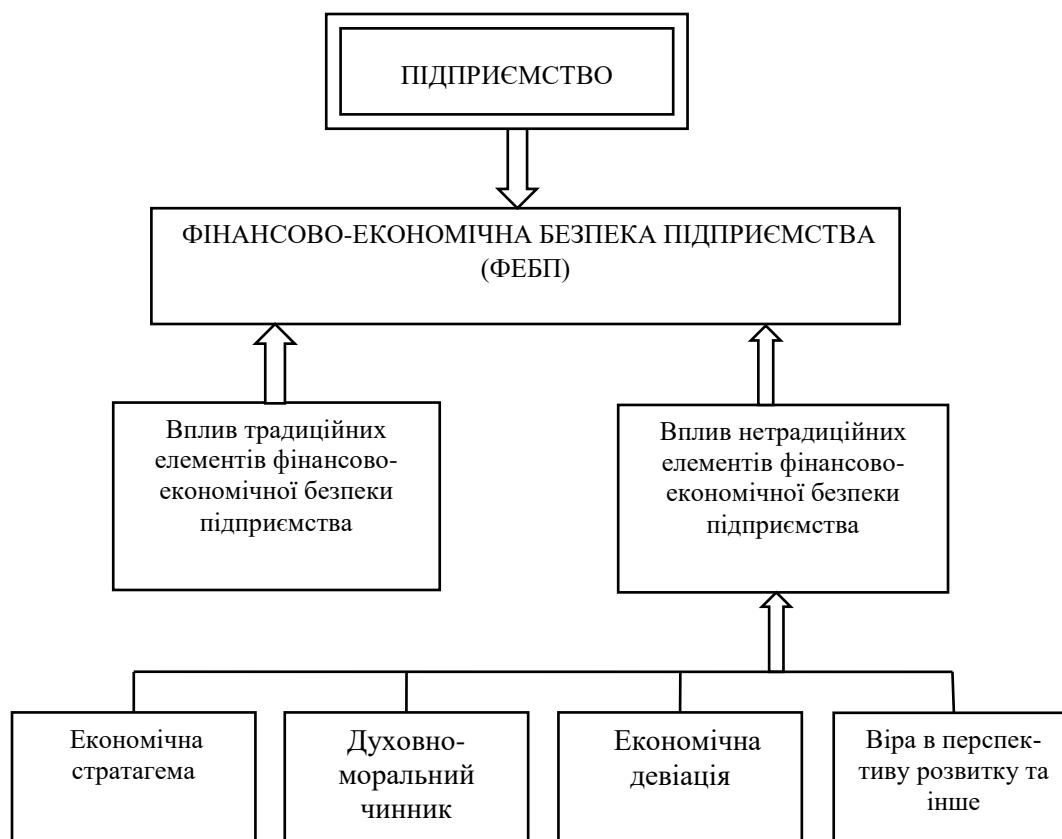


Рис. 3. Окремі елементи в розвитку підприємства, що за своїм змістом є нетрадиційними стосовно аналізу і формування його фінансово-економічної безпеки

Список літератури

1. 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.* Кривий Ріг, 2021. № 5. С. 49-54.
2. Турило А. М., Турило А. А., Короленко С.М. Фінанси підприємства та їх місце в його інвестиційно-витратній діяльності. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* Кривий Ріг, 2019. № 49. С. 64-69.
3. Турило А. М., Турило А. А., Корнух О.В. Трансформація : характерні риси, вимоги до менеджменту корпорації та методологія оцінки. *Вісник Криворізького національного університету. Серія: Економічні науки.* Кривий Ріг, 2018. № 46. С. 191-195.
4. Базилевич В.Д. Інтелектуальна власність: підручник. К.: Знання, 2008. 431 с.
5. Чухно А.А. Постіндустріальна економіка: теорія, практика та їх значення для України. К.: Логос, 2003.
6. Masuda Y. The Information Society as Post – Industrial Society. Tokyo, 1980.
7. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. М.: ГУВШЭ, 2000.
8. Stelir N. Knowledge Societes. L.: Thousand Oaks, 1994.
9. Drucer P. The Age of Discontinuity. Guidelines to Our Changing Society. London, 1994.
10. Toffler A. The Third wave. N.Y., 1974.
11. Турило А.М. Розвиток теорій цінності людини і людського капіталу в аспекті їх фінансово-економічного дослідження та методології вимірювання. *Економіка та митно-правові відносини.* 2019. Вип. 11-12.
12. Ходжсон Дж. Социально-экономические последствия прогресса знаний и нарастания стоимости. *Вопросы экономики.* 2001. № 8.

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРИШКО, канд. тех. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. тех. наук, молод. наук. співроб., С.А. КОВАЛЬ, магістрант
Криворізький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОПОГЛИНАЧІВ У МЕТАЛЕВИХ КАРКАСАХ БУДІВЕЛЬ

Мета. Розробка способів посилення сейсмозахисту, розрахункової оцінки та прогнозу очікуваного ефекту деформційного впливу на основі динамічних систем є важливим напрямом науки про сейсмостійке будівництво.

Методи дослідження. Набули розвитку розробка та практичне застосування пристроїв сейсмозахисту та сейсмоізоляції різних видів будівель, споруд, обладнання, що знижують інтенсивність сейсмічних навантажень та підвищують їх сейсмостійкість. Запропоновано різноманітні конструкції сейсмоізоляції, що відрізняються принципом дії, характером роботи. Для низки конструкцій сейсмоізоляції проведено численні дослідження теоретичного та експериментального характеру, в результаті яких отримано дані про їх ефективність, яка зазвичай оцінюється за двома критеріями: ступенем зниження інерційних сейсмічних навантажень на споруду та величиною відносних зсувів об'єкта, що захищається, щодо основи або фундаменту. Проблема підвищення сейсмостійкості споруд різного призначення (енергетичних, транспортних, об'єктів промислового та цивільного будівництва) пов'язана з використанням різних засобів сейсмоізоляції та сейсмозахисту. Досвід досліджень розрахунково-теоретичного та експериментального характеру, переконливо доводить ефективність та перспективність методів підвищення сейсмостійкості.

Наукова новизна. Здатність елементів поглинати енергію зовнішніх впливів під час роботи на різних стадіях є основним критерієм сейсмостійкості металевих каркасів будівель та споруд.

Практична значимість. При проектуванні будівель та споруд, призначених для будівництва в сейсмічних районах, рекомендується застосовувати активні системи сейсмозахисту, які знижують сейсмічні навантаження. Звичайні заходи з сейсмозахисту (пасивні системи) зводяться в основному до підвищення несучої здатності елементів і конструкцій. Такі заходи не знижують сейсмічних навантажень на будівлі та споруди, а лише враховують їх. Застосування енергопоглиначів зменшує енергію сейсмічного впливу на каркас будівлі. В цьому випадку зусилля в основних елементах каркасу зменшуються, що призводить до економії сталі та підвищення сейсмостійкості будівель. Елементи енергопоглиначів повинні виготовлятися із сталі з високими пластичними властивостями.

Результати. Розглядаються основні конструктивні рішення енергопоглиначів для каркасних будівель та споруд, а також запропоновано альтернативне конструктивне рішення енергопоглиначів удосконаленої конструкції.

Ключові слова: металеві каркаси; енергопоглиначі; гасителі коливань; сейсмостійкість.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-115-121

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. При проектуванні будівель та споруд у сейсмічних районах велика увага приділяється проблемі зниження сейсмічних навантажень. Одним із способів вирішення цієї проблеми є встановлення на будівлю (споруду) гасників коливань. Гасники використовують для призупинення коливань різних напрямів. Параметри додаткової системи, яку представляє собою гасник, підбираються такими, щоб маса гасника коливалася в режимі антирезонансу. В ідеальному випадку динамічна сила повинна врівноважуватись силами, що виникають в пружному зв'язку гасника. Однак через недосконалість реальної системи (зокрема, через наявність значного поглинання енергії при коливаннях конструкції), повністю нейтралізувати її переміщення неможливо [1-3].

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом у будівельній науці та практиці набули широкого розвитку розробка та практичне застосування пристроїв сейсмозахисту та сейсмоізоляції різних видів будівель, споруд, обладнання, що знижують інтенсивність сейсмічних навантажень та підвищують їх сейсмостійкість. Запропоновано різноманітні конструкції сейсмоізоляції, що відрізняються принципом дії, характером роботи. Для низки конструкцій сейсмоізоляції проведено численні дослідження теоретичного та експериментального характеру, в результаті яких отримано дані про їх ефективність, яка зазвичай оцінюється за двома критеріями: ступенем зниження інерційних сейсмічних навантажень на спорудження та величиною відносних зсувів об'єкта, що захищається, щодо основи або фундаменту [4-7].

В даний час у багатьох країнах, з метою зниження сейсмічного ризику, проводяться фундаментальні та прикладні дослідження в галузі активного сейсмозахисту будівель та споруд. За напрямом сейсмічних розрахунків конструкцій будівель та споруд та дослідженням сейсмозахисту будівель та споруд займалися такі вчені як Я.М. Айзенберг, М.Ф. Барштейн, А.М. Бірбраєр, В.А. Биховський, І.І. Гольденблат, А.В. Дукарт, Т.Ж. Жунусов, Л.Ш. Килимник, Б.Г. Коренев, А.М. Курзанов, В.Л. Мондрус, С.В. Поляков, О.А. Савінов, В.І. Смірнов,

Н.М. Складнєв, І.М. Рабінович, Ю.Л. Рутман, С.П.Тимошенко, Уздін, Ю.Д., Черепинський, Е.Е. Хачіян, Н. Ньюмарк, Ш. Окамота, Е. Розенблует, А.К. Chopra, R.I. Skinner, W.N. Robinson, J.M. Kelly, A.K. Chopra, I. Hirokazu та ін. [1-16].

Потребує наукового обґрунтування ряд необхідних даних для розрахунку сейсмоізолюваних споруд, зокрема, для формування пакету розрахункових впливів на споруди. Вирішуючи питання про застосування сейсмосахисту, необхідно враховувати, що досить серйозні роботи з дослідження активних систем сейсмосахисту розпочато порівняно недавно.

Постановка задачі. Важливим напрямом науки про сейсмостійке будівництво стає розробка способів посилення сейсмосахисту, розрахункової оцінки та прогнозу очікуваного ефекту деформаційного впливу на основі різних динамічних систем.

Виклад матеріалу і результати. Проблема підвищення сейсмостійкості споруд різного призначення (енергетичних, транспортних, об'єктів промислового та цивільного будівництва) пов'язана з використанням різних засобів сейсмоізоляції та сейсмосахисту. За останні десятиліття накопичено значний досвід досліджень розрахунково-теоретичного та експериментального характеру, які переконливо довели ефективність та перспективність методів підвищення сейсмостійкості.

Однак до цього часу при проектуванні подібних систем у виборі того чи іншого варіанту системи сейсмоізоляції та сейсмосахисту з вельми численного арсеналу запропонованих конструктивних рішень виникає ряд труднощів, обумовлених різними причинами, які можна поділити на три групи:

перша – пов'язана з невизначеністю вихідних даних щодо прогнозованих сейсмічних впливів;

друга – пов'язана з необхідністю врахування змін характеристик матеріалів та окремих елементів конструкції споруди в умовах поєднання статичних та інтенсивних низькочастотних сейсмічних впливів;

третья – обумовлена відсутністю нормативних методик оцінки ефективності тієї чи іншої системи сейсмоізоляції чи сейсмосахисту споруди загалом із використанням таких систем.

Для підвищення надійності сейсмоізолюваних споруд додатково можуть бути застосовані зв'язки, що включаються або вимикаються, демпфери і т.п. Спеціальні системи сейсмосахисту почали активно застосовуватися в сейсмостійкому будівництві та розробляється теорія роботи таких систем. Відповідно до сформованих підходів до сейсмосахисту будівель і споруд сейсмосахист прийнято поділяти на традиційний і спеціальний. Традиційний сейсмосахист передбачає заходи щодо сприйняття сейсмічних навантажень. Оскільки сейсмічні навантаження є чисто зовнішніми, а генеруються самою конструкцією у процесі сейсмічних коливань, з'являється можливість розробки заходів, вкладених у зміну самих сейсмічних сил. Такі сейсмосахисні заходи було названо спеціальними. Спеціальний сейсмосахист поділяється на сейсмогасіння та сейсмоізоляцію.

Сейсмоізоляція представляє собою систему спірання споруди, що забезпечує зменшення енергії, що передається споруді в процесі сейсмічних коливань, за рахунок установки в деякому рівні елементів підвищеної податливості, що призводять до відбудови спектру споруди від спектра впливу в довгоперіодну область. В даний час сейсмоізоляцію можна вважати найбільш перспективним засобом сейсмосахисту будівель та споруд, що зводяться в районах із сейсмічністю вище 8 балів. У світі збудовано в даний час тисячі сейсмоізолюваних будівель та споруд. На рис.1. наведено класифікацію існуючих систем сейсмосахисту за принципом їх роботи.

Всі системи сейсмоізоляції поділяються на стаціонарні та адаптивні. Стаціонарні системи зберігають свої пружно-демпфуючі характеристики у процесі коливань, а адаптивні - незворотно змінюють свої параметри, пристосовуючись до програми навантаження (сейсмічного впливу). Теорія адаптивних систем розвинена в роботах Я.М.Айзенберга [10]. Стаціонарні системи сейсмоізоляції можуть бути поділені на системи з силою, що відновлює, і без неї. У свою чергу системи сейсмоізоляції з відновлюючою силою поділяються на пружні та гравітаційні. У перших відновлює сила пружності, а в других – сила тяжіння.

В останні роки активно розвивається напрям сейсмосахисту, пов'язаний з використанням спеціальних гасників – пружньо-пластичних пристроїв, так званих енергопоглиначів (рис. 1), поглинання енергії в яких відбувається за рахунок пластичного деформування сталі. Перевагою

таких поглиначів є те, що вони мають невеликі розміри, їх можна використовувати в спорудах різних конструктивних схем, вони надійні в роботі, мають високу енергопоглинаючу здатність і мають можливість легкої заміни в разі потреби.

Енергопоглинаючі пристрої розрізняють за конструктивним виконанням робочих елементів і за способом їх деформування. Найбільш перспективними є пружнопластичні енергопоглинаючі пристрої, що встановлюються у систему вертикальних зв'язків по колонах.

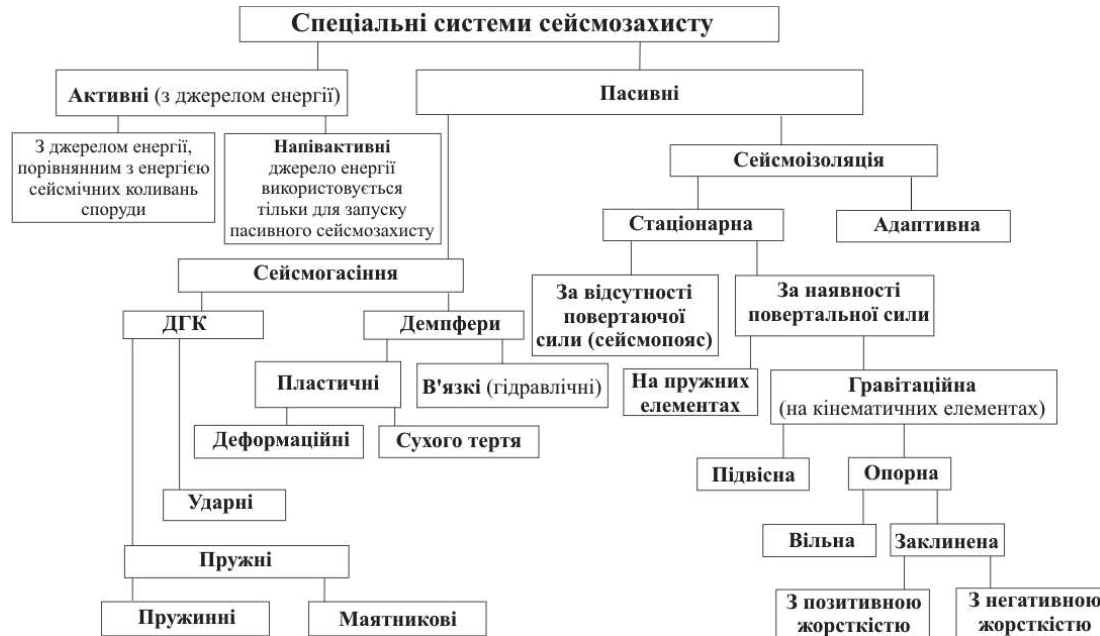


Рис. 1. Класифікація систем сейсмоізоляції за принципом їхньої роботи

Всі елементи енергопоглиначів, що працюють у пластичній стадії, повинні виготовлятися з пластичної сталі, а конструктивні форми цих елементів повинні відрізнятися плавністю, що дозволяє уникнути концентрації деформацій та підвищити циклічну міцність та довговічність енергопоглиначів. Деякі конструктивні рішення енергопоглиначів показано на рис. 2 [1].

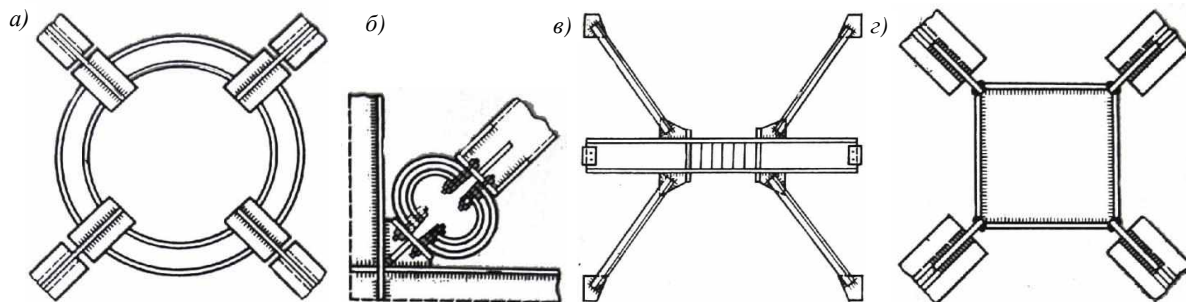


Рис. 2. Енергопоглиначі: а – кільцевий; б – трубчастий; в – балковий; г – зсувний

Залежно від характеру роботи конструктивні форми енергопоглиначів можна розділити на кілька груп. До першої групи можна віднести стрижневі енергопоглиначі. Виконуються вони з круглих стрижнів чи пластин. Такі енергопоглиначі встановлюються в каркасах із жорсткими діафрагмами та напіврозкосними зв'язками. Їхні головні недоліки – висока складність виготовлення та відносно низька питома енергоемність.

До другої групи відносяться кільцеві енергопоглинаючі пристрої (рис. 3а, б). Вони дуже добре працюють у пластичній стадії на знакозмінні малоциклові навантаження, також вони прості у виготовленні. Дані енергопоглиначі двотаврового перерізу рекомендується встановлювати у хрестових зв'язках, що працюють на розтягнення та стиснення. Для підвищення енергопоглинаючої здатності кільця його пояси виготовляють різного перерізу, стінки виконують з гофрованої сталі. При великій довжині розкосів раціональним вважається установка бікільцевого енергопоглиначя, виготовленого з круглих труб. Конструкція вузлових кріплень забезпечує роботу хрестових зв'язків тільки на розтягнення, що вигідно при великій гнучкос-

ті. Модифікуючи параметри кілець можна забезпечити їх одночасну роботу у пластичній стадії, якщо потрібно – лише одного з них. Монтаж конструкції полегшують болтові з'єднання зі зв'язками.

Розрахункова схема поперечної рами каркасу з кільцевим енергопоглиначем показано на рис. 3в. Передбачається, що рама працює пружно, а включені у зв'язку енергопоглиначі - у пружнопластичній стадії. За наближеними формулами визначають період основного тону коливань рамно-зв'язкової системи, далі знаходять горизонтальні сейсмічні навантаження. Приймаючи жорсткість рамного елемента, що дорівнює 0,2-0,3 від загальної жорсткості системи, обчислюють сейсмічні навантаження, що сприймаються рамою та зв'язками.

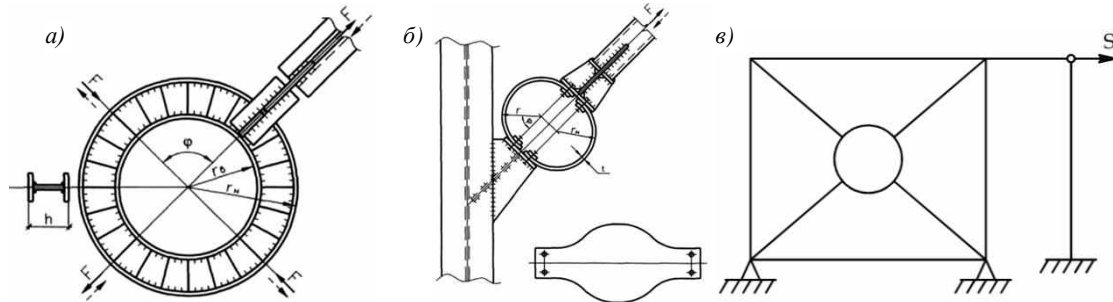


Рис. 3. Кільцеві енергопоглиначі: а – двотаврового перетину; б – листового перерізу; в – розрахункова схема кільця

Вертикальні навантаження сприймаються лише рамою каркасу, розрахунок якої виконується за звичайною методикою. Розподілення горизонтальних сейсмічних навантажень дозволяє визначити перерізи елементів рами, зв'язків та енергопоглиначів, після чого легко перебуває фактична жорсткість усієї системи та рами.

Енергопоглиначі третьої групи – трубчасті енергопоглинаючі пристрої, що мають високу енергопоглинаючу здатність. Виконуються такі пристрої із напівкілець товстих круглих труб із вузловими з'єднаннями на болтах. Трубчасті енергопоглиначі прості у виготовленні та монтажі, встановлюються вони у напіврозкосних та порталних зв'язках. При зміні ширини кілець по епюрі згинальних моментів, пластичну роботу включається 60–80 % обсягу металу, що підвищує питому енергоємність трубчастих енергопоглиначів.

Поглинання енергії у енергопоглиначів балкового типу (рис. 4) йде за рахунок пластичної роботи згинального елемента двотаврового перерізу. Вони встановлюються колонами замість зв'язків, мають Т-подібну форму. Балковий елемент виконується з гофрованою стінкою та зонами рівного опору, що підвищує енергоємність таких енергопоглиначів. Установка балкових енергопоглиначів замість звичайних зв'язків підвищує деформативність каркасу, що дозволяє зменшувати сейсмічні навантаження у невисоких будинках. Основним недоліком таких енергопоглиначів є велика витрата металу. Енергопоглиначі балкового типу можна віднести до четвертої групи.

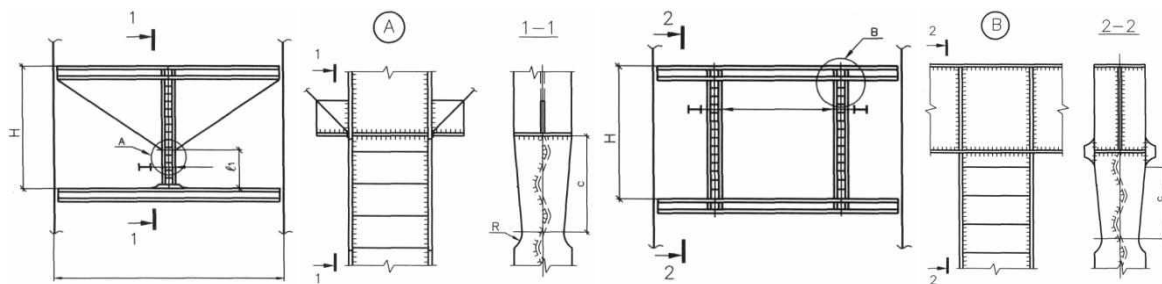


Рис. 4. Енергопоглиначі балкового типу

До п'ятої групи належать енергопоглиначі, що працюють на зсув (рис. 5). Форми таких енергопоглиначів різноманітні. Вони мають найбільшу питому енергоємність, прості у виготовленні і дуже жорсткі, що важливо для високих будівель.

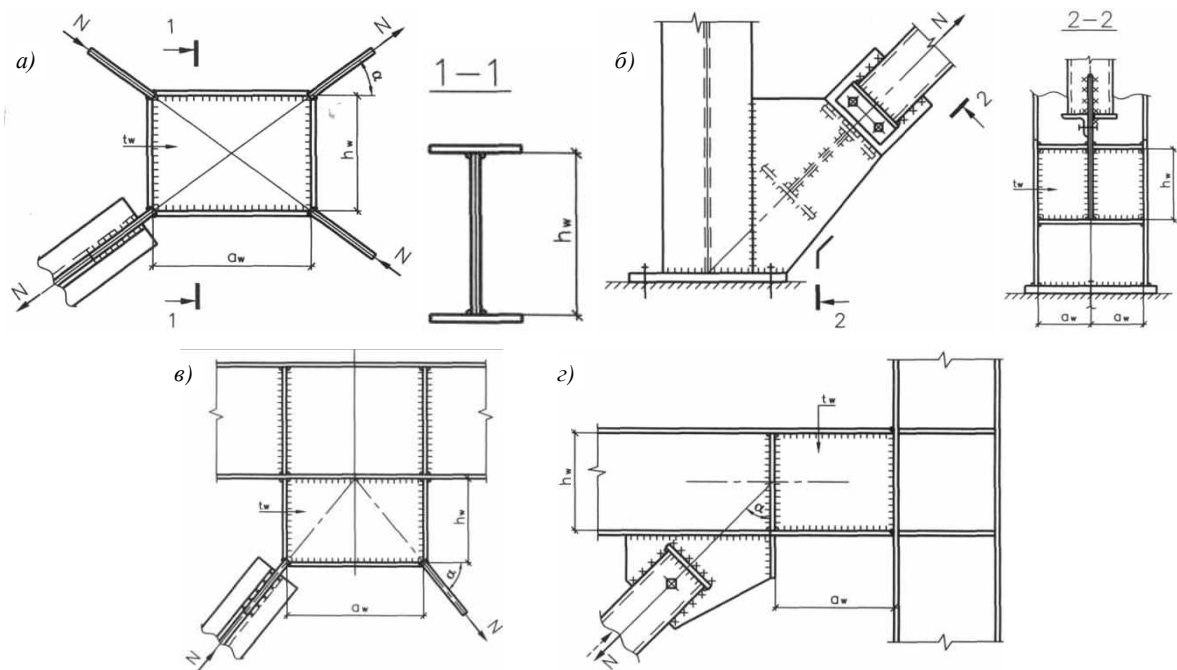


Рис. 5. Зсувні енергопоглиначі: *a* – для хрестових зв'язків; *б* – для розкісних зв'язків; *в* – для напіврозкосних зв'язків; *г* – з розцентрованими зв'язками

Було запропоновано конструктивне рішення енергопоглинача кільцевого типу (рис. 6) [17-19].

Рис.6. Енергопоглинач кільцевого типу: 1 – парні трикутні диски; 2 – колони; 3 – ригелі; 4 – зазори між діагональними сторонами дисків; 5 – зазори між вільними кінцями дисків; 6 – зазори, паралельні колонам та ригелям; 7 – демпфер круглої чи еліптичної форми; 8, 9 – демпфер у формі синусоїди; 10 – анкерні болти

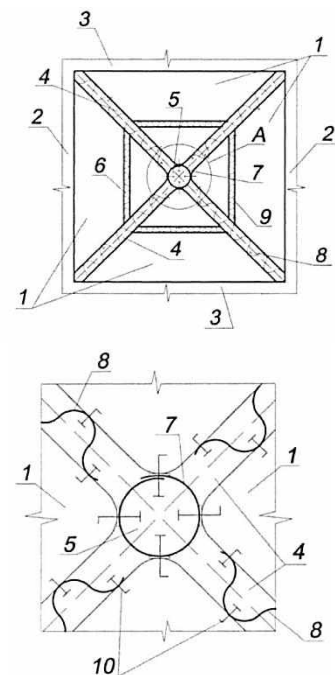
Удосконалення конструкції зв'язку здійснюється за рахунок додавання жорстко закріпленого прямокутного контуру до центру зв'язку, що дозволяє перерозподілити зусилля по всіх вузлах осередку каркасу. Технічний результат полягає у зменшенні на центральний вузол за рахунок перерозподілу зусиль по всіх вузлах осередку.

Енергопоглинач, розміщений в осередку каркасу, утвореної ригелями і колонами, включає в себе залізобетонні парні диски трикутної форми, жорстко прикріплені однією стороною до колон і до ригелів з утворенням діагонально розміщених в осередку зазорів між іншими сторонами дисків та їх вільними вершинами вершинами дисків розташований еліптичний або круглий демпфер зі сталеві стрічки, прикріпленій до вершин анкерними болтами, а зазорах між сторонами дисків знаходиться демпфер зі сталеві стрічки у формі синусоїди, прикріпленій до дисків анкерними болтами.

Було запропоновано конструктивне рішення енергопоглинача кільцевого типу (рис. 6) [17-19].

Удосконалення конструкції зв'язку здійснюється за рахунок додавання жорстко закріпленого прямокутного контуру до центру зв'язку, що дозволяє перерозподілити зусилля по всіх вузлах осередку каркасу. Технічний результат полягає у зменшенні на центральний вузол за рахунок перерозподілу зусиль по всіх вузлах осередку.

Енергопоглинач, розміщений в осередку каркасу, утвореної ригелями і колонами, включає в себе залізобетонні парні диски трикутної форми, жорстко прикріплені однією стороною до колон і до ригелів з утворенням діагонально розміщених в осередку зазорів між іншими сторонами дисків та їх вільними вершинами вершинами дисків розташований еліптичний або круглий демпфер зі сталеві стрічки, прикріпленій до вершин анкерними болтами, а зазорах між



сторонами дисків знаходиться демпфер зі сталеві стрічки у формі синусоїди, прикріплений до дисків анкерними болтами.

Трикутні диски додатково розділені на 2 частини зазорами, що розташовуються паралельно ригелям і колонам, в яких також знаходяться демпфери у формі синусоїди зі сталеві стрічки, прикріпленої до анкерних дисків болтами.

Енергопоглинач працює наступним чином.

При сейсмічній дії праворуч наліво на комірку, що обмежується колонами 2 і ригелями 3, крайній лівий диск 1 буде працювати на стиск, лівий верхній і нижній демпфери 8, що знаходяться в зазорах 4, будуть відчувати зусилля стиснення.

Демпфер 7, що знаходиться в зазорі 5, працює на стиск і вигин, праві верхні та нижні демпфери 8 стискатимуться, нижній, верхній і правий диски 1 будуть працювати на вигин, демпфери 9, розташовані в зазорах 6, також стискатимуться. При цьому частина дисків 1, з'єднаних з центральним демпфером 7, будуть відчувати нерівномірне обтискання з усіх боків.

При дії сейсмічного навантаження зліва праворуч робота елементів змінюється на протилежну. При асиметричному сейсмічному навантаженні додаткові демпфери 9 перерозподілять зусилля між усіма вузлами конструкції, направляючи частину навантаження на жорсткі вузли з'єднань ригелів 3 і колон 2, тим самим зменшуючи пікові значення зусиль в елементах.

Внаслідок цього ефекту даний енергопоглинач підвищить стійкість каркаса при сейсмічних впливах.

Цей енергопоглинач забезпечує кращу роботу каркасу в умовах асиметричного сейсмічного навантаження і може бути використаний як зв'язок каркасного будинку, що зводиться в умовах сейсмічних впливів.

Він дозволяє суттєво знизити сейсмічну дію на каркас будівлі, а також відрізняється високою надійністю експлуатації в умовах асиметричного сейсмічного навантаження, при слабких ґрунтах, при виникненні нерівномірного поля коливання ґрунту.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Таким чином, при проектуванні будівель та споруд, призначених для будівництва в сейсмічних районах, рекомендується застосовувати активні системи сейсмозахисту, які знижують сейсмічні навантаження. Звичайні заходи з сейсмозахисту (пасивні системи) зводяться в основному до підвищення несучої здатності елементів і конструкцій. Такі заходи не знижують сейсмічних навантажень на будівлі та споруди, а лише враховують їх.

Застосування енергопоглиначів зменшує енергію сейсмічного навантаження на каркас будівлі. В цьому випадку зусилля в основних елементах каркасу зменшуються, що призводить до економії сталі та підвищення сейсмостійкості будівель. Елементи енергопоглиначів повинні виготовлятися із сталі з високими пластичними властивостями.

Отримані в результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень сейсмозольованих конструкцій дані ще не достатні, щоб робити остаточні висновки щодо їх ефективності та надійності. Загальний підхід до проектування сейсмостійких будівель та вибору захисних конструктивних заходів істотно залежить від специфічних умов будівництва рідко може бути безпосередньо використаний у різних умовах.

Список літератури

1. Сейсмоизоляция. Современное состояние / Т. А. Белаш, В. С. Беляев, А. М. Уздин, А. А. Ермошин, И. О. Кузнецова // В сб. «Избранные статьи профессора О.А.Савинова и ключевые доклады, представленные на четвертые Савиновские чтения». – Санкт-Петербург: ЗАО «Ленинградский Промстройпроект». – 2004. – С. 95-128.
2. Сахаров О. А. К вопросу задания сейсмического воздействия при многоуровневом проектировании сейсмостойких конструкций // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2004. – № 4. – С. 7-9.
3. Немчинов Ю. И. Особенности строительства в сейсмических районах Украины и совершенствование норм проектирования зданий и сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, – 2000. – № 1. – С. 8-15.
4. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. – Brussels: 2004. – 89 p.
5. ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 127 с.
6. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України +Зміна №1. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. – 118 с.
7. Рекомендации по определению сейсмической нагрузки для сооружений с учетом пространственного характера воздействия и работы конструкции / Ю. П. Назаров, Н. А. Николаенко, А. Т. Штоль, Г. В. Мамаева, А. Ш. Ревшвили //ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М.: 1989. – 142 с.

8. Устройства для сейсмоизоляции зданий, промышленных объектов и их оборудования / **В. С. Беляев, В. Д. Гуськов, В. Г. Долбенков, Ю. Л. Рутман** // Вестник ИНЖЭКОНА. – 2007. – № 6 (19). – С. 114-120.
9. **Остриков Г. М., Максимов Ю. С.** Пособие по расчету и конструированию стальных сейсмостойких каркасов многоэтажных зданий (в развитие СНиП РК 2.03-04-2001). – Алма-Ата: Казахстан, 2003. – Ч. 1. – 52 с.
10. **Айзенберг Я. М.** Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов – М.: Стройиздат, 1976. – С. 229.
11. **Уздин А. М., Сандович Т. А., Самих Амин Аль-Насер-Мохомад.** Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений – Санкт-Петербург: ВНИИГ, 1993. – С. 175.
12. **Skinner R. I., Robinon W. H., McVerry G. H.** An introduction to seismic isolation // New Zealand. John Wiley & Sons. – 1993. – p. 353.
13. **Банах В. А., Банах А. В.** Учет деформированной схемы зданий в расчетных моделях при расчете на сейсмические воздействия // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2006. – Вип. 64. – С. 132-139.
14. **Егупов К. В.** Проблемы проектирования протяженных и несимметричных сооружений // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2000. – №1. – С. 23-29.
15. **Rampanin S.** Bulletin of the New Zealand Society for earthquake engineering. – 2006. – Vol 39. – No 2. – P. 120-133.
16. **Ажермачев Г. А., Абдурахманов А. З.** Работа кольцевого энергопоглотителя при знакопеременном циклическом нагружении // Строительство и техногенная безопасность: сб. научн. трудов. – Симферополь: НАПКС, 2011. – Вип. 35. – С. 243-246.
17. Effective design solutions for deformation absorption // **R. A. Timchenko, S. O. Popov, D. A. Krishko, M. O. Kravchenko** / Містобудування та територіальне планування – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 51 – С. 606-613.
18. Пат. 93128 Україна, МПК E04H 9/02. Сейсмостійкий каркас багатопверхової будівлі: 93128 Україна, МПК E04H 9/02 **Тімченко Р. О., Попов С. О., Крішко Д. А., Богатинський В. В., Кравченко М. О.** (Україна). – № у 2014 01293; Заявл. 10.02.14; Опубл. 25.09.14, Бюл. № 18. – 4 с.
19. Пат. 93129 Україна, МПК E04H 9/02. Енергопоглинач: 93129 Україна, МПК E04H 9/02 **Тімченко Р. О., Попов С. О., Крішко Д. А., Богатинський В. В., Кравченко М. О.** (Україна). – № у 2014 01294; Заявл. 10.02.14; Опубл. 25.09.14, Бюл. № 18. – 4 с.

УДК 622.271.0123.004.15

С. О. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф.,

О.М. КОСТЯНСЬКИЙ, канд. техн. наук, Науково-дослідний гірничорудний інститут,
Криворізький національний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖОПОТОКІВ ДПП КОНВЕЙЄРНИХ ПІДЙОМНИКІВ В НАСТУПНОМУ ПЕРІОДІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета. Необхідність обліку обсягів руди транспортованої на ДПП конвеєрного підйомника у наступний період відпрацювання кар'єру ставить питання про встановлення залежностей, що дозволять прогнозувати на розрахунковий період показники, які визначають обсяги транспортування руди на ДПП та оцінювати формування вантажопотоків автомобільно-конвеєрного комплексу, достатні для забезпечення потужності збагачувальної фабрики.

Методи досліджень: для вирішення поставленого завдання у дослідженні використовуються: метод аналізу (виділення та вивчення окремих показників); аналітичний метод дослідження; системний підхід (розгляд об'єкта як системи); метод дедукції (загальна залежність функції характеризує також її окрему ділянку); метод абстрагування (при використанні залежності розподілу обсягів руди); метод моделювання (встановлення функціональної залежності глибини положення центру тяжкості даної рудної ділянки).

Наукова новизна. Обґрунтовано взаємозв'язок між функціональною залежністю, що описує розподіл руди за глибиною кар'єру та показниками, що характеризують рудні вантажопотоки. При цьому розроблено методичний підхід для визначення показників формування вантажопотоків на ДПП конвеєрних підйомників розташованих усередині робочої зони кар'єру на основі встановленої залежності положення центру тяжкості видобувної ділянки, що обслуговується даним ДПП. Враховуючи, що в сучасних глибоких кар'єрах обсяги руди, що видобувається і транспортується автомобільно-конвеєрним комплексом протягом року можуть становити 30 млн т, одне з важливих завдань проектувальників полягає в пошуку шляхів збільшення пропускної спроможності транспортних комплексів шляхом вдосконалення вантажопотоків.

Практичне значення. Враховуючи узагальнюючий характер методики дослідження, викладені рекомендації прийнятні та можуть застосовуватися при екстреній оцінці вантажопотоків очікуваних обсягів руди автомобільним транспортом на ДПП конвеєрних підйомників у кар'єрі за період, що розглядається. Цей підхід дозволить отримати технологічний ефект за рахунок підвищення завантаження ДПП конвеєрних підйомників.

Область використання даного дослідження може бути поширена на всі ГЗК Кривбаса: ПівнГЗК, ІнГЗК, ЦГЗК, АрселорМіттал Кривий Ріг, а також на інші залізородні кар'єри.

Результати. Отримано величину висоти підйому руди до досліджуемого ДПП конвеєрного підйомника, розрахункову відстань перевезення руди на ДПП, визначено орієнтовну величину річного завантаження ДПП. При цьому зроблено порівняння обсягу завантаження ДПП рудой транспортуємою з забою кар'єра та продуктивності дробарки, що застосована в конструкції ДПП.

Ключові слова: кар'єр, технологія, ЦПТ, технологічні процеси, обладнання, параметри.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-121-126

Проблема та її зв'язок із науковими та практичними завданнями. Розвиток видобутку корисних копалин відкритим способом передбачає безперервне підвищення ефективності виробництва. Визначальним процесом технології відкритих гірничих робіт є транспортування обсягів руди, що видобуваються на борт кар'єру. При цьому підвищення ефективності діючих транспортних комплексів – є важливе питання для глибоких залізородних кар'єрів. Цей фактор має велике значення також через постійне збільшення відстані доставки значних обсягів гірничих порід автомобільним транспортом.

Кінцева глибина кар'єрів, що розробляють потужні залізородні родовища, може становити понад 500-600м. Природно, що розробка таких кар'єрів потребує великих капітальних та експлуатаційних витрат, тому обґрунтування раціональних обсягів вантажопотоків у окремих технологічних процесах на цих кар'єрах є актуальною задачею.

На потужних залізородних кар'єрах руда з глибоких горизонтів зазвичай транспортується автомобільно-конвеєрним комплексом [1-4]. Витрати на її доставку у собівартості видобутку можуть становити 50-55% і мають тенденцію до збільшення зі зростанням глибини гірничих робіт, тому формування раціональних вантажопотоків є необхідною умовою підтримки виробничої потужності кар'єру.

Враховуючи, що в сучасних глибоких кар'єрах обсяги руди, що видобуваються і транспортуються автомобільно-конвеєрним комплексом протягом року можуть досягати 30 млн т, як наприклад на кар'єрі ІнГЗК, одне з важливих питань щодо вдосконалення технології гірничих робіт полягає у пошуку шляхів збільшення пропускної спроможності транспортних комплексів шляхом формування раціональних вантажопотоків.

Вантажопотоки реалізуються за рахунок послідовної роботи автомобільного та конвеєрного видів транспорту, що забезпечує стабільність технологічного процесу переміщення гірських порід із глибоких горизонтів кар'єру по транспортним комунікаціям. Причому вдосконалення роботи однієї ланки призведе до покращення роботи всього транспортного комплексу.

На характер вантажопотоків впливають також параметри розміщення дробильно-перевантажувальних пунктів (ДПП), які як правило, в кар'єрі стаціонарні. Розміщені на різній глибині кар'єру ДПП залежно від встановлених меж ділянки по висоті робочої зони, що обслуговуються ним, по-різному завантажені та відрізняються як обсягами подрібненої скельної породи так і відстанню її доставки від забою до ДПП технологічним автотранспортом. При цьому обсяг гірничої маси (руди), що переміщується автотранспортом до ДПП, впливає також на кількість одиниць транспортного обладнання, необхідного для обслуговування одного ДПП.

Необхідність обліку обсягів руди, що транспортується на ДПП, ставить питання про їх прогнозування на розрахунковий період для оцінки варіантів формування вантажопотоків автомобільно-конвеєрного комплексу та обґрунтування обсягів, достатніх для забезпечення збагачувальної фабрики необхідною кількістю руди для підтримки виробничої потужності ГЗК.

Аналіз досліджень і публікацій. Як впливає з практики експлуатації транспортних комплексів: зі збільшенням глибини гірничих робіт частка витрат за транспортування гірничої маси у структурі собівартості продукції неухильно зростає. Тому при застосуванні циклічно-потокової технології (ЦПТ) у кар'єрі потрібно приділяти увагу формуванню раціональних вантажопотоків на ДПП.

Зі збільшенням глибини розробки інтенсивне зростання транспортних витрат пояснюється як подовженням відстані відкатки, так і зміною умов роботи транспорту. У результаті зі збільшенням глибини до 150 м продуктивність автосамоскидів проти роботи на позначках 0-50 м знижується загалом у 1,5 разу. Це відбувається через падіння середньої швидкості руху на 25 - 30%, а також зниження коефіцієнта технічної готовності автосамоскидів через більш важкі умови роботи [5].

В умовах Кривбасу найбільшого розвитку комплекс ЦПТ отримав на кар'єрі ІнГЗК, проектування якого здійснював інститут Кривбаспроект. На цьому кар'єрі видобуток руди проводиться вже на нижньому горизонті -405 м. Розкриття нижніх горизонтів кар'єру здійснюється тимчасовими автомобільними з'їздами, розташованими переважно на північному борту. Автомобільний транспорт доставляє руду із вибоїв кар'єру до ДПП стаціонарного типу двох конвеєрних трактів «Західний» та «Східний» на гор. -60, -180, -240 м, де відбувається її крупне подрібнення дробарками ККД 1500/180. Далі конвеєрними трактами ЦПТ руда доставляється для подальшої переробки на збагачувальну фабрику.

Розміщення ДПП реалізоване згідно з проектними рішеннями щодо відпрацювання Інгулецького кар'єру- «Комплексним проектом поетапного розвитку гірничих робіт та переробки мінеральної сировини до кінця відпрацювання Інгулецького родовища» з підтримкою виробничих потужностей з випуску концентрату 14 млн т на рік та робочим проектом «Розширення кар'єру ПАТ «ІнГОК» у південно-східному напрямі» загалом впливає на висоту підйому руди та відстань її перевезення з видобувних горизонтів до ДПП. Подальший розвиток ЦПТ за проектом передбачає перенесення ДПП з горизонту -240 м на горизонт -300 м, а потім на горизонт -360 м з подовженням конвеєрного тракту в північному напрямку [6,7].

Постановка завдання. Як правило, на показники транспортної роботи впливають різні технологічні фактори (висота підйому гірничої маси, обсяг та відстань її перевезення), у зв'язку з чим визначення її раціонального значення стає непростим завданням. Розв'язання цього завдання можна отримати за допомогою математичних залежностей, що визначають величину вантажопотоків руди спрямованих до ДПП з глибоких горизонтів кар'єра і в яких використовуються деякі технологічні показники кар'єра.

У цьому зв'язку завданням дослідження є встановлення математичних залежностей для розрахунку показників, що характеризують вантажопотоки руди до ДПП та роботу обслуговуючого їх автотранспорту для заданих умов на розрахунковий період.

Виклад основного матеріалу та результати. Для обліку показників суттєво впливаючих на роботу ДПП встановлено залежності, що дозволяють через центр тяжкості ділянки рудної робочої зони обслуговуваної ДПП визначити середньозважену висоту підйому і відстань транспортування руди до даного ДПП. Розміщені на різній глибині кар'єру ДПП залежно від їхнього розташування характеризують різні відстань доставки руди відповідно до висоти її підйому.

Прогнозування обсягів руди, що видобувається, доцільно на основі рівняння параболи [8]. Визначення трьох невідомих коефіцієнтів рівняння параболи можливе при складанні системи із трьох рівнянь. Перше рівняння можна отримати визначивши площу сегмента параболи, утвореного кривою самої параболи та віссю абсцис, яка відповідає плановій (найчастіше річній) продуктивності кар'єру по руді. Друге рівняння отримаємо, приймаючи, що довжина сегмента параболи, що відсікається від осі X відповідає різниці відміток по висоті верхнього та нижнього горизонту загальної рудної робочої зони, що вимірюється в кількості уступів. Третє рівняння отримаємо, визначивши положення глибини центру тяжкості сегмента з урахуванням площі параболи. Під час вирішення отриманої системи рівнянь знаходимо невідомі коефіцієнти параболи.

Таким чином, задавши продуктивністю кар'єру по руді (S), висотою рудної робочої зони по руді (f) та глибиною центру тяжкості загальної рудної робочої зони річного обсягу видобутку (X_u), складемо систему рівнянь і визначимо коефіцієнти рівняння, що вишукуються. За допомогою отриманої залежності та даних на розрахунковий період (S, f, X_u) можна прогнозувати погоризонтні обсяги виїмки руди на намічений період і визначити глибину координати центра тяжкості мас обсягів руди ділянки з якої руда видобувається і транспортується на відомий ДПП.

Використовуючи досвід застосування апроксимації в гірничій справі припускаємо, що залежність яка описує величину обсягів виїмки руди від глибини закладення горизонту має вигляд [8]: $Y = ax^2 + bx + c$, де Y - обсяг виїмки руди з даного горизонту, x - місце положення (порядковий номер уступу, рахуючи зверху вниз від верхнього добувного уступу) горизонту, що розглядається як змінна. Складемо систему рівнянь

$$f = \frac{3 \cdot c \cdot \vartheta - 2 \cdot \vartheta^2 + 3 \cdot c^2}{2 \cdot (\vartheta - c)};$$

$$S = \frac{a \cdot \vartheta \cdot c^2 \cdot (3 \cdot c + \vartheta)}{6 \cdot (\vartheta - c)};$$

$$X_u = -\frac{\vartheta}{2 \cdot a}$$

Розв'язавши систему рівнянь (1) знайдемо вирази, що визначають коефіцієнти a, ϑ, c

$$a = -\frac{6 \cdot S}{f^3}; \vartheta = \frac{12 \cdot S \cdot X_u}{f^3}; c = \frac{3 \cdot S \cdot (f^2 - 4 \cdot X_u^2)}{2 \cdot f^3}$$

Підставивши отримані значення в канонічне рівняння параболи, отримаємо

$$Y = -\frac{6 \cdot S}{f^3} x^2 + \frac{12 \cdot S \cdot X_u}{f^3} \cdot x + \frac{3 \cdot S \cdot (f^2 - 4 \cdot X_u^2)}{2 \cdot f^3}$$

Задача полягає в тому, щоб знайти координату центру тяжіння однорідної плоскої фігури обмеженою кривою $y=F(x)$, елементарними лініями та віссю абсцис на осі OX.

Розглянемо криволінійну трапецію обмежену кривою, яка задана рівнянням $y = F(x)$, двома ординатами $x_1=d$, $x_2=v$ та віссю OX, де: x_1 - номер горизонту розміщення ДПП конвеєрного підйомника або верхній горизонт зони що обслуговується ДПП, x_2 - нижній горизонт зони ДПП, що обслуговується (рис.1). Певний інтеграл безперервної невід'ємної функції $F(x)$ у цих межах чисельно дорівнює площі криволінійної трапеції.

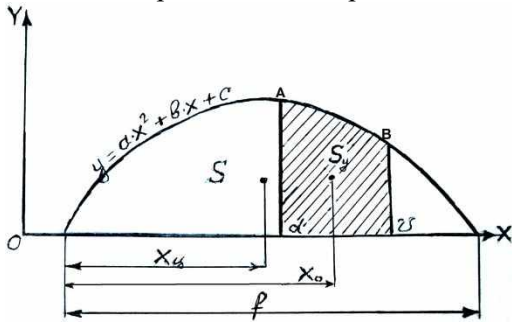


Рис.1. Схема до розрахунку координати по осі X центру тяжкості мас криволінійної трапеції

При цьому можна для певності вважати, що маса фігури, що розглядається, вимірюється відповідною площею. Якщо площу всієї фігури (та її масу) позначимо через S , то по теоремі про момент системи матеріальних точок [9] координату X центру тяжкості плоскої криволінійної трапеції $ABvd$ визначимо як

$$X_O = \frac{M_x}{S_y},$$

де S_y – геометрична площа плоскої фігури $ABvd$.

Якщо криволінійна трапеція обмежена кривою (розташована між крапками A і B на рис.1) заданою канонічним рівнянням параболи, площу фігури $ABvd$, що чисельно дорівнює плановому обсягу видобутку руди з ділянки обмеженої по висоті координатами $x_1=d$ та $x_2=v$, яка доставляється для дроблення на ДПП, знаходять за формулою, m^3

$$S_y = \int_d^v (a \cdot x^2 + \vartheta \cdot x + c) dx = (v - d) \cdot \left(\frac{a}{3} \cdot (v^2 + v \cdot d + d^2) + \frac{b}{2} \cdot (v + d) + c \right)$$

де d та v – межі інтегрування.

У формулу (5) що визначає величину S_y , яка відповідає плановому обсягу видобутку руди з зазначеної ділянки, що транспортується на ДПП, підставимо значення коефіцієнтів a, ϑ, c . В результаті підстановки та спрощення складеної формули, отримаємо, m^3

$$S_y = \frac{S \cdot (v - d)}{2 \cdot f^3} \left[12 \cdot X_u (v - d) - 4 \cdot (v^2 + v \cdot d + d^2) + 3 \cdot (f^2 - 4 \cdot X_u^2) \right]$$

Приймаючи продуктивність кар'єру ІнГЗК по руді 34,5 млнт на рік або 10147 тис. m^3 та підставляючи необхідні для розрахунку показники: f, X_u, d, v визначимо орієнтовно річне завантаження ДПП розташованого на гор. -240 м, $x_1=17, m^3$

$$S_y = \frac{10147059 \cdot (28 - 17)}{2 \cdot 28^3} \left[12 \cdot 18 \cdot (28 - 17) - 4 \cdot (28^2 + 28 \cdot 17 + 17^2) + 3 \cdot (28^2 - 4 \cdot 18^2) \right] = 5054115.$$

Продуктивність дробарки ККД 1500/180 на матеріалі з тимчасовим опором з тиску 100-150 МПа, вмістом води до 4 % не менше 2240 m^3 /рік [10] і при 3-змінній роботі, 770 змінах на

рік при безперервному робочому тижні становитиме понад 10 млн м³/рік, що свідчить про можливість дроблення потрібного планового обсягу руди. При цьому застосоване гірниче обладнання [11] не обмежить розвиток гірничих робіт в глибину. З огляду на раніше виконані дослідження найкращі техніко-економічні показники можуть бути досягнуті при використанні на виїмці руди екскаватора ЕКГ-8І, а вантажопідйомність автосамоскиду при цьому саме дорівнює 130 т [12-14].

Тепер визначимо статичний момент плоскої фігури криволінійної трапеції АВvd, що аналізується (рис.1), м³

$$M_x = \int_d^v x(a \cdot x^2 + b \cdot x + c) dx = \frac{a}{4}(v^4 - d^4) + \frac{b}{3}(v^3 - d^3) + \frac{c}{2} \cdot (v^2 - d^2) . \quad (7)$$

З формули (4) після підстановок M_x і S_y , перетворень та очевидних спрощень отримаємо залежність, що визначає координату центру тяжкості обмеженої ділянки параболи по осі X, межі якої позначені як d і v (рис.1), уст.

$$X_o = \frac{16 \cdot X_y \cdot (v^2 + v \cdot d + d^2) - 6 \cdot (v^2 + d^2) \cdot (v + d) + 3 \cdot (f^2 - 4 \cdot X_y^2) \cdot (v + d)}{24 \cdot X_y \cdot (v + d) + 6 \cdot (f^2 - 4 \cdot X_y^2) - 8 \cdot (v^2 + v \cdot d + d^2)} , \quad (8)$$

Підставляючи дані наближені до умов кар'єру ІнГЗК для ДПП на гор.-240 м ($f=28$, $X_y = 18$, $d = 17$, $v = 28$) за формулою (8), визначимо координату центру тяжкості обмеженої ділянки параболи по осі X, площа якої чисельно дорівнює обсягу переробленої руди даним ДПП, уст.

$$X_o = \frac{16 \cdot 18 \cdot (28^2 + 28 \cdot 17 + 17^2) - 6 \cdot (28^2 + 17^2) \cdot (28 + 17) + 3 \cdot (28^2 - 4 \cdot 18^2) \cdot (28 + 17)}{24 \cdot 18 \cdot (28 + 17) + 6 \cdot (28^2 - 4 \cdot 18^2) - 8 \cdot (28^2 + 28 \cdot 17 + 17^2)} = 22.$$

Тоді відстань перевезення автотранспортом руди з ділянки, що обслуговується ДПП та обмежена горизонтами d і v , можна визначити за формулою, км

$$L_o = \frac{(X_o - d) \cdot h}{i} K_{p.m} , \quad (9)$$

де h – висота уступу кар'єру, м; $K_{p.m}$ – коефіцієнт розвитку траси, од.; i – ухил технологічної автодороги, ‰. Висота підйому руди дорівнює $(X_o - d)h = (22 - 17)15 = 75$ м. Підставляючи відповідні дані у формулу (9) отримаємо розрахункову відстань перевезення руди на ДПП гор.-240 м, км

$$L_o = \frac{(22 - 17) \cdot 15}{75} = 1,2 = 1,2.$$

Висновок та напрямок подальших досліджень. Розроблено метод, що призначається для визначення окремих показників формування вантажопотоків на ДПП конвеєрних підйомників, розташованих усередині робочої зони кар'єру з урахуванням залежності розподілу обсягів руди за глибиною рудної робочої зони з визначенням висоти підйому та відстані перевезення руди автотранспортом. Цей метод може застосовуватися при екстремній оцінці умов доставки очікуваних обсягів залізної руди автотранспортом з урахуванням гірничих обставин від яких залежить видобуток, визначенні обмежень ділянок, що обслуговуються ДПП в період його експлуатації та визначенні місць розташування нових ДПП при їх переносі внаслідок поглиблення конвеєрних підйомників. Залишаються невирішеними питання, яким чином окремі показники функції розподілу руди впливають на формування вантажопотоків на декілька ДПП, що може бути темою подальших досліджень.

Список літератури

1. Четверик М.С., Перегудов В.В., Романенко А.В. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах./ М.С Четверик, В.В. Перегудов, А.В. Романенко // Перспективы развития: Монография.- Кривой Рог: Дионис (ФЛ-П Д.А. Чернявски), 2012.- 366 с.
2. Шапарь А.Г., Лашко В.Т., Новожилов С.М. Перегрузочные пункты при автомобильно-конвейерном транспорте на рудных карьерах/ А.Г. Шапарь, В.Т. Лашко, С.М. Новожилов// Монография.- Днепропетровск, Полиграфист, 2001.-139 с.
3. Дриженко А.Ю., Козенко Г.В., Рыкус А.А. Открытая разработка железорудных руд Украины: состояние и пути совершенствования/ А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, А.А. Рыкус//: Монография.- Днепропетровск: НГУ, 2009.- 452 с.
4. Терещенко В.В., Ковалев К.В., Швец Д.В. Поэтапность ввода в эксплуатацию циклично-поточных технологий, вскрывающих крутопадающие месторождения полезных ископаемых с исследованием рационального шага

переноса дробильно-перегрузочного пункта/ **В.В. Терещенко, К.В. Ковалев, Д.В. Швець**// Разработка рудных месторождений, вып. 94, 2011, стр. 3- 6.

5. **Лукьянов А.Н.** Технологические решения открытой разработки сложноструктурных месторождений /**А.Н. Лукьянов** // Горный вестник Узбекистана №1, 2000 г., с. 15- 19.

6. Отработка Ингулецкого месторождения карьером ЧАО «ИНГОК» в границах лицензионной площади. Открытые горные работы: проект / ГП «ГПИ «Кривбасспроект»; ГИП **К.В. Ковалёв**– Кривой Рог, 2016. – 209 с.

7. Комплексный проект поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения. Поэтапное развитие горных работ и переработки магнетитовых руд: проект / ГП «ГПИ «Кривбасспроект»; ГИП **Н.В. Корчагин**– Кривой Рог, 2006. – 63 с.

8. **Грищенко Н.В., Семериков С.А., Хараджян А.А., Чернов Е.В.** Сравнительный анализ методов аппроксимации / **Н.В. Грищенко, С.А. Семериков, А.А. Хараджян, Е.В. Чернов**// Криворожский государственный педагогический институт. Кафедра информатики и прикладной математики.- Кривой Рог, 1998.- 26 стр. Друкерня СП Міра, Кривий Ріг. Ссылка <https://core.ac.uk/download/pdf/77241064.pdf>

9. **В. К. Гурнов** Интегральное исчисление / **В. К. Гурнов** // Издательство Киевского университета.- 1961 г. 327 с.

10. ГОСТ 6937-91 Дробилки конусные. Общие технические характеристики.

11. **Четверик М.С., Бабій К.В., Бубнова О.А.** Взаимосвязь параметров горных машин, технологии и процессов при открытой добыче руд / **М.С. Четверик, К.В. Бабій, О.А. Бубнова** Геотехнічна механіка- 2016. № 126. с. 58-70.

12. **Штанько Л.А., Чепурной В.И., Ляш С.И., Корняшик С.И., Забуженко Г.Н.** Возможности повышения надежности эксплуатации дробильно-перегрузочных пунктов комплексов циклично-поточной технологии карьеров Кривбасса/ **Л.А. Штанько, В.И. Чепурной, С.И. Ляш, С.И. Корняшик, Г.Н. Забуженко**//Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет» Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2019. ст. 33.

13. **Григор'єв Ю.І., Швець Є.М., Баранов І.В.** Дослідження взаємозв'язків основних технологічних параметрів циклічно-поточної технології в умовах залізрудних кар'єрів/ **Ю.І. Григор'єв, Є.М. Швець, І.В. Баранов**// Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет» Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2021. ст.8.

14. **Жуков С.О., Костянський О.М.** Підвищення надійності роботи дробильно-перевантажувальних пунктів комплексу ЦПТ шляхом зменшення можливості попадання в них негабарита рудної маси/ **С.О. Жуков., О.М. Костянський**//Міжнародна науково-технічна конференція Розвиток промисловості та суспільства. ДВНЗ «Криворізький національний університет». Матеріали конференції. Кривий Ріг- 2021. ст.12.

УДК 622.342/.349.0: 622.627.2

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф., **В.А. ГРОМАДСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,
О.С. ЛІФЕНЦОВ, ст. викл., **Д.В. ТРІШИН**, магістр
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗУПИННОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ПОТЯГУ ВІБРОЖИВИЛЬНИКОМ ПІД ЧАС ОЧИСНОГО ВИЙМАННЯ РУДИ

Мета. Метою роботи є скорочення непродуктивних витрат часу у процесі завантаження рухомого складу електровозного транспорту гірничою масою, що поступає з очисного блоку або з рудозвальної акумуляційної виробки. Невідповідність розмірів вагонів і робочих органів віброживильників, а також наявність проміжків між вагонами потягу змушують вести процес завантаження з постійними перервами, потрібними для перестановки вагонів. Забезпечення безперервного режиму завантаження потягу дасть можливість значно скоротити ці витрати і суттєво підвищити продуктивність процесу. З огляду на це актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. Проведений аналіз науково-технічної інформації дав можливість сформулювати вимоги до подібних пристроїв. Хронометражні дослідження свідчать про значні втрати часу на допоміжні операції під час завантаження вагонів електровозної відкатки. Аналіз цих втрат показує доцільність скорочення часу завантаження потягу. Зроблено висновок про можливість реалізації поставленої мети дослідження за рахунок реалізації режиму безупинного завантаження потягу.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання проміжної накопичувальної ємності між віброживильником і вагонами потягу електровозної відкатки для безупинного завантаження останніх у процесі їх руху під навантажувальним пристроєм.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить суттєво скоротити непродуктивні втрати робочого часу на зупинки віброживильника і перестановки вагонів.

Результати. Отримано залежності для визначення конструктивних та експлуатаційних параметрів пропонованого навантажувального пункту у вигляді пристрою для безупинного завантаження електровозного потягу віброживильником.

Ключові слова: завантаження транспортних засобів рудою, віброживильник, безупинний режим завантаження потягу.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Як добре відомо, у процесі транспортування гірничої маси від підземних очисних забоїв до поверхні шахти приходить виконувати багато навантажувальних і розвантажувальних робіт [1-4]. Повна схема руху руди може включати у себе операції випуску її віброживильником з очисного простору, доставки скреперними лебідками або конвеєрами різних типів у межах очисного блоку до рудозвальної виробки, завантаження вібраційним локом вагонів електровозної відкатки, розвантаження останніх у приствольному перекидачі і завантаження дозатором у скіпи. На поверхні шахти та під час перевезення гірничої маси до збагачувального підприємства також здійснюються численні завантажувально-розвантажувальні операції [5].

Описаний шлях транспортування руди дуже нерівноцінний з точки зору рівня його механізації та придатності до широкого упровадження потокових технологій гірничого виробництва, без яких неможливий подальший розвиток галузі. Якщо для умов дільничної транспортної підсистеми шахти (у межах очисного блоку) існують високоефективні конструкції вібраційної техніки для випуску руди з блоків, а також конвеєри різних типів для доставки її до рудозвальных акумуляційних виробок [2-4,6-11], то магістральна транспортна підсистема (від устя останніх до ствола шахти) на вітчизняних підземних підприємствах з видобутку залізородної сировини майже виключно представлена циклічною електровозною відкаткою. На перевезенні руди задіяні окремі локомотивні потяги, які курсують час від часу і які потрібно завантажувати з рудозвальных виробок і розвантажувати в перекидачеві у приствольний бункер. Виконання цих операцій також здійснюється у циклічних режимах зі значними непродуктивними втратами часу на роботи допоміжного характеру. Реалізація потокової технології транспорту руди на цій ланці загальношахтної транспортної системи неможлива без радикальної заміни електровозної відкатки на безперервні види транспорту, наприклад на конвеєрний. Звісно, така задача у масштабах усієї галузі потребуватиме величезних капітальних витрат і навряд чи буде можливою найближчим часом. Поки що може йти мова лише про удосконалення існуючої електровозної відкатки шляхом максимального зниження зайвих втрат робочого часу та про можливе узгодження потокової дільничної транспортної підсистеми з циклічною магістральною.

З огляду на викладені зауваження, важливість та актуальність проблеми дослідження і розробки способів і технічних засобів удосконалення процесу експлуатації шахтної електровозної відкатки з метою підвищення її техніко-економічних показників представляються безумовними для подальшого розвитку вітчизняної гірничорудної галузі.

Аналіз досліджень і публікацій. Для підвищення ефективності експлуатації магістральної транспортної підсистеми залізородної шахти представляється доцільним удосконалення процесів завантаження і розвантаження рухомого складу електровозної відкатки з метою зниження витрат часу на непродуктивні допоміжні операції робочого циклу потягу. Розглянемо докладніше операцію завантаження потягу.

В роботах [12-14] приведені схожі формули для оцінки можливої продуктивності процесу видачі руди з очисного блоку підземного рудника, яка буде залежати від пропускну здатності завантажувального пункту. Наприклад, величина змінної продуктивності блоку може становити [12,14]

$$Q_{зм} = \frac{T_{роб} Q_{техн}}{1 + \frac{Q_{техн}}{\psi} \left(t_{виб} + t_{пров} + \frac{\psi}{G} t_{пер} \right)},$$

де $Q_{зм}$ – можлива змінна продуктивність очисного блоку, т/змін; $T_{роб} = 320$ хв. – фактичний час роботи протягом зміни (знаходиться як різниця між загальною тривалістю зміни та непродуктивними витратами часу на різного роду допоміжні операції та за організаційними причинами); $Q_{техн}$ – величина фактичної технічної продуктивності застосовуваного механічного обладнання для випуску, доставки, навантаження та транспортування руди у блоці, т/хв.; ψ – середня величина порції руди, яку вдається випустити між двома зависаннями гірничої маси у випускній виробці, т; $t_{виб}$ – середній час, що витрачається на процес вторинного вибухового руйнування зависання руди, хв.; $t_{пров}$ – середній час, що витрачається на провітрювання робочих місць ви-

бки після вторинного вибуху, хв.; G – сумарна вантажопідйомність вагонів потягу, т; t_{nep} – середній час, що витрачається на перестановки вагонів потягу при його завантаженні, хв.

Аналіз даної формули свідчить, що непродуктивні витрати часу, приведені у її знаменнику, достатньо численні і у підсумку можуть бути дуже значними. Нас у першу чергу цікавлять витрати t_{nep} на перестановку вагонів. Як зауважено у [12], результати проведених спеціальних хронометражних спостережень показують, що на цю операцію у залежності від складу потягу (у першу чергу від типу вагонеток у ньому) може витрачатися кожного разу від 1,2 до 2,6 хв. З огляду на те, що у потягу може бути від 6 до 12 вагонеток [12], а різниця між шириною робочого органу вібромашини (віброживильника чи вібролюка) та довжиною вагонетки потребуватиме завантаження кожної з двох установок, стає зрозумілим, що на перестановки вагонів кожного потягу можуть витрачатися десятки хвилин дорогоцінного робочого часу.

До того ж слід пам'ятати, що кожна така перестановка буде супроводжуватися необхідністю зупинки вібромашини, а такий режим роботи украй несприятливий для подібного обладнання. Справа у тім, що переважна більшість сучасних високоєфективних конструкцій вібраційних живильників та люків виконані за одномасною динамічною схемою, постачені віброприводами інерційного типу і мають глибоко зарезонансний режим роботи [2,3,8]. Це пояснюється значними перевагами такого приводу, у першу чергу стійкою роботою вібромашин під дією значних змінних навантажень на робочі органи, які у процесі випуску гірничої маси знаходяться під завалом стовпа руди у випускній виробці [8]. Крім того, зарезонансний режим вібрації, при якому частота змушених коливань вібропривода значно (у декілька разів) перевищує власну частоту коливань конструкції машини, відрізняється помірними витратами енергії на транспортування руди. Але під час запуску інерційного приводу (коли він розганяється від стану спокою до робочої частоти) та його зупинки (під час зворотного процесу його вибігу) приходить долати резонансну зону (момент збігу змушеної і власної частот), яка характеризується ефектом різкого зростання амплітуди коливань робочого органу вібромашини. Резонансні явища дуже небезпечні для цілісності конструкції віброустановки (особливо підшипникових вузлів її вібропривода) та супроводжуються значним (у декілька разів) зростанням витрат енергії [8]. В умовах постійних перестановок вагонів електровозного потягу під завантаженням з такою неприємною ситуацією приходить стикатися систематично.

Таким чином, для збільшення продуктивності підземного очисного виймання руди існує безумовна необхідність підвищення ступеня безупинності процесу видачі гірничої маси з блоку, у тому числі за рахунок зменшення непродуктивних втрат робочого часу на допоміжні операції під час завантаження рухомого складу засобів локомотивної відкатки.

Постановка задачі. Метою роботи є зниження непродуктивних витрат робочого часу у процесі завантаження рухомого складу локомотивної відкатки при очисному вийманні гірничої маси у підземних умовах за рахунок використання спеціального пристрою для безупинного завантаження вагонів потягу.

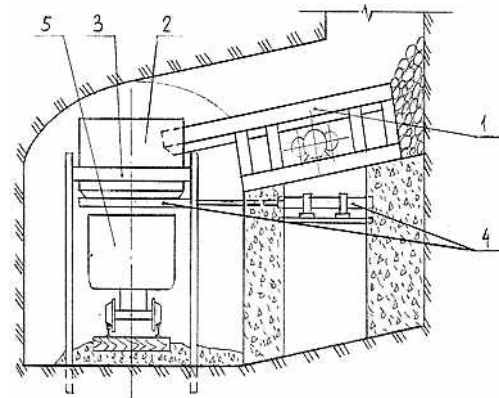
Викладення матеріалу та результати досліджень. Для досягнення поставленої мети пропонується виконання завантажувального пункту у складі вібраційної машини, що здійснює випуск, доставку і навантаження гірничої маси з блоку або рудозвальної акумуляційної виробки, та згаданого вище пристрою безупинного завантаження вагонів.

Для прикладу розглянемо варіант з використанням в якості вібромашини вібраційного люку для випуску і навантаження руди з блокової рудозвальної висхідної виробки. У такій ємності зосереджується значний рудопотік у сотні тисяч тонн гірничої маси, тому проблема підвищення надійності та довговічності подібного завантажувального пункту з огляду на недоцільність використання режиму постійних пусків і зупинок вібролюка представляється надзвичайно актуальною. З усього існуючого на сьогоднішній день різноманіття конструкцій вібраційних люків найдосконалішою слід визнати установку ЛШВ-3,35 розробки інституту «КриворіжНДП-рудмаш» (колишній ВНДП рудмаш) [15]. Незважаючи на досить поважний вік конструкції вона й досі відрізняється високим загальним технічним рівнем. Вібролюк ЛШВ-3,35 має значну (до 400 кН) несучу здатність, високі показники надійності та продуктивності, можливість багаторазового використання [14,15].

Для забезпечення безупинного режиму роботи вібролюка протягом усього часу завантаження електровозного потягу пропонується обладнати його спеціальним проміжним накопичувальним бункером, розташованим під розвантажувальним кінцем вантажонесучого органу ус-

тановки над рейковою колію відкотної виробки. Принципова схема завантажувального пункту показана на рис. 1.

Рис. 1. Принципова схема пункту з пристроєм для безупинного завантаження вагонів електричної відкатки: 1 – вібролюк ЛШВ-3,35; 2 – проміжний бункер; 3 – опорна рама; 4 – затвор; 5 – вагонетка



Конструкція проміжного бункера повинна забезпечити можливість проходження під ним вагонів локомотивного потягу. Загальна будова завантажувального пункту виглядає наступним чином. Вібролюк 1 встановлений в усті рудозвальної виробки таким чином, що розвантажувальний кінець його робочого органу входить у контур проміжного бункера 2, який з боку люка має відповідну прорізь. Бункер розміщений на опорній рамі 3 порталної конструкції з чотирма стояками, які охоплюють рейкову колію, створюючи наскрізний отвір для проїзду рухомого складу. Днище бункера виконано у вигляді плоского рухомого затвору 4, який за допомогою керуючого пневмоциліндру може висуватися назовні і повертатися назад. Висування затвору відкриває бункер знизу, а зворотний його рух – закриває. Затвор рухається штоком пневмоциліндру, спираючись на підтримувальні ролики у напрямних опорної рами, а корпус останнього закріплений на фундаменті вібролюка.

Проміжний бункер призначений для вільного пропускання гірничої маси, яку завантажує у нього вібролюк, під час знаходження під ним кузовів вагонеток та виконує роль накопичувальної ємності у ті періоди, коли під ним опиняються проміжки між вагонами потягу. Робота вібролюка та рух потягу через завантажувальний пункт відбуваються при цьому безупинно. Вібролюк вмикається при наближенні до зони завантаження потягу і починає заповнювати бункер із закритим затвором рудою. Коли перша вагонетка потрапляє під бункер, затвор відкривається і гірнича маса завантажується до неї. На період проходження під бункером міжвагонних проміжків затвор тимчасово закривається.

Для нормальної роботи завантажувального пункту його конструктивні та експлуатаційні параметри мають бути ретельно узгоджені. Розглянемо розрахунок цих параметрів для умов застосування вібролюка ЛШВ-3,35 та вагонеток з глухим кузовом, широко використовуваних для локомотивної відкатки на вітчизняних залізничних шахтах (наприклад, типу ВГ4,0А).

Перш за все потрібно вибрати розміри проміжного бункера, достатні для безупинного режиму роботи вібролюка із закритим затвором, та узгодити їх зі швидкістю руху потягу. Остання буде залежати від продуктивності вібролюка та поперечного перетину вагонетки, м/хв.,

$$v = \frac{Q_{техн}}{S},$$

де $Q_{техн} = 1400 \text{ т/г} = 23,33 \text{ т/хв.} = 9,33 \text{ м}^3/\text{хв.}$ – продуктивність вібролюка (для руди об'ємною вагою $2,5 \text{ т/м}^3$ [15]); S – поперечний перетин вагонетки, м^2 (для вагонетки з глухим кузовом ВГ4,0А внутрішні розміри кузова – ширина і висота – дорівнюють: $B_0 = 1,35 \text{ м}$; $H_0 = 0,8 \text{ м}$ [15], звідки маємо: $S = B_0 H_0 = 1,35 \cdot 0,8 = 1,08 \text{ м}^2$). Тоді, м/хв

$$v = \frac{9,33}{1,08} = 8,64.$$

Для визначення часу завантаження гірничої маси в бункер та у вагон потрібно знати розміри цих ємностей у плані. Ширина робочого органу вібролюка $B = 1,2 \text{ м}$ [15], тоді ширину бункера (з урахуванням необхідних зазорів) приймаємо $B_0 = 1,5 \text{ м}$. Довжина ж бункера у напрямку, перпендикулярному руху потягу, повинна бути не менше ширини вагону. Приймаємо $L_0 = 1,6 \text{ м}$.

Пряме завантаження гірничої маси у вагон можливе лише тоді, коли бункер повністю знаходиться над вагоном. З огляду на те, що довжина вагону $L_0 = 3,3 \text{ м}$ [15], процес завантаження буде відбуватися протягом $L_0 = L_0 - B_0 = 3,3 - 1,5 = 1,8 \text{ м}$. Звідси можна обчислити час навантаження безпосередньо у вагон, тобто час, коли затвор бункера має бути відкритим, хв

$$t_0 = \frac{L_0}{v} = \frac{1,8}{8,64} = 0,208.$$

У ті моменти, коли під будь-якою частиною бункеру будуть знаходитися міжвагонні проміжки (довжина кожного такого проміжку дорівнює $L_{мв} = 0,7$ м), потрібно буде перекривати за-твор і накопичувати гірничу масу в бункері. Таке становище буде тривати протягом $L_3 = L_{мв} + B_б = 0,7 + 1,5 = 2,2$ м. Тоді час завантаження закритого затвором бункера складатиме, м

$$t_3 = \frac{L_3}{v} = \frac{2,2}{8,64} = 0,25$$

Маючи останню величину, можна розрахувати необхідний об'єм бункера, м³

$$V_б = Q_{техн} t_3 = 9,33 \cdot 0,25 = 2,33$$

Приймаємо: $V_б = 2,4$ м³.

Звідси можна знайти висоту бункера, м

$$H_б = \frac{V_б}{B_б L_б} = \frac{2,4}{1,5 \cdot 1,6} = 1,0$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. Застосування запропонованого пристрою у складі блокового завантажувального пункту має забезпечити безупинний режим завантаження вагонеток з глухим кузовом потягів шахтної локомотивної відкатки. Окрім суттєвого скорочення непродуктивних витрат робочого часу на операцію перестановки вагонів і зростання продуктивності процесу завантаження, таке рішення дає можливість істотно підвищити довговічність вібраційного люку, що завантажує потяг, шляхом відмови від режиму роботи його вібраційного приводу з частими запусками і зупинками, який у край несприятливий з точки зору надійності.

Ще більшого позитивного ефекту можна досягти за рахунок використання вагонеток типу ВД-16. Вони мають міжкузовні перекриття, які створюють єдину суцільну ємність потягу [15]. Для такого рухомого складу описаний пристрій не потрібний, а швидкість руху потягу буде обумовлена лише продуктивністю вібролюка. Утім, поки що таких вагонеток дуже мало у масштабах галузі.

Список літератури

1. Бизов В.Ф. Гірничі машини. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». Бібліотека гірничого інженера в 14 томах. Том IX / В.Ф. Бизов, В.П. Франчук. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004. – 468 с.
2. Громадський А.С. Проектування, формування та використання комплексів гірничорудного механізованого обладнання: Навч. посібник / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 229 с.
3. Громадський А. С. Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
4. Гірничі машини та обладнання для добування руд: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Ю.Г. Горбачов, Б.М. Гопкало, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов, М.С. Плішко, В.А. Семенов, А.О. Хруцький, Ю.І. Чу-мак, І.А. Шиповський / Під заг. ред. А.С. Громадського. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ. – 2017. – 410 с.
5. Горбачов Ю.Г. Умови забезпечення безударного режиму роботи пневматичних вібраційних приводів діафрагмового типу / Гірничий вісник: науково-техн. збірник // Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов. – Кривий Ріг. – 2020. – Вип. 107. – С. 128–132.
6. Потураев В.Н. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах / В.Н. Потураев. – Дн-ск: НГА Украины, 2002. – 190 с.
7. Blechman L.I. Revisiting the models of vibration screening process / L.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov. – Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
8. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве / И.Ф. Гончаревич. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
9. Учитель А.Д. Вибрационный выпуск горной массы / А.Д. Учитель, В.В. Гущин. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
10. Вибрационные машины для выпуска и доставки руды / В.Н. Потураев, В.И. Дырда, О.К. Авдеев, И.К. Поддубный, В.П. Надутый, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.И. Финюгеев. – К.: Наукова думка, 1981. – 152 с.
11. Каварма И.И. Комплексы поточного транспорта для подземной разработки крепких руд / И.И. Каварма, А.В. Бровко. – М.: Недра, 1986. – 86 с.
12. Гущин В.В. Поточная технология подземной разработки мощных рудных месторождений / В.В. Гущин, Ю.В. Демидов, Ю.А. Епимахов, Г.Н. Корнев. – М.: Недра, 1982. – 126 с.
13. Кальницкий А.М. Расчет фактической производительности вибропитателя для выпуска и доставки руды / А.М. Кальницкий // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 11. – М.: Недра, 1990. – С. 151-154.
14. Трішин Д.В. Обґрунтування вихідних вимог та розробка конструкції пристрою для безупинного завантаження електровозного потягу в очисному блоці: Випускна кваліфікаційна робота магістра. Рукопис / В.Д. Трішин. – Кривий Ріг: КНУ, 2020. – 102 с.
15. Машини. Оборудование. Разработки. 1989-1990 г.г. Аннотированный перечень (каталог). – Кривой Рог: ВНИПИрудмаш, 1990. – 160 с

О.Л. ШЕПЕЛЬ, М.В. ХУДИК, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет
А.В. КОСЕНКО, канд. техн. наук, м.н.с.
Інститут фізики гірничих процесів, Дніпро

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТАННЯ ЗНИЖЕННЯ ГІРНИЧОГО ТИСКУ ПРИ ВИПУСКУ РУДИ ЗА РІЗНИХ УМОВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ

Мета. Метою даної роботи є аналіз досліджень основного процесу підземних гірничих робіт, такого як випуск руди, від якого залежать показники вилучення руди.

Методи. У роботі використано такі методи: аналіз та дослідження питань пов'язаних з проблемами зниження гірського тиску на днищі блоків при випуску відбитої руди, що актуальні на теперішній час; дослідження процесу випуску руди та вплив на величину й характер розподілу тиску, що викликане вагою обвалених порід; експериментальні дослідження випуску руди в лабораторних умовах на моделях максимально приближених до реальних умов; методи аналізу та оброблення результатів експериментів.

Наукова новизна. В результаті експериментальних досліджень режимів випуску руди встановлено найбільш сприятливий з погляду величини гірського тиску на днищі та ефективну інтенсивність і порядок випуску руди із блоку. Встановлено закономірності перерозподілу тиску на днищі блоку при випуску руди. Зазначено, що збільшення довжини панелі (блоку) вхрест простягання при незмінних ширині за простяганням, інтенсивності й порядку випуску руди призводить до зростання величини максимального тиску на днищі панелі (блоку). Обґрунтовано залежність між найбільш доцільним режимом випуску руди з погляду зменшення гірського тиску.

Практична значимість. Пропонується ефективна технологія підземної розробки системами підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід з відбійкою руди вялами глибоких свердловин та доставкою відбитої руди навантажувально-доставочною технікою.

Результати. На підставі виконаних лабораторних досліджень випуску руди встановлено, що при підвищенні інтенсивності, а, отже, і частоти випуску руди з окремих отворів тиск на виробки днища зменшується. Величина тиску, як мінімального, так і максимального зі збільшенням дози випуску збільшується. За рахунок підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху підвищується в цілому ефективність відпрацювання запасів, тому що зніжуються строки їхньої служби. Напрямок подальших досліджень полягає у проведенні додаткових лабораторних досліджень випуску руди для більш точного визначення впливу гірничого тиску на нижню частину блоку, що відпрацьовується.

Ключові слова: руда, технологія, випуск, відбійка, гірський тиск, дослідження.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-131-137

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На теперішній час при розробці залізородних родовищ використовуються переважно системи розробки поверхового й підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід [1-4]. Особливу увагу треба приділяти основному процесу підземних гірничих робіт, такому як випуск руди, від якого залежать показники вилучення руди. Особливим чином впливаючи на випуск руди можливо отримати покращені показники вилучення за системою розробки в цілому. Отже, впровадження нових високоефективних технологій відпрацювання рудних покладів є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз питань пов'язаних з проблемами зниження гірського тиску на днищі блоків при випуску відбитої руди показує, що вчені займалися дуже мало, що свідчить про встановлення нових залежностей та закономірностей на теперішній час [5-9].

Встановлено, що низькі втрати й засмічення при випуску руди отримуються при горизонтальному контакті поверхні обваленої руди з породами, що налягають, однак практично створити такі умови для випуску вдається рідко [10].

Поряд з горизонтальними розмірами блоку значний вплив на величину й характер розподілу тиску, що викликаний вагою обвалених порід, робить інтенсивність і порядок випуску руди із блоку. Збільшення інтенсивності випуску руди сприяє зниженню тиску на днище [7]. Дослідження, однак, показують, що залежно від ширини блоку й стану масиву на границях блоку вплив випуску проявляється по-різному. При цьому надзвичайно важливу роль має порядок випуску [11-13]. При нерівномірному випуску найпоширенішим на практиці, замість зниження

спостерігається зростання тиску на ті ділянки днища в межах яких випуск руди порівняно менш інтенсивний.

Отже, необхідно детальніше розглядати процес випуску руди за різних умов, що впливають.

Постановка задачі. Таким чином, необхідно обґрунтувати вибір ефективного режиму та параметри випуску відбитої руди, щоб максимально зменшити засмічення, втрати руди, значення гірського тиску на днищі блоків, а також розробити та впровадити ефективну технологію розробки залізородних родовищ системами розробки поверхового й підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід.

Викладення матеріалу та результати. У зв'язку з нерівномірним розподілом запасів обваленної руди над рудоспусками для збереження горизонтального контакту між рудою й порожніми породами, що налягають, більш інтенсивний випуск виконується звичайно з рудоспусків у лежачого боку. Внаслідок цього поряд з різким зниженням тиску в цій частині днища спостерігається зростання тиску в центрі блока й біля висячого боку.

Це відбувається, тому що при ортовій схемі підготовки днища прийомного горизонту акумулюючий штрек, звичайно розташовується в породах лежачого боку, тому випуск відбувається в основному з першої й другої пари випускних дучок. Звідси найчастіше, виходить із ладу вентиляційний штрек, де випуск руди відбувається не інтенсивно (більша довжина скреперування) з дучок, розташованих у районі вентиляційного штреку, а тому збільшується тиск на виробки днища в цьому районі в першу чергу.

Особливо велика роль випуску в тому випадку, якщо вертикальними границями блоку служать обвалені породи.

При нерівномірному й неінтенсивному випуску руди із блоку, що граничить із двох сторін із обваленими породами, тиск значно вище, ніж у блоці, що знаходиться в масиві, навіть у тому випадку, якщо із блоку в масиві випуск руди не виконується.

Пряма залежність тиску на днища блоку, що перебуває в стадії випуску, від розміру за протяганням справедлива не тільки для окремого блоку, але й для ряду блоків, що одночасно розробляються, розділених міжблоковими ціликами достатньої ширини, представленими рудним масивом або нерухомими зруйнованими породами (рис. 1).

При зазначених умовах величина й характер розподілу тиску в кожному блоці визначається його горизонтальними розмірами й особливостями в організації випуску так само, як й в ізолюваному блоці.

Спостерігається різка зміна тиску на верхню площину міжблокових ціликів. Абсолютна величина середнього тиску на міжблоковий цілик значна й в 1,3-2,0 рази більше тиску всього стовпа обвалених порід, зростаючи зі зменшенням ширини цілика (рис. 2).

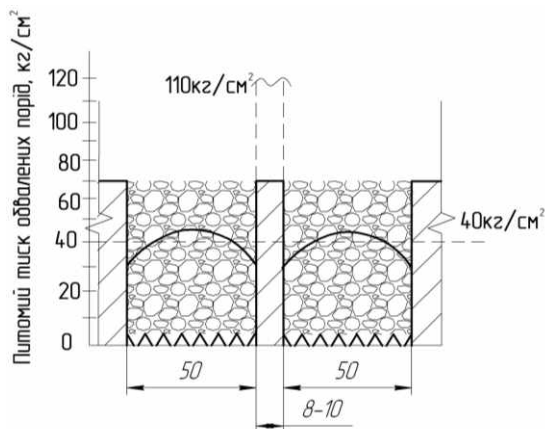


Рис. 1. Блоки, що одночасно розробляються, розділені міжблоковими ціликами достатньої ширини

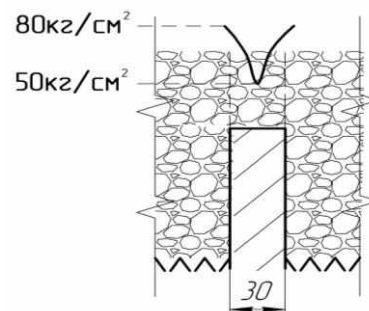


Рис. 2. Абсолютна величина середнього тиску на міжблоковий цілик

Навантаження на цілик розподіляються нерівномірно, зростаючи від середини до бічних площин. Питомий тиск обвалених порід при ширині цілика: 8 м – 110 кг/см²; 10 м – 100 кг/см²; 20 м – 65 кг/см²; 30 м – 52 кг/см²; 40 м – 52 кг/см².

Роль ціликів при одночасному випуску руди з ряду суміжних блоків можуть виконувати також міжблокові ділянки, представлені ущільненою обваленою рудою, випуск із яких не ви-

конується. При нерівномірному випуску за рахунок розвантаження тиску на ділянки днища, з яких у цей момент виконується інтенсивний випуск, додатково навантажуються сусідні обсяги обвалених порід. Внаслідок цього поряд з різким зниженням тиску на ділянки днища, розташовані в лежачому боці, де виконується інтенсивний випуск, тиск у центрі блоку значно перевищує тиск усього стовпа обвалених порід [14-17].

При випуску руди відбувається перерозподіл тиску на днищі блоку. Над випускним отвором, з якого проводили випуск, утворюється зона розпушення у зв'язку, із чим тиск у межах зони знижується. Радіус зони, у якій відбувається помітне зниження гірського тиску, залежить від кількості випущеної руди (величина дози випуску) і може бути визначений за формулою, м

$$R_3 = \sqrt[3]{Q} + 1,07d,$$

де Q – кількість випущеної з отвору руди, кг; d – діаметр випускного отвору, м.

За межами зони розпушення обвалена руда ущільнюється, і тиск на днищі збільшується. Величина приросту залежить від первісного тиску (до випуску з випускного отвору) і від відстані місця, в якому виконуються вимірювання тиску до випускного отвору, з якого виконується випуск.

Дослідами встановлено, що після випуску 100–120 м³ руди з отвору на відстані 8–10 м від його вісі тиск збільшується на 15–20%, а на відстані 12–16 м – на 30–40% від первісного. На більш віддалених ділянках наростання тиску поступово загасає. Такі закономірності розподілу тиску характерні при випуску з одного отвору.

При рівномірно-послідовному режимі випуску руди із обвалених панелей і блоків ці закономірності безупинно повторюються в міру включення в роботу інших отворів. Зміна тиску (зниження або збільшення) відбувається стрибкоподібно в період витікання руди з випускного отвору, а величина його змінюється від мінімуму до максимуму в будь-якій точці панелі (блоку). Величина мінімального тиску не залежить від розташування отвору в межах панелі (блоку) і її (його) розмірів, а визначається тільки кількістю випущеної руди.

При випуску з отвору 20–30 см³ руди величина мінімального тиску перебуває в межах 35–40 г/см². Подальший випуск руди викликає незначне підвищення гірського тиску у зв'язку зі збільшенням висоти еліпсоїда розпушення. Величина максимального тиску залежить від розмірів панелі (блоку), інтенсивності й порядку випуску руди.

Збільшення довжини панелі (блоку) вхрест простягання при незмінних ширині за простяганням, інтенсивності й порядку випуску руди призводить до зростання величини максимального тиску на днищі панелі (блоку). У панелях розміром 24×60 см цей тиск був на 25–27% більше, чим у панелях розміром 24×30 см. Особливо різко зростає величина максимального тиску на днищі панелі при збільшенні ширини панелі за простяганням.

Також необхідно відмітити вплив порядку випуску на величину гірського тиску. Тобто найбільш доцільним з погляду зменшення гірського тиску є одночасний ешелонований випуск від рудного масиву до центру площі обваленої панелі й від центра до виробленого простору. При ешелонованому й східчастому випуску руди (рис. 3) в напрямку від центра до виробленого простору значення гірського тиску становить 0,82–0,85Н_у – вага стовпа засипаного в модель матеріалу.

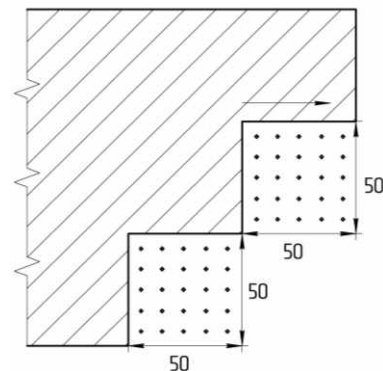
Рис. 3. Східчастий випуск руди в напрямку від центра до виробленого простору

При східчастому випуску в напрямку від виробленого простору й одночасному ешелонованому випуску від центра до флангів значення гірського тиску зразково на 10% нижче. Найбільш доцільний порядок випуску стосовно перших двох на 26% нижче й становить усього лише 0,57Н_у.

Також необхідно сказати, що вплив дози випуску й інтенсивності на величину гірського тиску:

при підвищенні інтенсивності, а, отже, і частоти випуску руди з окремих отворів тиск на виробки днища зменшується;

величина тиску, як мінімального, так і максимального зі збільшенням дози випуску збільшується.



Найбільш сприятливим з погляду величини гірського тиску на днищі є одночасний випуск із всіх випускних отворів панелі, коли доставка руди виконується човниковими скреперами або конвеєрами. З початком випуску завдяки включенню в роботу всіх випускних отворів панелі відбувається поступове розпушення руди по всій площі й зниження тиску на днище. Інтенсивність г/см^2 , т/м^2 , за хвилину або за добу для другого приклада: I – $0,02 \text{ г/см}^2$; II – $0,04 \text{ г/см}^2$; III – $0,072 \text{ г/см}^2$.

Відхилення величини максимального тиску при рівномірно-послідовному випуску до тиску при одночасному випуску із всіх випускних отворів панелі коливається в межах від 1,48 до 1,63.

Для встановлення та визначення показників вилучення руди й величини гірського тиску на виробки днища прийомного горизонту при технології, що рекомендується, при відпрацюванні потужних рудних покладів Кривого Рогу було проведено відповідні лабораторні дослідження на експериментальній моделі.

Об'ємна модель виконана в масштабі М 1:100 з передньою скляною стінкою (рис. 4). Відстань між випускними отворами – 5 м, діаметр випускних отворів – 2 м. Як сипучий матеріал використовується мартитова руда із гранулометричним складом +1 – 5 мм. Породи, що налягають, у моделі представлені крихтою граніту із гранулометричним складом +1 – 5 мм. Висота обваленого шару в панелі – 40 м. Довжина панелі, що обвалюється за простяганням – 25 м, а в вхрест простягання – 20 м.

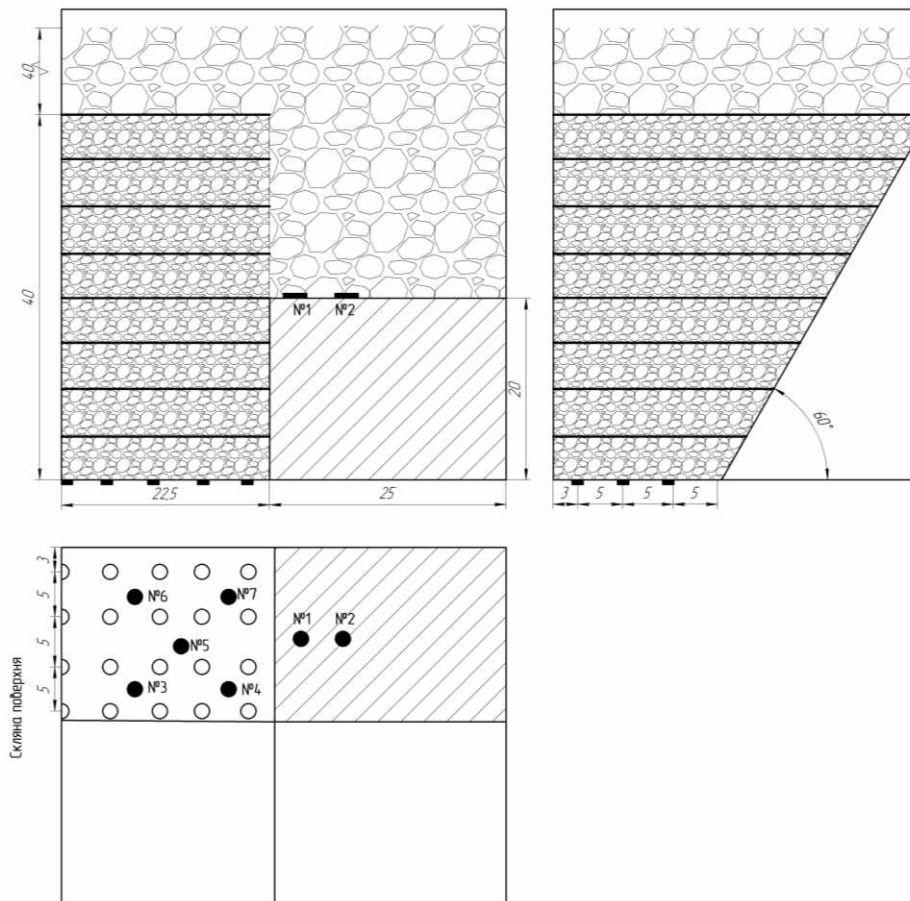


Рис. 4. Об'ємна модель для лабораторних досліджень

Для визначення тиску на днищі прийомного горизонту залежно від способу й порядку випуску руди в днищі панелі розміщуються 5 тензометричних датчиків (рис. 4). Для визначення тиску на тимчасовий цілик, довжиною за простяганням - 25 м і висотою - 20 м розміщуються два тензометричних датчики по центральній лінії цілика на відстані - 5 м від краю цілика й 10 м між тензометричними датчиками по центральній лінії.

На рис. 5, 6 показаний порядок випуску обваленої руди в панелі, що рекомендується, при способі випуску руди рівномірно-послідовними зонами на 2-3 випускні виробки. На рис 7, 8

показаний порядок випуску обваленої руди при рівномірно-послідовному режимі випуску ешелоновано в напрямку від лежачого боку до висячого боку (рис. 8) і східчато в напрямку від лежачого боку до висячого боку (рис. 7).

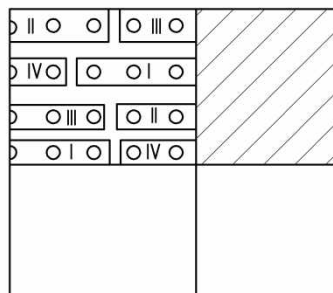


Рис. 5

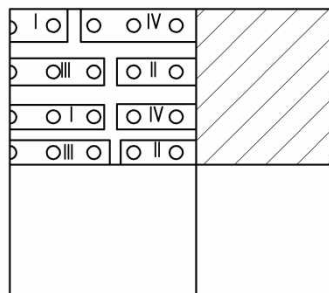


Рис. 6

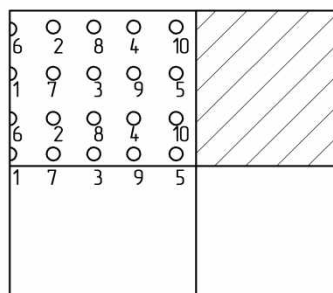


Рис. 7

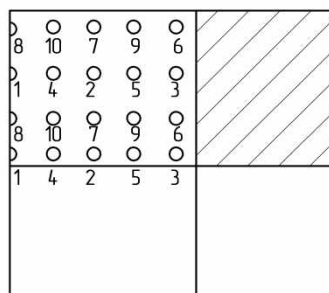


Рис. 8

Рис. 5, 6, 7, 8. Порядок випуску обваленої руди в панелі

На рис. 9 показано порядок випуску обваленої руди в панелі по черзі через один випускний отвір до початку засмічення, а на рис. 10 показано хаотичний порядок випуску обваленої руди в панелі.

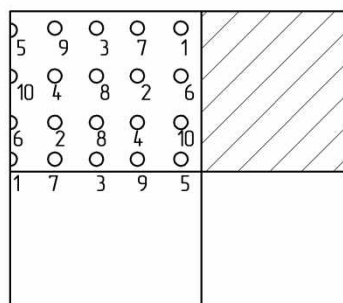


Рис. 9

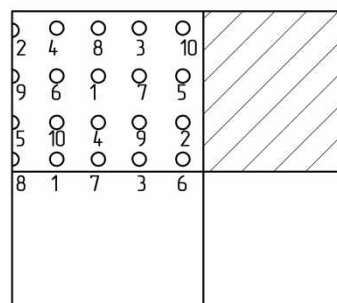


Рис. 10

Рис. 9, 10. Порядок випуску обваленої руди в панелі

За вище описаними способами випуску рекомендується технологія підземної розробки системами підповерхового обвалення руди та вміщувальних порід з відбійкою руди віялами глибоких свердловин та доставкою відбитої руди навантажувально-доставочною технікою.

Через 60 м проходять орти-заїзди, що мають сполучення з відкотним штреком. За умови, що кут падіння покладу становить 50 градусів, розробка родовища ведеться трьома підповерхами, на кожному з яких утворюється вертикальна відрізна щілина. Відбійка ведеться віялами глибоких висхідних свердловин на вертикальну відрізну щілину. З метою покращення буропідривних робіт можливо впровадити запропоновані способи відбійки рудного масиву [18, 19].

На підповерхах відбита руда скреперується до рудоспусків, що сполучаються з ортами-заїздами. Далі руда перевантажується навантажувально-доставочною технікою.

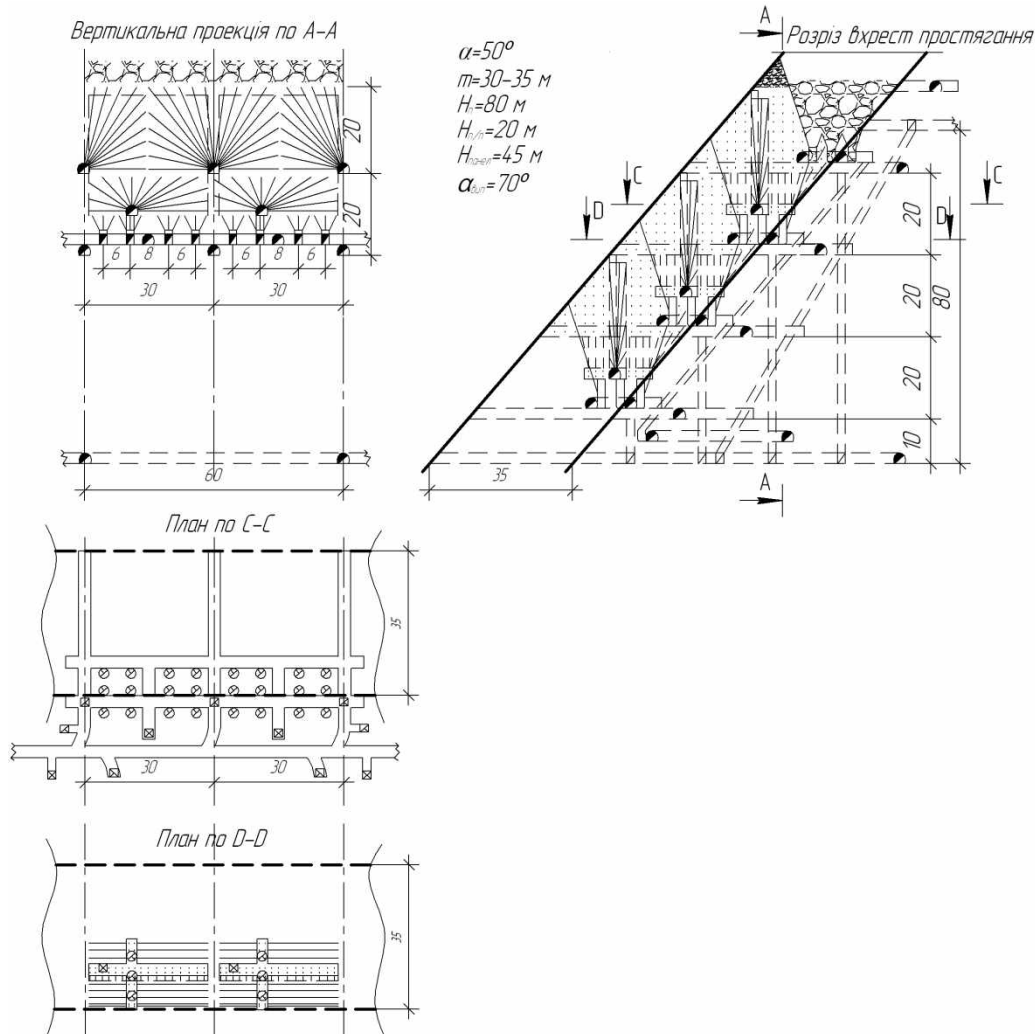


Рис. 11. Система розробки підповерхового обваління руди та вміщувальних порід з застосуванням потужної навантажувально-доставочної техніки: m – потужність покладу, м; H_n – висота підповерху, м; α – кут падіння покладу, град

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином в подальшому рекомендована технологія розробки призводить до загального підвищення інтенсивності відпрацювання підповерхів. За рахунок підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху підвищується в цілому ефективність відпрацювання запасів, тому що знижуються строки їхньої служби. Напрямок подальших досліджень полягає у проведенні додаткових лабораторних досліджень випуску руди для більш точного визначення впливу гірничого тиску на нижню частину блоку, що відпрацьовується.

Список літератури

1. Цариковский В.В. Перспективы применения различных систем разработки при подземной добыче руд в Кривбассе / В.В. Цариковский, А.П. Григорьев // Разработка рудных месторождений. – 2004. – №85. – С. 164–167.
2. Малахов Г.М. Теория и практика выпуска руды / Малахов Г.М., Безух Р.В., Петренко П.Д. – М.: Недра, 1968. – 311 с.
3. Ступник Н.И. Улучшение показателей извлечения руды при системе поэтажного обрушения / Н.И. Ступник, В.А. Калиниченко, О.Я. Хивренко [и др.] // Збірник наукових праць Державного підприємства «Науково-дослідний гірничорудний інститут». – Кривий Ріг: НДГРІ, 2011. – № 53. – С. 136–142.
4. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / Именитов В.Р. – М.: Недра, 1984. – 504 с.
5. Калиниченко В.О. Дослідження показників вилучення руди на основі фізичного моделювання її випуску для умов глибоких горизонтів шахт Кривбасу / Калиниченко В.О., Косенко А.В., Хивренко О.Я. // Качество минерального сырья. – 2017. – Т. 1 – С. 143–155.
6. Косенко А.В. Комп'ютерне моделювання інтенсифікації технологічного процесу випуску руди під обваліними пустими породами / Косенко А.В., Тарасютін В.М., Шепель О.Л. // Гірничий Вісник. – 2018. – Вип. 104. – С. 92–96.

7. Рymarчук Б.І. Про питання зниження гірничого тиску при випуску руди з обвалених блоків / Б.І. Рymarчук, О.Л. Шепель, М.В. Худик // Вісник Криворізького національного університету. – 2020. – № 50. – С. 82–87. doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-82-87.
8. Shepel, O., Rymarчук, B. About a question of a decrease of a rock pressure at an ore drawing from the brought down blocks. Multi-authored monograph. – Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2020. – 514 p. (181–197). <https://doi.org/10.31713/m912>.
9. Pysmennyi, S., Shvager, N., Shepel, O., Kovbyk, K., Dolgikh, O. (2020). Development of resource-saving technology when mining ore bodies by blocks under rock pressure. E3S Web of Conferences, 166, art. no. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016602006>.
10. Чернокур В.Р. Добыча руд с поэтажным обрушением / Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегеда В.И. – М.: Недра, 1992. – 217 с.
11. Стариков Н.А. Системы разработки месторождений. – М.: Metallurgizdat, 1967.
12. Демидов Ю.В., Аминов В.Н. Подземная разработка мощных рудных залежей. – М.: Недра, 1991. – 204.
13. Васильченко Т.П. Влияние объема и формы подсеки на уровень потерь и разубоживания руды при системе разработки с отбойкой руды в зажатой среде // Основные вопросы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых. – М.: ИПКОН АН СССР, 1981. С. 46–56.
14. Ривкин И.Д., Волощенко В.П., Маймин Л.Р. Инструктивные указания по определению параметров систем разработки с обрушением по условиям проявления горного давления с увеличением глубины ведения горных работ на шахтах Кривбасса: Утв. 05.03.64. – НИГРИ. – Кривой Рог, 1964. – 37 с.
15. Коляда Е.И. Исследование, выбор и разработка эффективного варианта системы поэтажного обрушения, обеспечивающего снижение потерь руды в недрах / Коляда Е.И. – Кривой Рог, 1980. – С. 50–60.
16. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. М.: Недра, 1994. – 208 с.
17. Зубков А.В., Леликов В.П., Пятков Ю.Ф. Распределение давления в днище блока в ходе ведения очистных работ // Подземная добыча руд черных металлов: Сб. научн. тр. / НИГРИ. – Кривой Рог, 1979. – С. 61–63.
18. B.I. Rymarчук, O.L. Shepel, M.V. Khudyk (2017), “Expediency of application of the vertical concentrated charges to decrease losses of ore on a lying wall of deposits”, Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu, no.3, pp. 32–37.
19. Rymarчук, B., Shepel, O. (2020). Ways of increase of efficiency of drilling-and-blasting. E3S Web of Conferences, 166, art. no. 03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016603001>

УДК 624.012.45:691.322+621.182.94:621.182.95

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,
 О.Ю. СРЬОМЕНКО, М.О. ВАЛОВОЙ, кандидати техн. наук, доценти
 Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИДОБУТКУ ТА ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОШЛЯХІВ В КАР'ЄРІ ТА НА ВІДВАЛАХ

Мета. Визначення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик розкривних порід та хвостосховищ відходів збагачення залізних руд з метою подальшої утилізації в якості сировини для проведення робіт по улаштуванню автошляхів в кар'єрі та на відвалах.

Методи дослідження. Використано комплекс методів досліджень, який охоплює аналіз та узагальнення літературних джерел відповідно до мети роботи, лабораторні методи визначення фізико-механічних характеристик щебеню, піску, щебенево-піщаної суміші з відходів видобутку та збагачення залізних руд відповідно до чинних методик проведення випробувань.

Наукова новизна. Експериментальним шляхом були отримані фізико-механічні показники, дані про хімічний та гранулометричний склад щебеню та піску з відходів збагачення залізних руд методом сухої магнітної сепарації, «хвостів» рудозбагачувальної фабрики, мінералів розкривних порід – кварцитів окислених, мігматитів, амфіболітів, сланців, аркозових метапіщаників, джеспілітів окислених.

Практична значимість. Встановлено, що за хімічним та гранулометричним складом, показниками міцності, насипної щільності, пористості, сумарної активності природних радіонуклідів, морозостійкості, стиранистості, лещадності, водопоглинення щебін, пісок та піщано-щебенева суміші з відходів збагачення залізних руд та мінералів розкривних порід можуть бути використані тією чи іншою мірою, при будівництві автошляхів в кар'єрі і на відвалах.

Результати. Встановлено, що за показниками міцності чинні норми обмежують використання щебеню та піску з некондиційних кварцитів, окислених кварцитів, аркозових метапіщаників лише використанням для додаткових шарів основи доріг I – III категорій та шарів дорожнього одягу доріг IV – V категорій загального призначення. В зв'язку з цим їх не бажано використовувати при будівництві автошляхів в кар'єрі та на відвалах. Показники якості, міцності та довговічності доріг з використанням цих матеріалів будуть низькими, що призведе до частих ремонтів, зниження ефективності використання автосамоскидів, збільшення витрат на утримання доріг та транспортування гірської маси. При цьому немає жодних застережень до використання щебеню та піску зі сланців, відходів збагачення амфіболітів, мігматитів, джеспілітів окислених.

Ключові слова: щебінь, пісок, відходи збагачення, розкривні породи, міцність, автошляхи в кар'єрах.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-137-143

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Стан кар'єрних автошляхів значною мірою визначає ефективність експлуатації технологічного автотранспорту. У зв'язку з цим проектуванню, будівництву, експлуатації та ремонту кар'єрних автошляхів, має приділятися значна увага. Разом з тим більшість досліджень з означених питань були виконані 15-30 років тому, і в них розглядалися питання, пов'язані з будівництвом та експлуатацією автошляхів для автосамоскидів вантажопідйомністю 30-110 т. В даний час на підприємствах у великих кількостях експлуатуються автосамоскиди вантажопідйомністю 130-220 т. Провідними світовими виробниками ведуться роботи зі створення ще більших кар'єрних автосамоскидів.

Будівництво кар'єрних автошляхів потребує значної кількості будівельних матеріалів (пісок, гравій, щебінь). Зниження собівартості їх будівництва та утримання можливе за рахунок використання багатотоннажних відходів видобутку корисних копалин в якості вихідної сировини.

Аналіз досліджень і публікацій. Основними відходами при відпрацюванні Інгулецького родовища магнетитових кварцитів кар'єром є розкривні гірські породи. Останні представлені твердими скельними (кварцити, сланці, амфіболіти, граніти і т.п.) і осадовими рихлими (вапняки, суглинки, глини, піски) породами. Загальний обсяг видобутих та запланований обсяг розкривних гірських порід за період 2018 р. – 2021 р., приблизно, становить 90257,3 тис. м³.

Добуті розкривні гірські породи розміщуються на зовнішніх відвалах № 1, № 2 і використовуються при будівництві дамби хвостосховища:

за період 2018 р. – 2021 р. – на відвалі № 1 розміщено та планується розмістити – 20541,3 тис. м³;

на відвалі № 2 – 64656,0 тис. м³;

на греблі хвостосховища – 5060,0 тис. м³.

На підприємстві відвали є змішаними. Крім порід, попутно видобуваних і розкривних порід, в них заскладовані залістисті розубожені кварцити.

Розкривні гірські породи мають назву класифікаційної групи «Відходи розробки кар'єром залізної руди». Хімічний склад розкривних гірських порід наступний: діоксид кремнію – 41,09%; калію оксид – 2,89%; кальцію оксид – 3,85%; магнію оксид – 13,92%; алюмінію оксид – 17,55%; сполуки заліза – 17,9%, натрію оксид – 2,51%, марганцю оксид – 0,15%, сторонні включення – 0,036% – 0,14%.

Крім розкривних порід на підприємстві утворюється значна кількість відходів переробки збагачувальних фабрик. До таких відносять щебінь та пісок з відходів збагачення методом сухої магнітної сепарації та методом мокрої магнітної сепарації. Підприємство ПРАТ «ІнГЗК» випускає щебінь із відходів сухої магнітної сепарації (СМС) крупністю 0 мм - 70 мм, після чого на сортувальному вузлі, його поділяють на фракції 0 мм - 5 мм, 5 мм - 20 мм, 20 мм - 40 мм (рис.1). Зазначений щебінь представлений, переважно, високоміцними кварцитами, гранітами, мігматитами і піском з відсіву дроблення скельних гірських порід. Цей щебінь використовується в основному для власних потреб: відсіпання автомобільних доріг технологічного автотранспорту, відсіпання баластового шару верхньої будови залізничної колії тощо. Надлишок відходів СМС складують у відвали.



Рис. 1. Процес розподілу на фракції щебеню з відходів сухої магнітної сепарації

Численними і складнішими є техногенні об'єкти намівного типу, представлені хвостосховищами збагачувальних фабрик. Процеси формування просторово роз'єднаних зон підвищеної концентрації різних металів у них мали місце, як у процесі самого складування, так і під

впливом пізніших процесів окиснення та перерозподілу за участю водних розчинів. Заскладовані хвости збагачення є подрібненою масою з тонкодисперсного матеріалу з водонасиченням до 20% - 50%, щільністю 2,5 г/см³ - 4,6 г/см³. Їм характерна безструктурність, висока водопроникність, вони є джерелом пилоутворення.

Залежно від крупності хвостові відкладення поділяються на крупнозернисті (з діаметром частинок понад 0,5 мм більше 50%), середньозернисті (з діаметром частинок 0,5 мм - 0,25 мм більше 50%), дрібнозернисті (з діаметром частинок 0,25 мм - 0,1 мм більше 75%) та пилоподібні (з діаметром частинок менше 0,1 мм менше 75%). На ділянках, близьких до місця випуску пульпи та біля дамби хвостосховища, крупність намитих хвостів зростає і є максимальною. У процесі накопичення хвостів виникають макро- та мікрошарові текстури, утворення яких пояснюється особливостями технології робіт з наміву (текстура) та турбулентністю несучого потоку (мікрослоїстість).

З початку експлуатації комбінату в шламосховищах розміщено понад 500 млн м³ хвостів збагачення з поточним виходом близько 13 млн м³ на рік.

Загальна класифікацію відходів, що утворюються для підприємства під час здійснення виробничої діяльності, наведено в табл. 1.

З огляду на сказане можна дійти висновку, що існуюча ступінь переробки відходів промислового виробництва на ПРАТ «ІнГЗК» створює можливість лише незначно зменшити темпи зростання їх обсягів і жодним чином не вирішує питання використання відходів, які накопилися за весь час роботи підприємства. Збільшити обсяги переробки можливо за умови збільшення обсягів їх використання при будівництві та ремонті кар'єрних автошляхів. Останнє потребує додаткових досліджень хімічного складу, гранулометричного складу, фізико-механічних властивостей означених відходів виробництва на предмет їх відповідності вимогам норм.

Таблиця 1

Структурна класифікація відходів ПРАТ «ІнГЗК»

Клас відходів видобутку та переробки	Підклас	Техногенна сировина	Техногенезис	Основний діапазон крупності відходів, мм
Рудно-природні	Склади	Забалансові руди	Подрібнення за технологією відкритої розробки корисних копалин	1-400
		Попутні руди		
		Розубожені руди контактних зон		
	Відвали	Скельні та напівскельні розкривні породи	Подрібнення за технологією відкритої розробки	1-800
		Морені породи	Розкривні роботи з частковим подрібненням валунів	0.01-200
		Рихлі породи	Розкривні роботи на пухких осадових ґрунтах	0.1-30
		Змішані	Спільне відсіпання скелі морених або інших розкривних порід	0.1-400
Хвостові	Хвостосховища	Хвости мокрого збагачення	Гравітація, флотація, магнітна сепарація та ін.	0.01-5
		Хвости сухого збагачення	Породовибірка, вибірка слюди та ін.	0.01-30

Постановка задачі. Для визначення можливості вторинного використання промислових відходів у будівництві кар'єрних автошляхів необхідно вивчити їхній хімічний склад, гранулометричний склад, фізико-механічні властивості.

Об'єктами дослідження були наступні промислові відходи виробництва ПРАТ «ІнГЗК»: щебінь та пісок з відходів збагачення залізних руд методом сухої магнітної сепарації, «хвости» рудозбагачувальної фабрики РОФ-1, мінерали розкривних порід - кварцити окислені, мігматити, амфіболіти, сланці, аркозові метапіщаники, джеспіліти окислені, некондиційні кварцити.

Викладення матеріалу та результати. Дослідження проведено з використанням стандартних хімічних та фізико-хімічних методів, сучасними інструментальними методами відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) «Щебінь і гравій із щільних гірських порід та відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань» [1] та ДСТУ В.2.7-232: 2010 «Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань» [2].

Точкові проби промислових відходів відбиралася у місцях їх складування відповідно до існуючих нормативних вимог згідно [2].

Результати випробувань гірських порід ПРАТ «ІнГЗК» перерахованих у постановці задачі дослідження наведені нижче.

Тверда фаза хвостів. Для твердої фази хвостів були визначені: насипна щільність ($\rho=1431 \text{ кг/м}^3$), вміст пилоподібних (1,0%) та глинистих частинок (0,8%), вміст органічних домішок (0%), хімічний склад, показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = (3,37 - 6,31) < 370 \text{ Бк/кг}$), морозостійкість (F25). За наведеними показниками пісок твердої фази хвостів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь із відходів СМС. Для щебеню з відходів СМС фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1750 \text{ кг/м}^3$), пустотність (група – мала пустотність), міцність (дробильність) (марка – 1200), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = (36,9 - 52,4) < 370 \text{ Бк/кг}$), морозостійкість (F100), хімічний склад, стиранність (Ст-II), лещадність (звичайна форма зерен). За наведеними показниками щебінь із відходів СМС може бути використаний у дорожньому будівництві.

Пісок із відходів СМС. Для піску з відходів СМС фракції 0 мм – 5 мм було визначено: гранулометричний склад ($M_k = 3,18$), насипна щільність ($\rho = 1744 \text{ кг/м}^3$), міцність (марка – 1200), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = (36,9 - 52,4) < 370 \text{ Бк/кг}$), хімічний склад, водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 9,5\%$). За наведеними показниками пісок із відходів СМС може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок із некондиційних кварцитів. Для щебеню з некондиційних кварцитів фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1470 \text{ кг/м}^3$), пустотність (група – середня пустотність), міцність (дробильність) (марка – 400), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 77,7 < 370 \text{ Бк/кг}$), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (кубоподібна форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 3,5\%$). За наведеними показниками щебінь із некондиційних кварцитів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Винятком є щебінь з некондиційних кварцитів, за показником міцності, може бути використаний тільки для влаштування шарів додаткової основи та для вирівнювання поверхні основ на дорогах I – III категорій.

Для піску з некондиційних кварцитів фракції 0 мм – 5 мм було визначено: гранулометричний склад ($M_k = 3,44$), міцність (марка – 400), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 77,7 < 370 \text{ Бк/кг}$). За наведеними показниками пісок із некондиційних кварцитів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок з окислених кварцитів. Для щебеню з окислених кварцитів фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1433 \text{ кг/м}^3$), пустотність (група – середня пустотність), міцність (дробильність) (марка – 600), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 6,31 < 370 \text{ Бк/кг}$), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (покращена форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 4,0\%$). За наведеними показниками щебінь із окислених кварцитів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Винятком є щебінь з окислених кварцитів, за показником міцності, може бути використаний тільки для влаштування шарів додаткової основи та для вирівнювання поверхні основ на дорогах I – III категорій, для влаштування шарів дорожнього одягу доріг IV – V категорій.

Для піску з окислених кварцитів фракції 0 мм – 5 мм було визначено: гранулометричний склад ($M_k = 3,43$), міцність (марка – 600), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 6,31 < 370 \text{ Бк/кг}$). За наведеними показниками пісок з окислених кварцитів можна використовувати у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок із джеспілітів окислених. Для щебеню з джеспілітів окислених фракції 5 мм – 40 мм були визначені: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1467 \text{ кг/м}^3$), пустотність (група – середня пустотність), міцність (дробильність) (марка – 800), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 2,71 < 370 \text{ Бк/кг}$), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (кубоподібна форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 4,7\%$). За наведеними показниками щебінь з окислених джеспілітів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Винятком є щебінь з джеспілітів окислених, за показником міцності, може бути використаний для влаштування основ доріг будь-якої категорії та для влаштування покриття доріг V категорії.

Для піску з джеспілітів окислених фракції 0 мм - 5 мм були визначені: гранулометричний склад ($M_k = 3,6$), міцність (марка - 800), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів $A_{\text{еф}} = 2,71 < 370$ Бк/кг). За наведеними показниками пісок з окислених джеспілітів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок з аркозових метапіщаників. Для щебеню з аркозових метапіщаників фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1237$ кг/м³), пустотність (група – середня пустотність), міцність (дробильність) (марка – 400), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 247 < 370$ Бк/кг), морозостійкість (F25), стираність (Ст-III), лещадність (покрашена форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 5,0\%$). За наведеними показниками щебінь із аркозових метапіщаників може бути використаний у дорожньому будівництві.

Винятком є щебінь з аркозових метапіщаників, за показником міцності, може бути використаний тільки для влаштування шарів додаткової основи та для вирівнювання поверхні основ на дорогах I – III категорій.

Для піску з аркозових метапіщаників фракції 0 мм - 5 мм були визначені: гранулометричний склад ($M_k = 3,4$), міцність (марка - 400), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 247 < 370$ Бк/кг). За наведеними показниками пісок з аркозових метапіщаників може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок із сланців. Для щебеню із сланців фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1500$ кг/м³), пустотність (група – середня пустотність), міцність (дробильність) (марка – 1200), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 27,8 < 370$ Бк/кг), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (кубоподібна форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 3,3\%$). За наведеними показниками щебінь із сланців може бути використаний у дорожньому будівництві.

Для піску із сланців фракції 0 мм – 5 мм було визначено: гранулометричний склад ($M_k = 2,97$), міцність (марка – 1200), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 27,8 < 370$ Бк/кг). За наведеними показниками пісок із сланців може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок з амфіболітів. Для щебеню з амфіболітів фракції 5 мм – 40 мм було визначено: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1330$ кг/м³), пустотність (група – велика пустотність), міцність (дробильність) (марка – 1000), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 66,5 < 370$ Бк/кг), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (звичайна форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 2,9\%$). За наведеними показниками щебінь із амфіболітів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Для піску з амфіболітів фракції 0 мм - 5 мм були визначені: міцність (марка - 1000), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 66,5 < 370$ Бк/кг). За наведеними показниками пісок із амфіболітів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Щебінь та пісок з мігматитів. Для щебеню з мігматитів фракції 5 мм – 40 мм були визначені: гранулометричний склад (група крупності – дуже великий), насипна щільність ($\rho = 1260$ кг/м³), пустотність (група – велика пустотність), міцність (дробильність) (марка – 1000), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 86,8 < 370$ Бк/кг), морозостійкість (F50), стираність (Ст-II), лещадність (покрашена форма зерен), водопоглинання ($W_{\text{погл}} = 4,3\%$). За наведеними показниками щебінь з мігматитів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Для піску з мігматитів фракції 0 мм – 5 мм було визначено: міцність (марка – 1000), показник сумарної питомої активності природних радіонуклідів ($A_{\text{еф}} = 86,8 < 370$ Бк/кг). За наведеними показниками пісок з мігматитів може бути використаний у дорожньому будівництві.

Загальним зауваженням до щебеню з усіх розглянутих матеріалів є те, що крива просіювання щебеню не відповідає жодному зі стандартних складів сумішей для дорожнього будівництва [8] у зв'язку з чим, він потребує додаткової класифікації.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Як свідчить вище наведена інформація всі досліджувані матеріали, відповідно до чинних норм [3-14] за своїми фізико-механічними властивостями придатні для використання у дорожньому будівництві тією чи іншою мірою. У той же час, вимоги норм поширюються на дороги загального призначення. Норми, що регламентують експлуатацію та влаштування технологічних автошляхів [10] не містять вимоги до фізико-механічних характеристик матеріалів для їх влаштування. У п. 5.70 - 5.88 [10], [15] наведені лише декларативні вимоги до матеріалів для влаштування технологічних автошляхів і сказано, що вони (матеріали) повинні мати “достатню міцність”. У зв'язку з цим, рекомендації щодо використання досліджуваних матеріалів при будівництві технологічних автошляхів зроблено на основі аналізу встановлених фізико-механічних характеристик матеріалів.

У зв'язку з тим, що чинні норми [8], за показниками міцності, обмежують використання щебеню та піску з некондиційних кварцитів, окислених кварцитів, аркозових метапісчаників лише використанням для додаткових шарів основи доріг I – III категорій та шарів дорожнього одягу доріг IV – V категорій загального призначення, то вважаємо їх використання при влаштуванні технологічних автошляхів недоцільним. Показники якості, міцності та довговічності доріг з використанням цих матеріалів будуть низькими, що призведе до частих ремонтів, зниження ефективності використання автосамоскидів, збільшення витрат на утримання доріг та транспортування гірської маси.

Вважаємо за доцільне при будівництві технологічних автошляхів у кар'єрі та на відвалах використання наступних відходів видобутку та збагачення залізних руд: щебінь та пісок із сланців; щебінь та пісок з відходів СМС; щебінь та пісок з амфіболітів; щебінь та пісок з мигматів; щебінь та пісок із джеспілітів окислених.

Зазначений порядок матеріалів відповідає пріоритету їх використання, що рекомендується, тобто найбільш оптимальними, з матеріалів, що розглядаються, для влаштування технологічних автошляхів є сланці, наступними за характеристиками йдуть відходи СМС і т.д.

Список літератури

1. ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97) Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань. – К.: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 1999. – 47с.
2. ДСТУ В.2.7-232:2010 Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 31с.
3. ДСТУ Б В.2.7-74-98 Крупные заполнители природные, из отходов промышленности, искусственные для строительных материалов, изделий, конструкций и работ. Классификация. – К.: Госстрой Украины, 1999. – 16с.
4. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебень и гравий плотные природные для строительных материалов, изделий, конструкций и работ. Технические условия. – К.: Государственный комитет строительства, архитектуры и жилищной политики Украины, 1999. – 14с.
5. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для буд-них матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ.: Держкоммістобудування України, 1996. – 35с.
6. ДСТУ Б В.2.7-33-2001 Пісок кварцево-залізистий і тонкодисперсна фракція для будівельних робіт з відходів гірничо-збагачувальних комбінатів України. Технічні умови. – [Чинний від 2002-04-01]. – Київ.: Держбуд України, 2001. – 31с.
7. ДСТУ Б В.2.7-29-96 Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Кла-сифікація. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ.: Держкоммістобудування України, 1996. – 35с.
8. ДСТУ Б В.2.7-30:2013 Матеріали нерудні для щебених і гравійних основ та покриттів автомобільних доріг. Загальні технічні умови. – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ.: Мінрегіон України, 2013. – 31с.
9. ДСТУ Б В.2.7-34-2001 Щебінь для будівельних робіт із скельних гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів гірничо-збагачувальних комбінатів і шахт України. Технічні умови. – К.: Держбуд України, 2001. – 32с.
10. СНиП 2.05.02-91 Промышленный транспорт / Минстрой России. – М.: ЦИТП Минстроя России, 1996. –128с.
11. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. – [Чинний від 1996-01-01]. – Київ.: Держкоммістобудування України, 1996. – 35с.
12. Норми радіаційної безпеки України доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000).– К.: Міністерство охорони здоров'я України комітет з питань гігієнічного регламентування національна комісія з радіаційного захисту населення України, 1997. – 44с.

13. ДСТУ Б В.2.7-72-98 Щебінь і гравій з щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи хімічного аналізу. – К.: Міждержавна науково-технічна комісія з стандартизації, технічного нормування та сертифікації в будівництві, 1998. – 44с.

14. ДСТУ Б В.2.3-42:2016 Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу. – [Чинний від 2017-01-04]. – Київ.: ДП “УкрНДНЦ”, 2017. – 43с.

15. Инструкция по расчету дорожных одежд нежесткого типа для карьерных дорог под автосамосвалы грузоподъемностью 27–180 т. (Приложение к выпуску № 5508). М.: Промтрансниипроект, 1985. 88 с.

УДК 62-192:621.333

О.К. ДАНИЛЕЙКО, Г.В. КОЛОМІЦ, старші викладачі
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГРУП З'ЄДНАННЯ ОБМОТОК ТРИФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Мета. Дослідження та розробка на базі сучасного мікроконтролера пристрою для визначення групи трифазних трансформаторів. Розробити мікроконтролерну систему для виміру часу між точками переходу через нуль синусоїд напруги первинної та вторинної обмоток, який однозначно пов'язаний з кутом зсуву фаз напруг Розробити, перевірити практично та налаштувати програму мікроконтролерного пристрою.

Методи дослідження. При вирішенні задачі використовуються загальні методи дослідження електромеханічних систем та побудови програм керування для мікроконтролерів, побудови локальних мереж промислової автоматизації.

Наукова новизна Проаналізовано та обґрунтовано необхідність перевірки групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора. Обґрунтовано обраний метод визначення групи трифазного трансформатора оснований на безпосередньому вимірі кута зсуву фаз. У роботі розроблена схема та програма мікроконтролерного пристрою для визначення групи трифазного трансформатора. Розроблена модель в програмному середовищі *NI Multisim* для перевірки принципів роботи схеми вимірювання фази.

Практична значимість. При ремонті трансформаторів в електроремонтних цехах при невисокій кваліфікації персоналу можливі помилки в маркуванні обмоток. При тривалій експлуатації можлива втрата паспортного шильдику або спотворення інформації на ньому. Більшість трансформаторів живить споживачів паралельними групами. Для включення на паралельну роботу трансформатори обов'язково повинні мати однакові групи з'єднання обмоток. Якщо групи з'єднання різні між трансформаторами виникне зрівняльний струм, який може значно перевищувати номінальний. Таким чином персонал електротехнічних лабораторій повинен при випробуваннях перевіряти групу з'єднань обмоток трансформатора.

Пристрій призначений для використання при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини» з метою закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях, та придбання навичок експлуатації обладнання, роботи з трифазними трансформаторами. Розроблені відповідні лабораторні роботи.

Результати. В роботі розглянуто пристрій для автоматизації перевірки груп з'єднань обмоток трансформатора на основі одноплатного мікроконтролера STM32. Можливість використання мікроконтролера дозволяє розширювати функціональність пристрою в сторону вимірів інших параметрів трансформаторів.

Ключові слова: мікроконтролерна система, трифазний трансформатор, група з'єднання обмоток трансформатора.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-143-153

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Як відомо, група з'єднань обмоток трансформатора характеризує взаємну орієнтацію напруги первинної та вторинної обмоток. Зміна взаємної орієнтації цих напруг здійснюється відповідним перемаркуванням початків і кінців обмоток. Перевірка групи з'єднань обмоток трансформатора входить до переліку обов'язкових контрольних випробувань на заводі-виробнику. Тому кожен трансформатор проходить перевірку, що підтверджує правильність з'єднання обмоток.

Більшість трансформаторів живить споживачів паралельними групами. Для включення на паралельну роботу трансформатори обов'язково повинні мати однакові групи з'єднання обмоток. Якщо групи з'єднання різні, між трансформаторами виникне зрівняльний струм, який може значно перевищувати номінальний[1].

Таким чином персонал електротехнічних лабораторій повинен при випробуваннях перевіряти групу з'єднань обмоток трансформатора. Існують декілька методів визначення групи з'єднань різної складності. В роботі розглянуто пристрій для автоматизації перевірки груп з'єднань обмоток трансформатора на основі однокристального мікроконтролера STM32. Можливість

використання мікроконтролера дозволяє розширювати функціональність пристрою в сторону вимірів інших параметрів трансформаторів.

Аналіз досліджень і публікацій. Більшість трансформаторів живить споживачів паралельними групами. Для включення на паралельну роботу трансформатори повинні мати: однакові коефіцієнти трансформації. В іншому випадку між вторинними обмотками циркулюватиме зрівняльний струм, який навіть при невеликій різниці в коефіцієнтах трансформації може призвести до небезпечного перегріву; однакові напруги короткого замикання u_k , %, інакше вони не зможуть ділити навантаження пропорційно до своїх потужностей. Іншими словами, одні трансформатори будуть недовантажені, інші – перевантажені; однакові групи з'єднання.

Якщо групи з'єднання різні, то між відповідними векторами вторинної напруги трансформаторів, що включаються паралельно, утворюється зсув фаз. Він приведе до різниці напруги. Оскільки в одній точці одночасно не можуть існувати різні напруги, то для їх вирівнювання між трансформаторами виникне зрівняльний струм. При самому малому з можливих зрушень (при різних групах з'єднання) - зсуві в 30° – зрівняльний струм приблизно в 5 разів перевищує номінальний струм трансформатора. При найбільшому зрушенні (180°) – у 20 разів.

Трифазний трансформатор має дві трифазні обмотки - вищої (ВН) та нижчої (ПН) напруги, в кожен з яких входять по три фазні обмотки, або фази. Таким чином, трифазний трансформатор має шість незалежних фазних обмоток і 12 виводів з відповідними затискачами, причому початкові виводи фаз обмотки вищої напруги позначають літерами A, B, C , кінцеві виводи - X, Y, Z , а для аналогічних виводів фаз обмотки нижчої напруги застосовують такі позначення: a, b, c, x, y, z [2].

Кожна з обмоток трифазного трансформатора – первинна та вторинна – може бути з'єднана різними способами, а саме: зіркою, трикутником.

Вибір схеми з'єднань залежить від умов використання трансформатора. Наприклад, в мережах з напругою 35 кВ вигідніше з'єднувати обмотки в зірку і заземлювати нульову точку.

Освітлювальні мережі вигідно будувати на високу напругу, але лампи розжарювання з великою номінальною напругою мають мінімальну світлову віддачу. Тому їх доцільно живити від зниженої напруги. У цих випадках обмотки трансформатора також вигідно поєднувати в зірку (Y), включаючи лампи на фазну напругу.

З іншого боку, з точки зору умов роботи самого трансформатора одну з його обмоток доцільно включати в трикутник.

Фазний коефіцієнт трансформації трифазного трансформатора знаходять як співвідношення фазних напруг при холостому ході: $n_\phi = U_{\text{фвнх}}/U_{\text{фпнх}}$, а лінійний коефіцієнт трансформації, що залежить від фазного коефіцієнта трансформації та типу з'єднання фазних обмоток вищої та нижчої напруг трансформатора, за формулою: $n_\text{л} = U_{\text{лвнх}}/U_{\text{лпнх}}$.

Якщо з'єднання фазних обмоток виконано за схемами «зірка-зірка» або «трикутник-трикутник», обидва коефіцієнти трансформації однакові, тобто $n_\phi = n_\text{л}$.

При з'єднанні фаз обмоток трансформатора за схемою «зірка – трикутник» – $n_\text{л} = n_\phi \sqrt{3}$, а за схемою «трикутник-зірка» - $n_\text{л} = n_\phi / \sqrt{3}$.

Група з'єднань обмоток трансформатора характеризує взаємну орієнтацію напруги первинної та вторинної обмоток. Зміна взаємної орієнтації цих напруг здійснюється відповідним перемаркуванням початків і кінців обмоток.

Стандартні позначення початків і кінців обмоток високої та низької напруги показані на рис. 1.

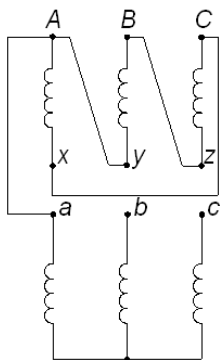


Рис. 1. Позначення виводів котушок трансформатора

Розглянемо спочатку вплив маркування на фазу вторинної напруги стосовно первинного з прикладу однофазного трансформатора (рис. 2а).

Обидві обмотки розташовані на одному стрижні і мають однаковий напрямок намотування. Вважатимемо верхні клеми початками, а нижні - кінцями обмоток. Тоді ЕРС E_1 і E_2 збігаються по фазі і відповідно збігається напруга мережі U_1 і напруга на навантаженні U_2 (рис. 2б). Якщо тепер у вторинній обмотці прийняти зворотне маркування затискачів (рис. 2в), то стосовно навантаження ЕРС E_2 змінює фазу на 180° . Отже, фаза напруги U_2 змінюється на 180° .

Рис. 2. Вплив маркування на фазу вторинної напруги

Таким чином, в однофазних трансформаторах можливі дві групи з'єднань, що відповідають кутам зсуву 0 та 180° . На практиці для зручності позначення груп використовують циферблат годинника. Напряга первинної обмотки U_1 зображують хвилинною стрілкою,

встановленою постійно на цифрі 12, а годинникова стрілка займає різні положення залежно від кута зсуву між U_1 та U_2 . Зсув 0° відповідає групі 0, а зсув 180° - групі 6.

У трифазних трансформаторах можна отримати 12 різних груп з'єднань обмоток. З дванадцяти можливих груп з'єднань обмоток трифазних трансформаторів стандартизовано дві: «зірка-зірка» – 0 і «зірка-трикутник» – 11. Вони, як правило, застосовуються на практиці.

Схеми "зірка-зірка з нульовою точкою" використовують переважно для трансформаторів споживачів напругою 6 - 10/0,4 кВ. Нульова точка дає можливість отримати напругу 380/220 або 220/127, що зручно для одночасного підключення як трифазних, так і однофазних приймачів електроенергії (електродвигунів і ламп штучного освітлення).

Схеми «зірка-трикутник» застосовують для високовольтних трансформаторів, з'єднуючи обмотку 35 кВ зірку, а 6 або 10 кВ в трикутник. Схема «зірка з нульовою точкою» використовується у високовольтних системах, що працюють із заземленою нейтраллю.

Для зручності та стандартизації прийнято наступне: однотипні з'єднання (Δ/Δ , Y/Y) мають парні номери; різнотипні з'єднання (Δ/Y , Y/Δ) – непарні.

Трифазні трансформатори виконуються на стрижневих магнітопроводах. Кожна фаза розташовується на окремому стрижні. Це багато в чому спрощує подальшу роботу та узгодження пристроїв між собою.

Якщо у трансформатора однакові фази намотані на одних стрижнях, групи з'єднання при цьому називаються основними (0, 6, 11, 5). Інші групи – похідні.

Зсув фаз обчислюється просто: номер групи помножений на 30° .

В експлуатацію трансформатор надходить із необхідним мінімумом його технічних даних. Кожен трансформатор повинен мати щиток, що містить у числі обов'язкових такі дані: позначення типу; заводський номер; число фаз; частота Гц; номінальна потужність (у триобмоточних трансформаторах - потужність кожної обмотки), кВА; схема та група з'єднання обмоток; напруги номінальні і напруги відгалужень обмоток і номінальні струми; напруга короткого замикання (вказується фактично виміряна величина даного трансформатора), %.

При ремонті трансформаторів в електроремонтних цехах при невисокій кваліфікації персоналу можливі помилки в маркуванні обмоток. При тривалій експлуатації можлива втрата паспортного шильдику або спотворення інформації на ньому[3,4].

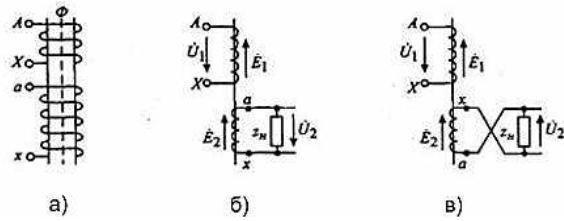
Постановка задачі. Перевірка групи з'єднань обмоток трансформатора. Персонал електротехнічних лабораторій повинен при випробуваннях перевіряти групу з'єднань обмоток трансформатора. Існують декілька методів визначення групи з'єднань різної складності: двох вольтметрів; фазометром (прямий метод); постійного струму (для однофазних трансформаторів); моста змінного струму (для однофазних трансформаторів); еталонного трансформатора; ватметра; побудовою векторних діаграм напруги.

Існують спеціальні прилади для перевірки трансформаторів. Зрозуміло, що можливості цих приборів великі, але й вартість їх теж велика (100000÷300000 грн).

Враховуючи швидкий розвиток мікроелектронних пристроїв, на кафедрі електромеханіки Криворізького національного університету була поставлена задача створити пристрій для визначення групи з'єднання обмоток трансформатора не великої вартості на основі мікроконтролера.

Виклад матеріалу і результати. Найбільш простим методом для цього пристрою є прямий метод вимірювання кута зсуву фаз між відповідними фазами первинної та вторинної обмоток. Вимірювання здійснюється за допомогою таймера, який відраховує час між однаковими точками на періоді синусоїд напруги первинної та вторинної обмотки. Знаючи цей час та частоту мережі знайти кут вже просто. За однакові точки синусоїд найкраще обрати моменти переходу напруги через нуль від від'ємного до позитивного стану.

Але безпосередньо, вловити цей момент на синусоїді важко. Простіше замінити синусоїду прямокутними сигналами (рис. 3).



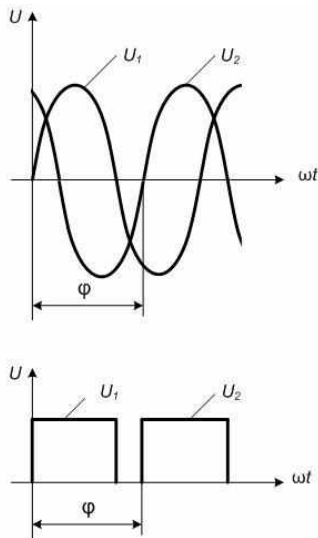


Рис. 3. Вимірювання кута зсуву напруг між котушками

Перетворити синусоїду для позитивних полухвиль в прямокутні імпульси можна за допомогою одно полярного компаратора, або стабілітрона. Зрозуміло, що чим менша напруга спрацювання компаратора або стабілізації стабілітрона, тим більша форма перетвореного сигналу буде наближатися до прямокутника.

Експериментальна частина. Схема пристрою отримання прямокутних сигналів. Розглянемо два варіанти схеми (з використанням компаратора та стабілітрона). Напругу стабілізації прийемо 3,3 вольти, що дозволяє узгодити її з входами TTL мікросхем та сучасними мікроконтролерами з живленням 3,3 В. Схема з стабілітроном наведена на рис. 4.

Резистор 100 кОм – для обмеження струму стабілізації, діод використаний для зрізання негативних полухвиль напруги, хоча після стабілітрона в негативній полухвилі (пряме падіння) напруга достатньо мала. Для збільшення крутизни фронтів сигналу, використаний один з найпоширеніших логічних елементів 2 І-НІ. Два елементи використано для виключення інверсії сигналу. Вимірювальний трансформатор використовується для гальванічної розв'язки та зменшення напруги. Зрозуміло, що зменшення напруги приводить до «звуження» прямокутника, але враховуючи дискретність кута зсуву (30°) це припустимо.

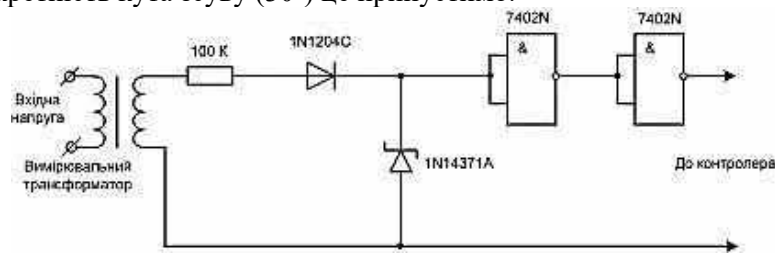


Рис. 4. Схема для вимірювання кута зсуву напруг з стабілітроном

На рис. 5 наведена схема з компаратором.

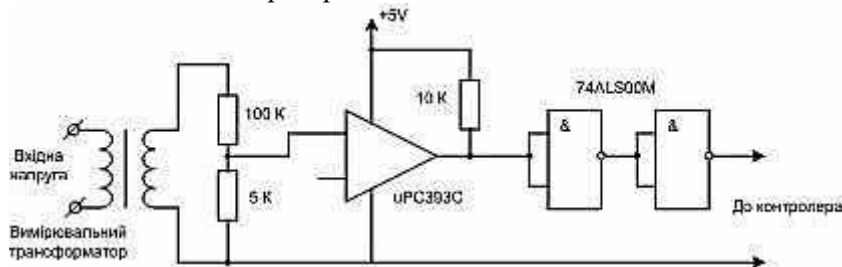


Рис. 5. Схема для вимірювання кута зсуву напруг з компаратором

Для зменшення рівня вхідної напруги на вході компаратора сигнал подається через дільник напруги. Призначення логічних елементів 2 І-НІ таке саме, як і у попередньої схеми. Для перевірки розглянутих схем проведено математичне моделювання їх. Враховуючи необхідність перевірки роботи вимірювальної частини приладу, розроблена модель двоканального перетворення синусоїдального сигналу в прямокутний з фазо зсувною ланкою в одному каналі (при налаштуванні програми контролера на нього подавались сигнали с відповідної схеми).

Опис програмного пакету NI Multisim. Для моделювання розглянутих схем застосовано пакет моделювання електричних та електронних схем *Multisim* [5].

Multisim – це інтерактивний емулятор схем, він дозволяє створювати ефективні моделі за мінімальний час. Він застосовується для моделювання та програмування схем для аналогової, цифрової та силової електроніки в освітній та дослідницькій областях.

Multisim включає в себе версію *Multicap*, що робить його засобом для програмного опису і подальшого тестування схем. *Multisim* також підтримує взаємодію з *LabVIEW* і *SignalExpress* виробництва *National Instruments* для тісної інтеграції засобів розробки і тестування.

Моделювання стенду за допомогою програмного пакету NI Multisim. Розглянемо моделі зроблені для описаних схем. Першою розглянемо модель з використанням компаратора. Було обрано один полярний компаратор *uPC393C* з живленням від джерела 5В. Сигнал з джерела змінного струму 120 В 50 Гц через дільник напруги ($100/5=20$) поданий на вхід компаратора. На виході включені два логічних елемента 2 І-НІ *74ALS500M*. Для візуалізації сигналів використаний 4-х каналний осцилограф (рис. 6).

Канал *A* підключений до джерела синусоїдальної напруги, канал *C* – до виходу логічних елементів, канал *B* – до виходу компаратора. Як видно з наведених сигналів, фронти компаратора трошки завалені (повторюють синусоїдальний вхідний сигнал при малій напрузі на вході). Канал *C* підключений до виходу логічного елемента. Як видно з осцилограм, фронти сигналу практично прямокутні (по крайній мірі при заданому періоду розгортки – $5ms/Div$). З осцилограми видно деяке запізнення спрацювання компаратора, яке пов'язане з його чутливістю, але враховуючи, що у другому каналі буде така сама затримка, це не позначиться на точності вимірів кута зсуву фази. Враховуючи дискретність можливих кутів зсуву – 30^0 велика точність і не така вже важлива.

Розглянемо модель з використанням стабілітронів (рис.7). З метою подальшого налаштування програми мікроконтролера на однофазній мережі розглянемо двоканальну схему. В схемі використано стабілітрон *1N4371A*. Резистор 500 Ом – струмообмежуючий (визначено для вхідної напруги – 20 В). Для виключення негативних полухвиль синусоїди встановлено у прямому напрямку діод *1N1204*. Для збільшення крутизни фронтів встановлені популярні логічні елементи 2І-НІ *7402N*.

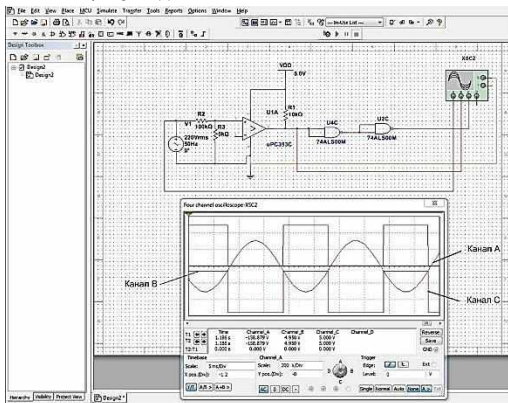


Рис. 6. Модель для вимірювання кута зсуву напруг з компаратором

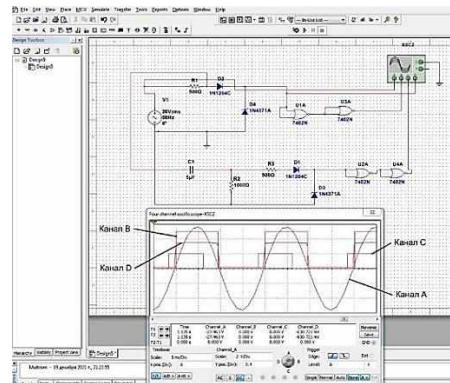


Рис. 7. Модель для вимірювання кута зсуву напруг з стабілітроном

Для перевірки роботи програми контролера в другому каналі встановлений фазозсувний ланцюжок *R – C* (*C1*, *R2*).

На осцилограмі наведені: вхідний синусоїдальний сигнал (канал *A*); сигнал на виході логічного елемента першого каналу (канал *B*); сигнал на виході логічного елемента другого каналу (канал *C*); сигнал обмежений стабілітроном (канал *D*).

Різна амплітуда сигналів каналів *A* та *C* обумовлена різною чутливістю каналів (встановлені для кращого розпізнавання каналів). Як видно з осцилограми, сигнали першого та другого каналів зсунуті по фазі. Фронти сигналу обмеженого стабілітроном трохи розтягнуті на відміну від фронтів на виході логічного елемента. Трохи піднесений рівень цього сигналу обумовлений падінням напруги на стабілітроні в прямому напрямку. Сигнали з стабілітрону та з логічного елемента трохи зсунуті у часі, але в кожному каналі ця величина практично однакова, та не впливає на точність вимірів [6].

З метою перевірки можливості регулювання зсуву фази між сигналами, на рис. 8 наведена модель з осцилограмами при зміні резистора фазозсувного ланцюжка з 1000 Ом на 100 Ом.

З осцилограми видно зміну фази в другому каналі, що дозволяє перевірити роботу програми вимірювання в однофазній схемі.

Вибір обладнання. Як вже було сказано раніше, для виміру кута зсуву фаз потрібно відрахувати час між позитивними фронтами «обрізаних синусоїд». Знаючи цей час та частоту дос-

татньо просто обчислити кут зсуву. $\varphi = \frac{t}{T} \cdot 360^\circ$, де T – період синусоїди мережі, а t – проміжок часу між позитивними фронтами сигналів.

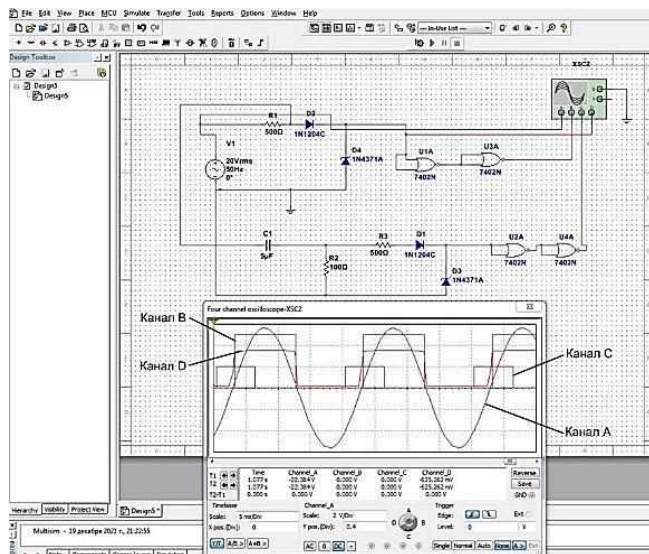


Рис. 8. Модель при зміні резистора фазозсувального ланцюжка

Таким чином мікроконтролер повинен мати хоча б один таймер з достатньою швидкістю, комунікаційний послідовний порт для виводу результатів вимірів в будь-яку термінальну програму встановлену на комп'ютері (*CoolTerm, Terminal, Arduino IDE* та багато інших). Бажано мати можливість виводити результати на символічний або графічний монітор, які можна підключити по мережі *I2C* або *SPI*.

Наразі все більше поширюється використання потужних 32-х розрядних однокристальних контролерів на базі ядра *ARM*. Такі контролери виготовляють багато фірм (*STMicroelectronics, Atmel, Microchip* тощо) [6].

Одними з найпоширеніших таких контролерів є контролери *stm32* фірми *STMicroelectronics*. Лнійка цих контролерів дуже велика та відрізняється частотою роботи ядра, розміром пам'яті, кількістю периферійних пристроїв (таймери, мережеві інтерфейси, АЦП, ЦАП тощо).

Для простоти реалізації мікроконтролерних пристроїв, наразі виготовляється велика кількість, так званих, тестових плат на базі однокристальних контролерів. Зрозуміло, що така плата коштує більш ніж сам мікроконтролер, але вона містить ряд периферійних пристроїв, що полегшують роботу з нею (завантажувач програм, світлодіоди, кнопки тощо). Крім того витрати на виготовлення друкованих плат та монтаж наближуються до вартості такої плати.

Було прийняте рішення використати так звану плату "*Blue Pill*". Така плата побудована на основі чіпа *STM32F103C8T6*, який представляє собою 32 бітний процесор на базі ядра *Cortex - M3* [7,8]. Зовнішній вигляд та призначення виводів наведені на рис. 9.

Технічні характеристики *Blue Pill* наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики *Blue Pill*

Назва параметра	Параметр
Мікроконтролер	<i>STM32F103C8T6</i>
Ядро	<i>ARM Cortex M3</i>
Число розрядів	32 біти
Максимальна частота	72 МГц
Об'єм пам'яті програм (<i>FLASH</i>)	64/128 кБайт
Об'єм пам'яті даних (<i>RAM</i>)	20 кБайт
Виводи	37
Таймери (4), а саме	
Таймери загального призначення	3
Системний таймер	1
Сторожові таймери	2
Розширений таймер із ШИМ управлінням двигуном	1
Інтерфейси	<i>UART, SPI, I2C, CAN, USB, SWD</i>
Контролери прямого доступу до пам'яті	7
АЦП	2 АЦП, 10 каналів, час перетворення 1 мкс.
Годинник реального часу	є
Режим енергозбереження	є
Напруга живлення мікроконтролера	2 - 3,6 В
Напруга живлення плати	5 В
Струм споживання	до 50 мА
Розміри плати	10 x 23 x 54 мм.

– додатковий розподільник вхідного сигналу, який дозволяє запускати таймер не на кожному вхідний імпульс (в нашому випадку дорівнює нулю, тобто працює на усі вхідні імпульси).

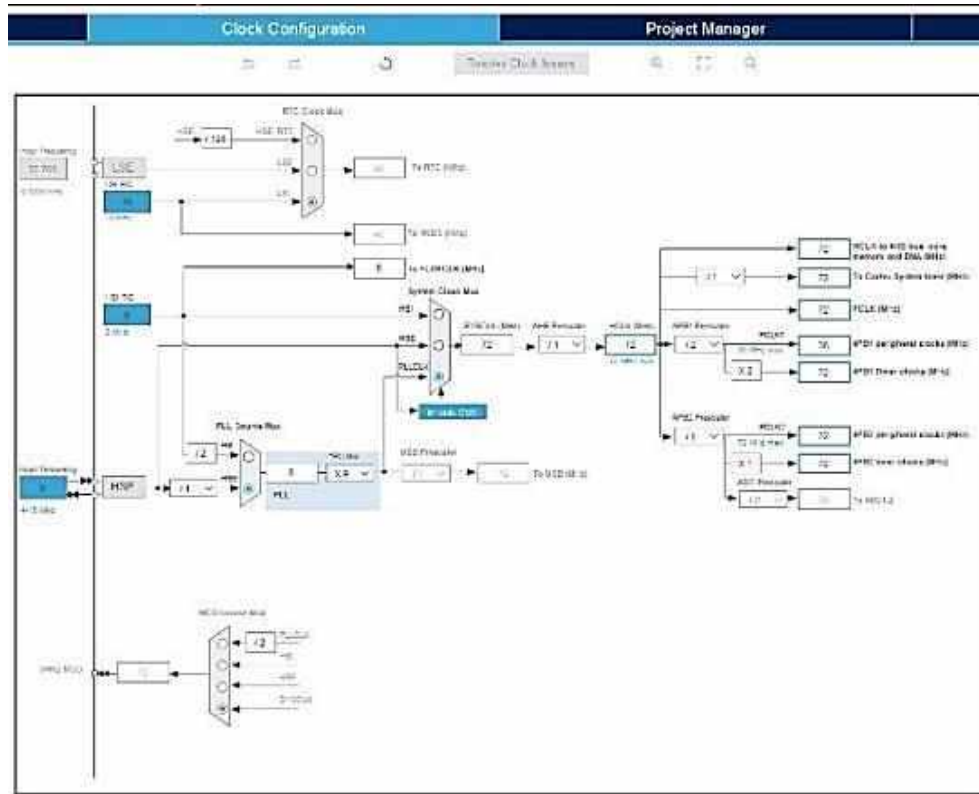


Рис. 11. Екран Clock Configuration

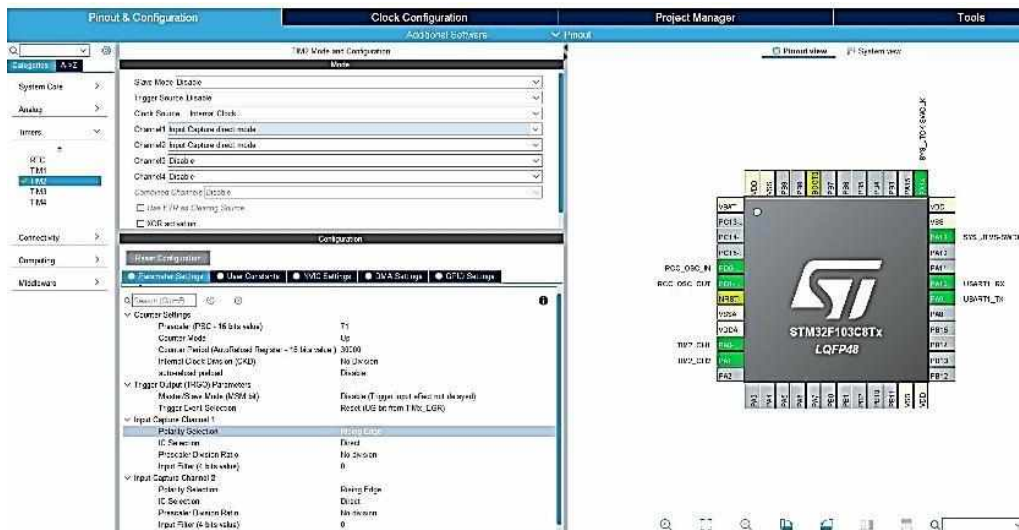


Рис. 12. Екран налаштування таймера

Треба також у вкладці *NVIC Settings* дозволити глобальні переривання від другому таймеру (працює по перериванням).

Налаштування порту *USART1* наведені на рис. 13.

Порт *USART1* використаємо для виводу інформації через перетворювач інтерфейсу *USB-UART* на термінальну програму ПК. Налаштування – швидкість 115200 біт/сек, 8N1.

Розробка програми. Після генерації проекту та переходу у систему програмування *Keil uVision5* отримуємо проект наведений на рис. 14. Проект містить стандартні файли *main.c* та файли функцій роботи з перериваннями *stm32f1xx_it.c* та *stm32f1xx_hal_msp.c* бібліотеки *hal*.

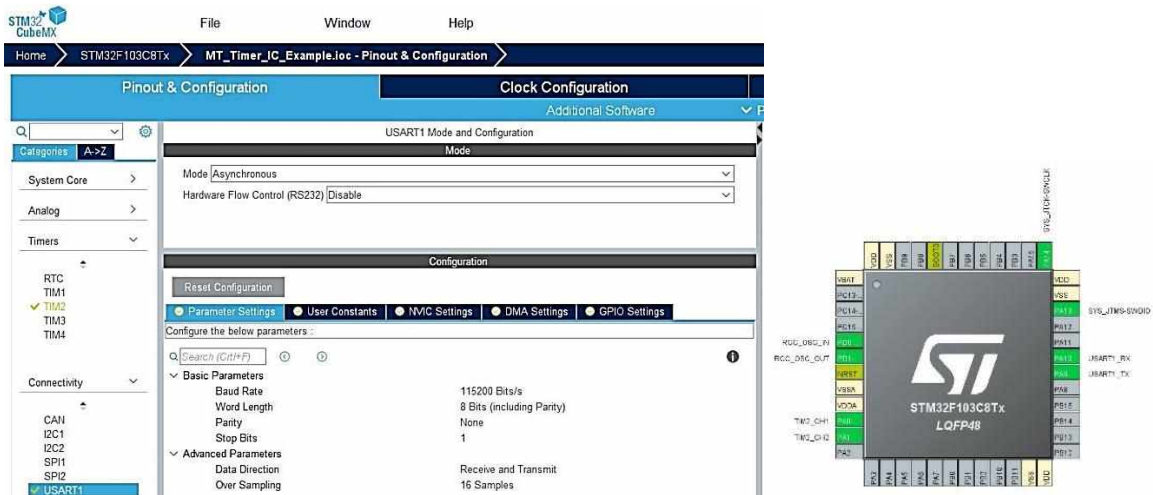


Рис. 13. Екран налаштування порту USART1

У головному файлі *main.c* створимо функцію обробки переривань *Callback* по таймеру, текст якого наведено нижче.

```
void HAL_TIM_IC_CaptureCallback(TIM_HandleTypeDef *htim)
{
    if (htim->Instance == TIM2)
    {
        if (htim->Channel == HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_1)
        {
            TIM2->CNT = 0;
        }
        if (htim->Channel == HAL_TIM_ACTIVE_CHANNEL_2)
        {
            period = HAL_TIM_ReadCapturedValue(&htim2, TIM_CHANNEL_1);
            pulseWidth=HAL_TIM_ReadCapturedValue(&htim2, TIM_CHANNEL_2);
            f=1;
        }
    }
}
```

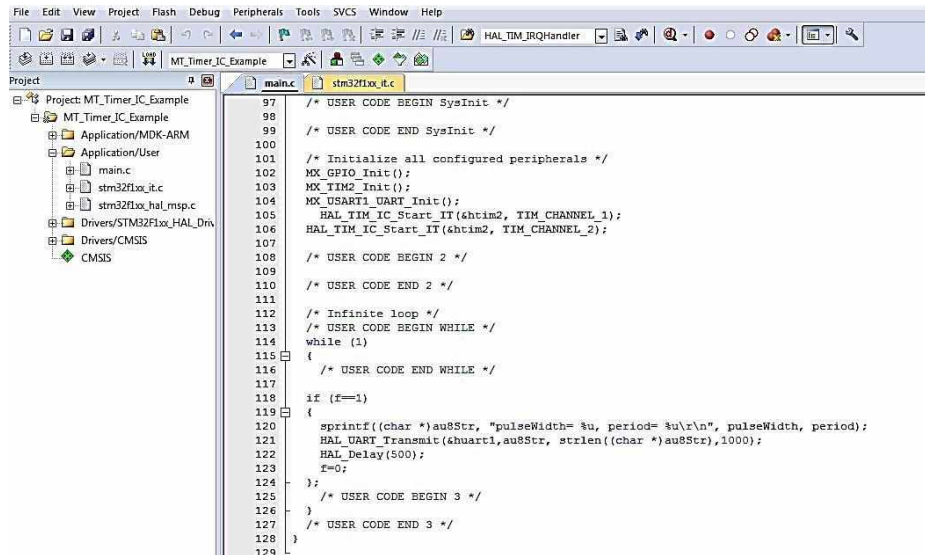


Рис. 14. Екран проекту у Keil uVision5

По виникненню вимоги переривання від таймеру 2, аналізується канал який запросив переривання. По запрошенню першого каналу (напряга первинної котушки) у регістр вмісту таймера 2 записується нуль (початок вимірювання). Якщо переривання ініційовано другим каналом (напряга вторинної котушки) проводиться зчитування значень таймера для каналів 1 та 2.

Запис вмісту регістра таймера у відповідні регістри каналів здійснюється апаратно по негативному (задньому) фронту сигналів відповідних каналів [11].

У нескінченному циклі *while(1)* зроблено вивід інформації через порт *USART1* для передачі її у термінальну програму ПК.

Для виводу інформації може бути використаний *LCD* дисплей на чипі *PCF 574T*. Для спрощення схеми підключення дисплея використаний *I2C* модуль розширення виводів для підключення *LCD* дисплея (рис. 15).

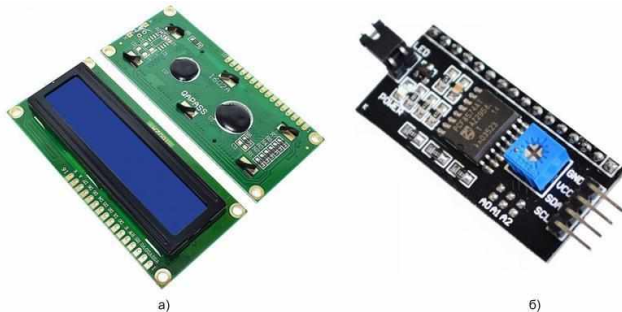


Рис. 15. *LCD* дисплей 16x2 (а) та *I2C* модуль розширення виводів (б)

Налаштування інтерфейсу *I2C* стандартне і наводити його немає сенсу. Для керування *LCD* дисплеєм існує багато програм і зупинятися на них не будемо.

Частина програми перетворення показників таймера у групу з'єднання котушок трансформатора досить проста і розглядати її не будемо.

Після зборки проекту програму можна завантажити в контролер. Завантажена програма була перевірена на схемі з фазозсувним ланцюжком, а потім вже випробувана на реальних трифазних трансформаторах та показала її здатність до практичного використання.

Висновки і напрямок подальших досліджень. В роботі була проаналізована необхідність перевірки групи з'єднання обмоток трансформатора. Розглянуті методи визначення цієї групи.

В роботі запропонований пристрій для визначення групи прямим методом, тобто вимірюванням кута зсуву між напругами первинної та вторинної обмотками трансформатора. Запропонована схема для перетворення синусоїдальної напруги у однополярні прямокутні сигнали. Розроблена у пакеті моделювання електричних та електронних схем *Multisim* модель показала її працездатність [12].

Для практичної реалізації розроблений пристрій на мікроконтролері *STM32F103C8T6* невеликої вартості. Програмування контролера здійснювалося в зв'язці *STM32CubeMX* – бібліотека *HAL* – програмне середовище *Keil uVision5*. Випробування пристрою показали його здатність до практичного використання.

Таким чином був розроблений досить простий, не великої вартості пристрій для визначення групи з'єднання обмоток трансформатора, який використовується при виконанні лабораторних робіт студентами спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисциплін «Електричні машини» та «Мікропроцесорні системи обробки та відображення інформації», також може бути використаний для швидкої перевірки в промислових умовах.

Список літератури

1. Яцун М. А. Електричні машини. Підручник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 464 с.
2. Андрієнко В.М. Електричні машини : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрямом підгот. «Електротехніка та електротехнології» / В.М. Андрієнко, В.П. Куєвда. – К. : НУХТ, 2010. – 366 с.
3. Загірняк М.В. Електричні машини : підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невзлін. – Київ : Знання, 2009. – 399 с.
4. ДСТУ 2864-94. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення. – Чинний від 1996-01-01. – К.: Держстандарт України, 1995. – IV, 30 с. – (Надійність техніки).
5. Справочник по электронным компонентам: Архитектура и система команд RISC-процессоров семейства ARM. [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/arm/index.htm>.
6. Multisim. [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: <https://studbooks.net/1841771/tehnika/multisim>
7. Справочник по электронным компонентам: Ознакомительное руководство по ARM-микроконтроллерам Cortex-M3. [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/arm/cortex_arh/index.htm.
8. Pete's Pages ARM Assembly Language Programming — Chapter 2. Inside the ARM M3. [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу: <http://www.peter-cockerell.net/aalp/html/ch-2.html>.
9. PM0056 Programming manual. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу: https://www.st.com/resource/en/progr6mming_manual/cd00228163-stm32f10xxx20xxx21xxx1xxxx-cortexm3-programming-manual-stmicroelectronics.pdf
10. The Insider's Guide To The STM32 ARMBased Microcontroller Hitex (UK) Ltd. [Електронний ресурс]. – 2008. – Режим доступу: <http://www.emcu.it/InsideCORTEX-1221142709.pdf>
11. STM32L4 Ecosystem CubeMX Tool. [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу:

https://www.st.com/content/ccc/resource/training/technical/product_training/17/8e/5a/35/36/4e/4e/27/STM32L4_Ecosystem_CubeMX_Tool.pdf/files/STM32L4_Ecosystem_CubeMX_Tool.pdf/jcr:content/translations/en.STM32L4_Ecosystem_CubeMX_Tool.pdf

12]. STM32 и Timer Input Capture. Режим захвата сигнала. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу: <https://microtechnics.ru/stm32-i-timer-input-capture-rezhim-zahvata-signal/>

УДК 699.86

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., Д.А. КРИШКО, канд. тех. наук, ст. викл.,
В.О. САВЕНКО, канд. тех. наук, молод. наук. співроб., В.М. ЯБЛОНСЬКА, магістрант
Криворізький національний університет

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЕФЕКТИВНИХ УТЕПЛЮВАЧІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Мета. Впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання можливе шляхом створення передумов для докорінного зменшення енергоспоживання вітчизняної продукції за рахунок впровадження нових технологій, прогресивних стандартів, сучасних систем контролю, управління та обліку на всіх етапах виробництва, транспортування та споживання енергетичних продуктів; розвиток ринкових механізмів стимулювання енергозбереження у всіх галузях економіки. Метою досліджень є аналіз існуючих видів утеплення, вибір оптимального варіанту для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Методи дослідження. Для підвищення енергетичної ефективності будівель застосовують: розробки проектів, що передбачають можливе більше енергозбереження в порівнянні з нормативними вимогами; підвищення рівня якості будівельно-монтажних робіт; обов'язковий контроль реальних теплозахисних характеристик будівель, що експлуатуються і реконструюються. Існуючими в даний час методами дослідження теплозахисту захисних конструкцій є: теоретичні дослідження (заміна фізичного процесу математичною моделлю) та експериментальні дослідження (вимірювання величин досліджуваного фізичного процесу). При виконанні досліджень були застосовані аналітичні методи, методи синтезу та узагальнення при виборі оптимального сучасного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Наукова новизна. Вибір найбільш оптимального і ефективного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі. Запропоновано використання сучасних утеплювачів в розроблених вузлах громадської будівлі з дотриманням показників теплоізоляції.

Практична значимість. Призначенням теплоізоляційних матеріалів є скорочення споживання енергії. Крім того, ізоляція сприяє скороченню забруднення довкілля, викликаного збільшенням вироблення енергії для будівель і промисловості. Вибір сучасного утеплювача із подальшим впровадженням у процес проектування капітального ремонту громадської будівлі з метою підвищення енергоефективності будівлі. Оцінка ролі утеплювача у загальному підвищенні енергоефективності будівлі.

Результати. Проведені теоретичні дослідження дозволили обрати оптимальний утеплювач для підвищення енергоефективності громадської будівлі, впровадити у процес проектування та зробити оцінку ефективності утеплення.

Ключові слова: енергоефективність, сучасні утеплювачі, оптимізація вибору, оцінка ефективності утеплення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-153-159

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Людство відкрило нову сторінку своєї історичної епохи – еру енергії, яка вплине на всі сторони життя людей. Вперше в історії людства в основі світових парадигм, тенденцій та трендів енергетичної політики розвиток людства пов'язується зі зниженням, а не підвищенням споживання енергоресурсів та переходом на відновлювану альтернативну енергетику, енергоефективні технології та енергозберігаючі будівлі.

Є всі підстави стверджувати, що основні зміни відбудуться в міських будівлях або в установлених термінах, в секторі ЖКГ – саме тут зміни, що починаються, носять революційний характер. Почалася офіційна стадія об'єднання людства під егідою ООН та перехід на принципово нову парадигму енергоефективного розвитку. 22 квітня 2016 року Україна підписала угоду ООН щодо клімату, або так званий Екологічний імператив ООН, який був прийнятий у Парижі у грудні 2015 року [1].

В Україні житлові будинки споживають до 60% виробленої енергії, що у 5-6 разів більше на м² експлуатованої площі, ніж у країнах ЄС, тому підвищення енергоефективності як існуючих так і нових будівель є актуальною задачею.

Аналіз досліджень і публікацій. Будівлі, що існують і будуються в Україні, не відповідають вимогам екологічного імперативу ООН і мають бути реформовані. При розробці нових інженерних підходів та рішень систем енергозабезпечення будівель необхідно потурбуватися не лише теплопостачанням та ефективним теплозахистом будівель, але й оснащенням їх локальними системами генерації енергії. Важливим фактором при спорудженні енергоефективних будівель є володіння достовірною інформацією щодо теплотехнічних характеристик енергозберігаючих зовнішніх конструкцій і систем тепло-, водо-, електропостачання та вентиляції в реальних умовах їх тривалої експлуатації. Побудовані будівлі дуже часто відрізняються від проекту, технології влаштування зовнішніх огорожуючих конструкцій в реальних умовах будівельного майданчика порушуються, і, в кінцевому рахунку, створюється будівля з підвищеним енергоспоживанням [2-5].

Багато аспектів питань, що стосуються енергоефективності будівель та їх конструкцій, висвітлено у роботах вчених. Фокіна К.Ф., Васильєва Б.Р., Богословського В.Н., Хлевчука В.Р., Самаріна О.Д., Ливчака В.І., Ільинського В.М., Франчука А.У., Ушкова В.Ф., Табунщикова Ю.А., Гагаріна В.Г., Бодрова В.І., Бодрова М.В., Іванова В.В., Купріянова В.Н., Лобова О.І., Ананьєва А.І., Дацюк Т.А., Берегового А.М., Монастирєва П.В., Витчікова Ю.С., Грімліна А.М., Тауріт В.Р., Уляшевой В.М. та закордонних авторів: Бекмана У., Зоколя С.В., Андерсона Б., Клейна С. [6-24].

Постановка задачі. Метою досліджень є аналіз існуючих видів утеплення, вибір оптимального варіанту для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Викладення матеріалу та результати. У вирішенні проблем енергозбереження, а також для підвищення комфортності приміщень важливу роль відіграє утеплення огорожуючих конструкцій будівель: зовнішніх стін, перекриттів, покриттів, фасадів, підвалів, фундаментів і т.д. [7, 8].

Методи оцінки ефективності застосування енергозберігаючих рішень приведено на рис. 1.

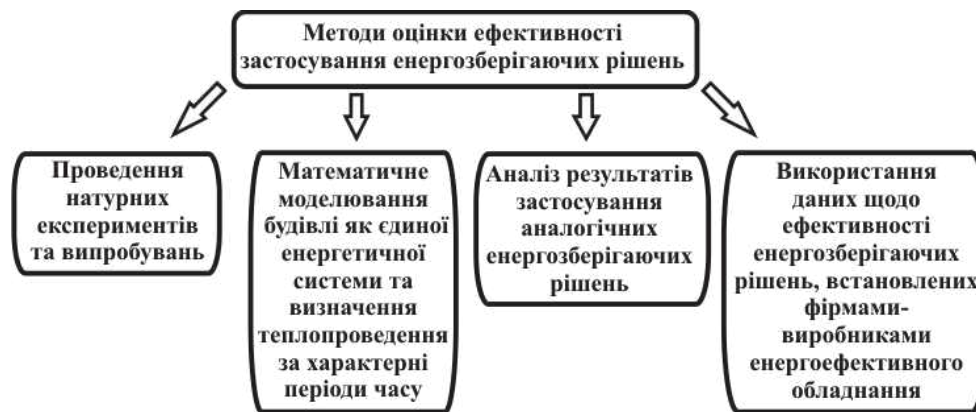


Рис. 1. Методи оцінки ефективності застосування енергозберігаючих рішень

При виборі утеплювача слід враховувати, що на довговічність та стабільність теплофізичних та фізико-механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів, що входять до конструкції огорожі, істотно впливають багато експлуатаційних факторів [9, 10]:

знакозмінний фактор (зима-літо);

температурно-вологісний режим «роботи» конструкцій та можливість капілярного та дифузійного зволоження теплоізоляційного матеріалу;

вплив вітрових та снігових навантажень;

механічні навантаження від ходіння людей, переміщення транспорту та механізмів по верхній покрівлі будівель.

Існує велика різноманітність теплоізоляційних матеріалів, які класифікуються за видом основної сировини, форми та зовнішнього вигляду, структури, щільності, жорсткості, теплопровідності, загоряння та призначення.

Нові норми значно підвищили вимоги до величини термічного опору зовнішніх стін, покриттів та перекриттів, відповідно до яких нове будівництво, модернізація та капітальний ремонт будівель не можуть здійснюватись без застосування ефективних теплоізоляційних матеріалів.

Одним з найефективніших утеплювачів у будівництві є повітря, тому енергоефективність будівельних матеріалів багато в чому визначається відсотковим ставленням обсягу пор, заповнених повітрям, до обсягу скелета каркаса, що утворює ці пори. При цьому є пряма залежність між теплопровідністю матеріалу, питомою вагою та його характеристиками міцності. Також повітря може бути самостійним шаром утеплення у багатошарових стінах та таким чином забезпечувати теплоізоляцію. Паропроникністю називається здатність будівельного матеріалу проводити деяку кількість водяної пари через себе за одиницю часу. При проектуванні енергоефективного будинку слід пам'ятати, що зовнішні елементи будівлі повинні бути паропроникними, при цьому паропроникність матеріалів повинна зростати у напрямку зсередини будівлі.

В іншому випадку можливе утворення точки роси в холодній зоні та накопичення вологи в огорожувальній конструкції з подальшим погіршенням її теплоізоляційних властивостей та утворенням цвілі та грибка. Точка роси - це значення температури, до якої повинен охолонитися повітря, щоб пар, що міститься в ньому, почав конденсуватися в росу. Необхідно уникати утворення точки роси або максимально переносити точку роси до зовнішніх шарів огорожувальної конструкції та забезпечувати вентиляцію цих зволжених зовнішніх шарів.

Розглянемо такі види утеплювачів та їх переваги:

- мінеральна вата та вироби з неї;
- базальтове волокно (мати, плити, стрічки);
- утеплювачі зі скловолна (скловата, ISOVER);
- піноскло (комірчасте скло);
- екструдований пінополістирол («ПІНОПЛЕКС»);
- поропласти;
- комірчасті (ніздрюваті) бетони.

Базальтова мінеральна плита (кам'яна вата) складається із штучних мінеральних волокон і може бути використана для утеплення практично всіх конструкцій: стін, покрівель, перекриттів, покриттів та перегородок.

За рахунок наявності порожнеч між волокнами кам'яної вати забезпечується її висока теплоізолююча здатність та звукоізоляція. В даний час є одним із найбільш затребуваних теплоізоляційних матеріалів у країнах Європи. Як сировину для виготовлення мінеральних плит використовуються гірські породи (базальт, діабаз, вапняк, доломіт, глина та ін.).

Переваги плит із базальтового волокна: низька гігроскопічність; гарна паропроникність; стійкість до гниття та біостійкість; не піддаються хімічним впливам; нетоксичні; не піддаються швидкому старінню; екологічно чисті; пожегобезпечні, вогнестійкі та негорючі; хороша тепло- та звукова ізоляція.

ISOVER – теплоізоляційний матеріал із скловолна. Матеріал відрізняється високими якісними характеристиками, що відповідають світовому рівню, та займає міцне місце на вітчизняному ринку будівельних матеріалів. Обсяг його застосування у країні становить понад 15% загального обсягу споживаних теплоізоляційних матеріалів, зокрема понад 40% загального обсягу теплоізоляційних виробів зі скловолна.

Мати та плити мають гофровану структуру з переважно вертикальною орієнтацією волокон, що надає їм високої міцності на стиснення. При цьому мати набувають анізотропних властивостей, а саме гнучкість у поздовжньому напрямку і міцність на стиск, що забезпечує високу експлуатаційну надійність.

Піноскло (газоскло) є універсальним теплоізоляційним матеріалом, який складається з спіненої скломаси і має повну паронепроникність і водонепроникність. Даний матеріал нерозчинний у воді і не схильний до дії кислот і органічних розчинників, є міцним, вологостійким, довговічним (термін служби не менше 70 років), екологічним, морозостійким. Переваги піноскла: дуже міцний матеріал; водостійкий; вогнетривкий; морозостійкий; легкий при механічній обробці, навіть можна вбивати цвяхи; термін його служби практично необмежений; його «не люблять» гризуни; воно біологічно стійке та хімічно нейтральне.

Пінополістирол (спінений полістирол) проводиться шляхом спінування полістиролу, поміщеного в блок-форму. Водопоглинання цього матеріалу при тривалому перебуванні в контакті з водою зростає до 5%, що негативно позначається на морозостійкості матеріалу та погіршує його теплотехнічні характеристики. Область застосування: плити зі спіненого полістиролу застосовуються як внутрішні теплоізоляції (наприклад, у тришарових панелях).

Цей матеріал не рекомендується застосовувати для утеплення приміщень зсередини, а також при влаштуванні вентиляційних фасадів, оскільки це пожежонебезпечний будівельний матеріал, що вимагає наявності у своєму складі антипіренових добавок. Крім того, при нагріванні та природному старінні цей матеріал може виділяти леткі сполуки, небезпечні для здоров'я людини.

Застосування даного матеріалу при утепленні фундаменту також має суттєві обмеження і можливе лише в тому випадку, коли відсутня загроза підтоплення фундаменту підземними водами. Низька міцність при короткочасному стисканні та тривалому стискаючому навантаженні не дозволяє застосовувати цей матеріал для утеплення фундаменту зовні, оскільки в цьому випадку пінополістирол відчуватиме на собі бічне тиск ґрунту. Переваги полістирольних пінопластів: міцність; високі теплоізолюючі властивості; низьке водопоглинання; недорогий; зручний у роботі; практично не має нижньої температурної межі застосування.

Екструдований пінополістирол виробляють із гранульованого полістиролу методом екструзії. Екструдований пінополістирол має низькі значення водопоглинання (не більше 0,4–0,5 %) та високу морозостійкість (витримує понад 1000 циклів заморожування-відтавання), біостійкість. Переваги екструдованого пінополістиролу: міцніше пінопласту; найнижчий показник водопоглинання; довговічність, що не руйнується під дією сонця, атмосферних опадів; низька теплопровідність; інертність (не входить у реакцію з більшістю речовин); нетоксичний. Недоліки екструдованого пінополістиролу: висока вартість, відсутність паропроникності у разі виникнення пожежі тліє з виділенням токсичних речовин. Цей матеріал слід захищати від впливу органічних розчинників (наприклад, бензину, гасу), високих температур, а також не рекомендується довго зберігати під сонячними променями [18].

Поліпшення теплозахисних властивостей стінових захисних конструкцій полягає у збільшенні їх опору теплопередачі. Ця мета досягається утепленням стін теплоізоляційними матеріалами. Розміщення теплозахисту із зовнішнього боку будівлі має ряд переваг:

- створення теплової оболонки, що запобігає виникненню містків холоду;

- відсутність необхідності влаштування теплоізоляційного шару;

- можливість захисту стиків від протікання;

- покращення архітектурно-мистецького вигляду будівлі;

- можливість виправлення дефектів стіни;

- розміщення стінового матеріалу, що добре акумулює тепло, у зоні позитивних температур.

Підвищується тепла інерція огорожі, покращуються її теплозахисні властивості;

- не зменшується внутрішня площа приміщення;

- відсутність незручностей, пов'язаних з влаштуванням теплоізоляції в місцях розміщення опалювальних приладів та в межах товщини підлоги.

При проектуванні термоізоляційної оболонки необхідно враховувати явища, пов'язані з рухом водяної пари. Багатошарові стіни слід конструювати так, щоб шар з великим дифузним опором знаходився ближче до внутрішньої теплової поверхні стіни. У цьому випадку пара може випаровуватись зі стіни в тій же кількості, в якій потрапляє туди, не конденсуючись усередині огорожі. Якщо неможливо розмістити зовнішні шари огорожі таким чином, щоб їх опір був меншим або дорівнював опорі ізоляційного шару, виникає необхідність у застосуванні пароізоляції.

При здійсненні проекту з утеплення будинку визначають 4 види ефективності: екологічну, інвестиційну, економічну та соціальну. Найточнішу оцінку можна дати лише економічній стороні проекту, як іншим тільки попередню.

Головною метою економічної ефективності є рівень задоволення людей. При прийнятті рішення щодо фінансування енергозберігаючих проектів головним показником є кількісний економічний ефект. Ефект соціальної сторони буде виражений у збільшенні комфорту житла за рахунок зменшення використання ресурсів, можливості контролю внутрішньокліматичних параметрів, використання енергоефективного обладнання і як результат зростання тривалості

життя. Екоефективність досягатиметься зменшенням ресурсоспоживання, можливістю використання відновлюваних енергоджерел та вторинної сировини, зменшенням шкідливих викидів в атмосферу.

Призначенням теплоізоляційних матеріалів є скорочення споживання енергії. Крім того, ізоляція сприяє скороченню забруднення довкілля, викликаного збільшенням вироблення енергії для будівель і промисловості.

Річ у тому, що парниковий ефект частково обумовлюється збільшенням змісту в повітрі двоокису вуглецю (CO_2), який викидається в атмосферу при спалюванні викопного палива. Чим більше ми опалюємо приміщення, тим більше в атмосферу викидається CO_2 . Функція теплоізоляції – скорочення споживання енергії.

Теплоізоляція радикально знижує необхідність опалювання приміщень і цим сприяє пониженню вмісту двоокису вуглецю в атмосфері. Численні дослідження показали, що в країнах Європи викиди CO_2 могли б бути скорочені на 50%, якби в усіх опалювальних будівлях дотримувалися національні норми по теплоізоляції.

Було запропоновано нові конструктивні рішення з ефективними утеплювачами ISOVER (рис. 1, 2) при проектуванні об'єкту «Розважальний комплекс на 80 місць», розташованого на території паркової зони м. Кривий Ріг, вздовж проїзної частини вулиці Черняхівського.

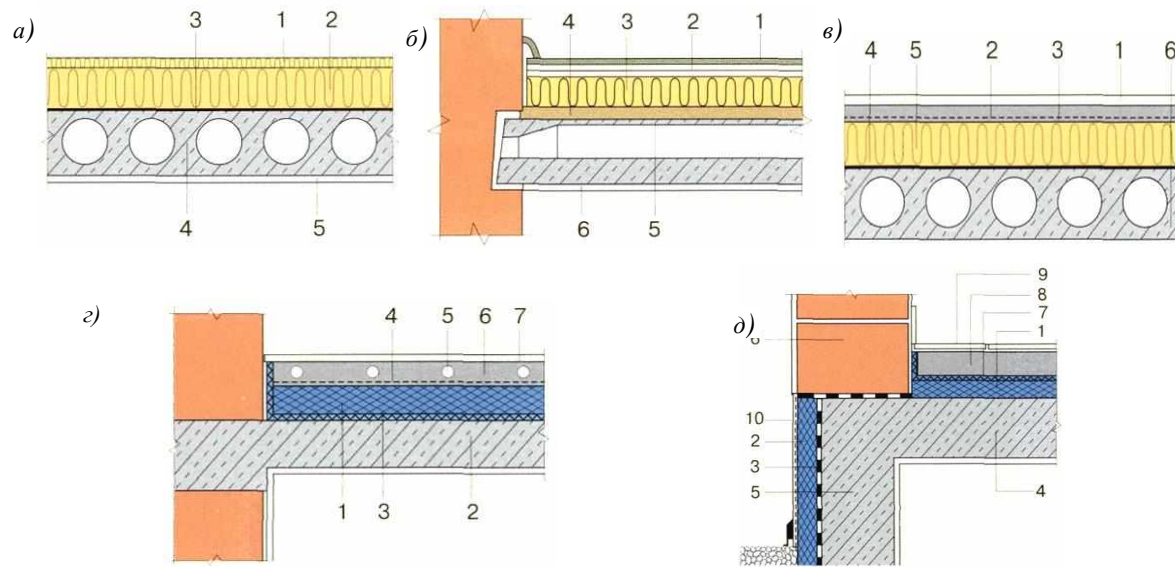


Рис. 2. Конструкції вузлів по перекриттю: *а* – горішнє перекриття (1 – скловатна плита RKL – 30 мм; 2 – скловатна плита KL – 125 мм; 3 – поліетиленова плівка; 4 – залізобетонна плита; 5 – штукатурка); *б* – міжповерхове перекриття з безшовною підлогою (1 – покриття підлоги; 2 – дерев'яно-стружкова плита – 2 шари; 3 – скловатна жорстка плита – FLO – 40 мм; 4 – піщана засипка із зв'язкою; 5 – залізобетонна пустотна плита; 6 – вапняно-цементна штукатурка); *в* – перекриття над проїздом (1 – покриття підлоги; 2 – стягування; 3 – арматурна сітка; 4 – поліетиленова плівка; 5 – скловатні плити OL-УК, OL-К – 150 мм; 6 – залізобетонна плита); *г* – міжповерхове перекриття з обігрівом підлоги (1 – екструдований пінополістирол Floomate; 2 – залізобетонна плита; 3 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 4 – поліетиленова плівка; 5 – ogrivальні труби; 6 – стягування; 7 – покриття підлоги); *д* – перекриття над холодним підвалом (1 – екструдований пінополістирол Floomate; 2 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 3 – гідроізоляція; 4 – залізобетонна плита; 5 – стіна підвального приміщення; 6 – стіна зовнішня; 7 – екструдований пінополістирол Styrofoam; 8 – стягування; 9 – покриття підлоги; 10 – обробка цоколя)

Виявлено, що можна отримати від'ємні значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі за рахунок додаткового утеплення вузлів. Підвищення теплотахисних властивостей вузлів буде сприяти підвищенню рівня енергоефективності за рахунок зменшення теплопередачі, збільшенню приведенного опору теплопередачі та зростанню мінімальної температури на внутрішніх поверхнях.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Напрямами впровадження енергозберігаючих технологій є: оцінка технічних рішень огорожувальних конструкцій; теплотехнічні характеристики будівель; показники енергоефективності будівель; показники енергопаспортизації будівель; показники сертифікації будівель; термомодернізація та енергоаудит в будівельному секторі; вимоги щодо мікроклімату в приміщеннях. В результаті проведених досліджень

було розглянуто сучасні утеплювачі та запроєктовано конструктивні вузли перекриття з використанням утеплювача ISOVER в громадській будівлі.

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. Тарновский, 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. Вольнський 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., Калинин 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., Кришко Д. А., Плужник А. В. Термомодернизация зданий // Містобудування та територіальне планування. – 2019. – Вип. 69. – С. 470-475.
20. Тімченко Р. А., Кришко 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., Кришко Д. А., Плужник А. В. Энергетическая независимость зданий // Містобудування та територіальне планування – 2017. – Вип. 63 – С. 373-378.
22. Тімченко Р. А., Кришко 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., Кришко 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., Кришко 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.

INFLUENCE OF INFORMATION TECHNOLOGIES ON THE ENVIRONMENT AND SUPPORT FOR GREEN COMPUTING AS A SOLUTION TO ECOLOGICAL PROBLEMS

Purpose. Research of the impact of information technology on the environment, analysis of ways to solve ecological problems by Green Computing, consideration of the largest IT companies' participation in the implementation of "green technologies".

Research methods. Methods of analysis of literature sources on the issue, scientific articles and publications were used during researching the problem of the impact of information technologies on the environment.

Scientific novelty. A list of Green Computing areas that have a significant impact on reducing energy consumption and environmental pollution through the spread of information technologies has been defined.

Practical significance. The conducted research demonstrates that today, companies, which produce computer equipment, pay a lot of attention to reducing environmental pollution by recycling components with completed life cycle. Minimization of emissions into the environment, decreasing energy consumption and implementing virtualization and cloud technologies in workflows.

Results. It has been determined that significant carbon emissions into the atmosphere occur due to the manufacturing computing equipment and the production of the energy required for the functionality of data centers. The technological cycle of computer production causes the problem of toxic waste electrical and electronic equipment, which deteriorates the hydrosphere and lithosphere. Green Computing is responsible for the design, manufacture, use and disposal of computers, servers and their hardware to consume energy efficiently with minimal environmental impact. Modern IT corporations introduce new methods of computer equipment development, which improve ecological security and increase manufactory productivity. Green Computing includes virtualization and cloud computing. Throughout the analysis of the participation of IT corporations in the implementation of "green technologies", the achievements of Facebook, Google and Microsoft in setting up data centers in different parts of the world and even underwater were considered. Apple, Intel, AMD companies are to improve the environmental friendliness of products and production.

Key words: Green Computing, information technologies, energy consumption, environment, data center, virtualization, cloud technologies.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-159-163

The problem and its connection with scientific and practical tasks. Such issues as environmental pollution and high energy consumption are inherent in a large number of industrial manufacturers. At the same time, for the reason of the rapid development of the information technologies industry, these problems are becoming relevant in the context of computer equipment development, maintenance, exploitation and disposal. In order to reduce the harmful impact on the environment and decrease the quantity of resources consumed by computers, the concept of Green Computing has been actively implemented in recent years [1].

Analysis of research and publications. Green Computing, or "green information technologies", is an area of information technologies, which represents a comprehensive approach to ensure full compliance with ecological requirements throughout the cycle of development, production, maintenance, operation and disposal of computers and computer products [2, 3]. This area is actively studied by scientists from different countries [4-6], special attention is paid to the creation of eco-friendly electronics [7]. The issue of reducing the energy consumption of computing equipment is also considered quite important [8].

Task statement. Conducting the research on current environmental problems caused by the spread of information technology and considering ways to solve them.

Presentation of materials and results. The Green Computing is aimed at reducing the negative impact of companies producing electrical and electronic equipment on nature and man [9]. Therefore, "green technologies" contribute to the creation of a completely environmentally friendly computer, which has such features as the absence of toxic substances in components, low electromagnetic and thermal radiation, high-energy efficiency, ease of disposal and recyclability of individual components.

One of the most desirable factors in the design of a new computer is the economical consumption of power by the product and the use of renewable energy sources. Figure 1 represents the process of energy distribution both during the creation of computer equipment and its operation.

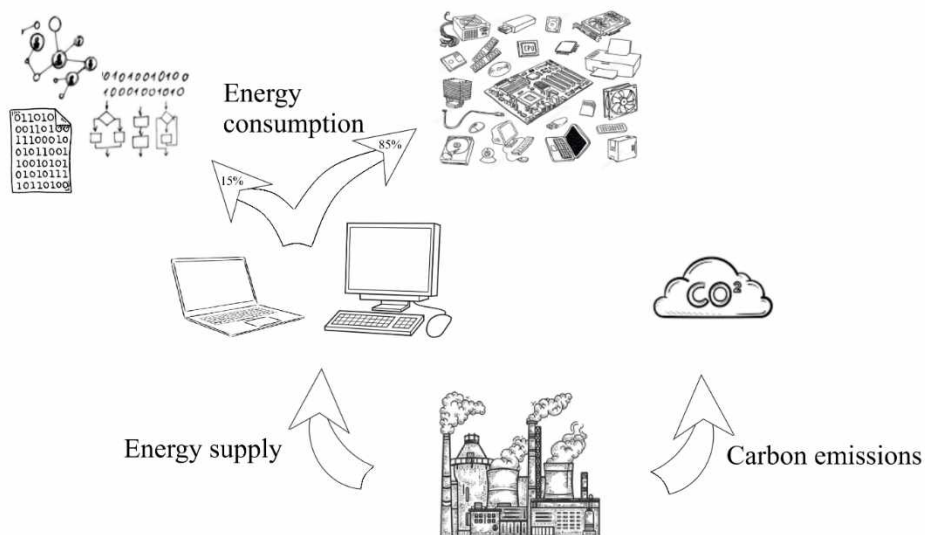


Fig. 1. The process of energy distribution

It has been estimated that only about 15% of the energy consumed by electrical and electronic equipment worldwide is spent on computing, the rest is spent on maintaining the computer's operating status when it is no longer in use but is still on. This power consumption provokes a lot of CO₂ emissions. Consequently, the use of computer equipment and computers in an energy-efficient way would significantly reduce carbon dioxide emissions per year, possibly, measured in tons. The energy-saving modes have been successfully implemented in almost all operating systems for daily use. It provides an opportunity to turn off automatically the hard drive or monitor after a period of user inactivity. At the same time, there is a large production of the unusual chips so-called "smart silicon" launched by AMD. These chips are famous for their low energy consumption. In 2006, the first "green" computer Crusader Carbon 3 PC went on sale, the main advantages of which were the lack of active cooling of the processor, which guaranteed quiet operation, environmentally friendly parts and, most importantly, power consumption of about 20 watts (for comparison: the average Pentium-4 processor consumes at least 100 watts). However, a significant drawback of this model was its low performance. An exemplary approach to these issues is the path of the corporation Intel. The company has launched a special ten-year strategy in 2020, which sets goals that should be achieved by 2030. One of the main goals is to accomplish clean positive water use, 100% renewable energy, zero landfill emissions and additionally absolute reduction in carbon emissions. Furthermore, the company put a lot of effort to commence developments for the application of purely stable methods of chemistry in technological operations [10].

The actual problem is considered as the lack of control over pernicious emissions into the atmosphere when generating the energy consumed by data centers. It is a common practice to use coal as fuel and diesel engines. However, the environmentally conscious company Apple has found another source of energy – biogas, which is obtained from the decomposition of biomass. Since 2014 the Apple data centers have consumed only renewable energy. One of Facebook's data centers, which was opened in 2013, is located 60 kilometers from the Arctic Circle and is fully supplied with the energy generated by the hydroelectric power plant at the confluence of the Luli River and the Gulf of Bothnia.

Moreover, there is a huge problem of toxic waste in the technological cycle of computer production, which deteriorates the state of the Earth's hydrosphere and lithosphere. The problem of waste electrical and electronic equipment (WEEE) is a constant increase in amount, considerable toxic potential, in the case of landfill operations as an option for disposal, loss of precious and rare materials in its composition. Adverse effects on human health that can be caused by components of various devices are summarized and represented in Table 1 [6].

The RoHS directive was introduced to restrict the use of detrimental materials in European Union enterprises. According to this document, heavy metals such as plumbum, cadmium, chromium and mercury, two types of organobromine flame retardants were excluded from the manufacturing processes. This led to the cessation of supplies to the EU of some products of several companies including Apple.

Components of various devices and their effects on human health

Contaminants	Examples of WEEE sources	Toxicity
Aluminum	Computer monitors, cables and wires containing inorganic flame retardants, process control blocks, microchips, hard disk drives, device housing	Neurotoxicity, respiratory system irritant
Antimony	Tin-plumbum alloys, waste printed circuit boards, liquid crystal displays, plastics, cathode-ray tubes, cables and wires containing inorganic flame retardants	Respiratory system, eyes and gastrointestinal irritant
Arsenic	Dopant for semiconductors, plasma TVs, liquid crystal displays	Carcinogenicity, hematotoxicity, endocrine disrupter
Barium	Cathode-ray tubes, fluorescent lamps, liquid crystal displays, PTVs, gutters in vacuum tubes	Neurotoxicity, cardiotoxicity, gastrointestinal irritant
Cadmium	Batteries, toners, cartridges, plastics, waste printed circuit boards, solder, chip resistors, cathode-ray tubes, plasma TVs, cell phones, infrared detectors	Carcinogenicity, cardiotoxicity, nephrotoxicity, endocrine disrupter
Cobalt	Batteries, hard disk drives, laptop computers, liquid crystal displays, plasma TVs, cathode-ray tubes	Cardiotoxicity, allergen, possible carcinogenicity
Copper	Cables, electrical wiring, process control blocks, microprocessors, terminal strips, plugs, plasma TVs, cell phones	Respiratory system, eyes and gastrointestinal irritant
Hexavalent chromium VI	Corrosion-resistant coatings, waste printed circuit boards, floppy disks, pigments, data tapes, plasma TVs	Carcinogenicity, sensitizer, skin irritant
Plumbum	Cathode-ray tubes, liquid crystal displays, plasma TVs, fluorescent tubes, process control blocks, lead-acid batteries	Carcinogenicity, neurotoxicity, cardiotoxicity, nephrotoxicity, endocrine disrupter
Mercury	Fluorescent tubes, compact fluorescent lamps, batteries, switches, thermostats, sensors, monitors, liquid crystal displays, laptop computers	Neurotoxicity, skin, eyes and gastrointestinal irritant, endocrine disrupter
Silver	Plasma TVs, laptops, liquid crystal displays and light-emitting diodes	Neurotoxicity, reprotoxicity
Halogenated flame retardants	Process control blocks, plastics	Carcinogenicity, endocrine disrupter, neurotoxicity
Halogen-free flame retardants	Device housing, plastics, epoxy resins in process control blocks	Nephrotoxicity, endocrine disrupter, neurotoxicity
PVC	Wiring and computer housing	Toxicity of dioxins and furans generated throughout PVC burning

One of the ways to cope with waste is recycling, which facilitates waste reduction, environment protection and conservation of natural resources. Figure 2 represents a graph that shows the number of thousands of tons of electrical and electronic equipment in the market, the amount of waste EEE collected, treated, recovered, recycled and prepared for secondary use during 2011-2019 years in the European Union [11]. It is important to point out that recycling processes are considered appropriate only as long as their prime cost is lower than the cost of manufacturing the product using raw materials. The production of materials requires significantly more industrial capacity than their recycling, especially taking into account that processed feedstock is often more concentrated than primary raw materials. It is estimated that energy costs and carbon footprint provoked by metal processing are 50-99% lower compared to their production. For example, the recycling of ferrous metals shows excellent results: reduction of costs during the processing of aluminum by 92%, copper by 65%, nickel by 90%, zinc by 76%, plumbum and stannum by 99%. Nevertheless, the benefits of recycling should not make processing the best approach to handling solid waste. It is necessary to take preventive actions to deter waste generation and deal with reuse, recycling, recovery and, finally, disposal [12].

High computer noise is considered sometimes a minor disadvantage, but when it comes down to large servers and global data centers, there are serious concerns about the impact on the environment. The search giant Google has solved this problem by placing data centers on barges, keeping a sufficient distance from the coastline. This approach enables to save the corporation from property taxes and generate energy using the wave and wind power. Moreover, there is a great opportunity to cool down the data center nodes effectively without any additional equipment. The Microsoft team has gone even further by launching the Natick project to demonstrate the logistics, environmental friendli-

ness and cost-effectiveness of underwater data centers. Initially, the main goal was to provide the coastal population with high-speed cloud services and decrease energy costs. Researching data centers deployed in 2018 in the Orkney Islands of Scotland, it was concluded that such data centers are eight times more reliable than terrestrial ones. This is facilitated by the absence of corrosion caused by oxygen and moisture, as the container is filled with nitrogen. Coldwater flows provide an opportunity to adjust the heat exchange system completely eliminating the use of freshwater. The absence of people in this situation is advantageous because the components are not touched and do not receive unnecessary mechanical damage. The successful location of the data center allowed the system to be supplied with power using only wind and solar energy. There are plans of conducting test locating of data centers near offshore wind farms, which, according to estimations made by the Microsoft team, should provide the system with sufficient energy even in low wind. Additionally, the estimates showed that all servers would be replaced every five years, and the use of spare parts would be eliminated altogether [13].

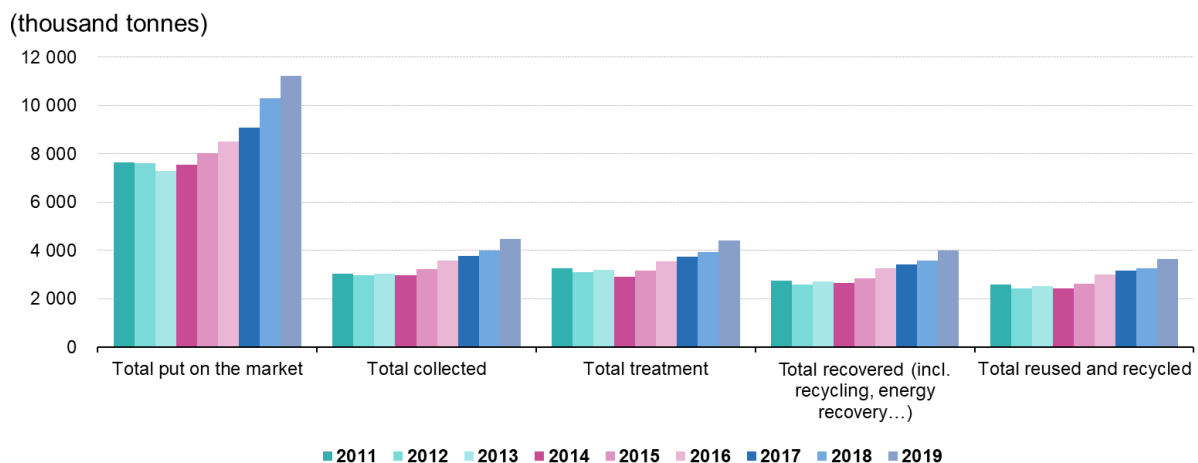


Fig. 2. Electrical and electronic equipment put on the market and waste EEE collected, treated, recovered, recycled and prepared for reuse, EU

The most significant contribution to "green computing" was made simultaneously with the creation and occurrence of cloud computing technology. The results of the implementation of cloud computing are a reduction in server use by 77%, energy by 84%, carbon emissions by 88%. Energy savings are occurred due to the location of cloud data centers near users, which prevents losses of transmitting power over long distances. Costs are also minimized owing to optimized hardware setup compared to traditional data centers. Cloud technologies introduce replacing carbon physical products with virtual equivalents, which considerably decreases waste generated during the disposal of the products. There is a significant saving of energy as a consequence of transferring software to the cloud. A study funded by Google and conducted by the Lawrence Berkeley National Laboratory in collaboration with Northwestern University discovered the fact that moving business programs such as email, CRM, (nationwide) to the cloud reduce the software's overall energy consumption by 87 %, this power is enough for supplying Los Angeles for 12 months [14].

Conclusions. Analysis of the impact of information technologies on the environment has shown that there are significant emissions of carbon dioxide into the atmosphere due to the manufacturing enterprises in this industry and as a result of the production of energy needed for the operation of data centers. Also, it was considered that there is a global problem of large toxic waste in the technological cycle of computing equipment production, which deteriorate the hydrosphere and lithosphere. Additionally, attention was paid to noise pollution, which is constantly caused by data centers. Green Computing is to be responsible for the design, manufacture, use and disposal of computers, servers and their hardware, such as monitors, printers, storage devices, networks and communication systems, to consume energy efficiently with minimal environmental impact. Thanks to the "green technology" movement, modern IT corporations are introducing new methods of computer hardware development, which improve environmental safety and allow to increase productivity. Green technologies include virtualization and cloud computing. Virtualization eliminates the need for electrical and electronic equipment by replacing physical servers with virtual machines. Cloud computing uses the concept of

virtualization by placing servers on the Internet which allows companies to eliminate the need for energy-intensive servers. Cloud computing is also used in networks, data warehouses, operating systems and software applications, potentially decreasing equipment consumption and associated energy consumption. Furthermore, the transition to cloud computing saves companies time, money and resources on maintenance and support of appropriate equipment. The analysis of the participation of IT corporations in the implementation of Green Computing considers the achievements of such corporations as Facebook, Google and Microsoft in setting up data centers in different parts of the world and even underwater. Also, a survey of plans and goals launched by Apple, Intel and AMD companies are to improve the environmental friendliness of products and manufacturing processes.

References

1. What drives WEEE recycling? A comparative study concerning legislation, collection and recycling / **P. R. Dias, M. P. Cenci, A. M. Bernardes, N. Huda** // Waste Management & Research. – 2022. – DOI: 10.1177/0734242X221081660.
2. E-waste in the world today: An overview of problems and a proposal for improvement in Brazil / **C. A. de Albuquerque, C. H. P. Mello, J. H. D. F. Gomes [et al.]** // Environmental Quality Management. – 2020. – № 29(3). – P. 63–72.
3. Influence of Scope Definition in Recycling Rate Calculation for European E-Waste Extended Producer Responsibility / **R. Horta Arduin, G. Grimaud, J. Martínez Leal [et al.]** // Waste Management & Research. – № 84. – P. 256–268.
4. An updated review and conceptual model for optimizing WEEE management in China from a life cycle perspective / **X. Song, J. Wang, J. Yang, B. Lu** // Frontiers of Environmental Science & Engineering. – 2017. – № 11(5). – P. 1–12.
5. Heart S. E-waste: a problem or an opportunity? Review of issues, challenges and solutions in Asian countries / **S. Herat, P. Agamuthu** // Waste Management & Research. – 2012. – № 30(11). – P. 1113–1129.
6. **Ribeiro D.** Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Australia and Brazil / **D. Ribeiro.** – Sydney, Australia : Macquarie University, 2019.
7. Eco-Friendly Electronics : a comprehensive review / **M. P. Cenci, T. Scarazzato, D. D. Munchen [et al.]** // Advanced Materials Technologies. – 2022. – № 7(2). – 2001263.
8. **Velte T.** Green IT Reduce Your Information System's Environmental Impact While Adding to the Bottom Line. McGraw-Hill / **T. Velte, A. Velte, R. Elsenpeter.** – 2008. – DOI: 10.1036/0071599231.
9. **Lamb J.** The Greening of IT: How Companies Can Make a Difference for the Environment / **J. Lamb.** – [S. I.] : Pearson Education, 2009. – 352 p.
10. Intel's RISE strategy and 2030 goals. – Access mode: <https://intel.ly/3vS0tKN>
11. Waste statistics – electrical and electronic equipment in the European Union. – Access mode: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>
12. **Schaik V.** Material-centric (aluminium and copper) and product-centric (Cars, WEEE, TV, Lamps, Batteries, Catalysts) recycling and DfR rules Material-centric (aluminium and copper) and product-centric (Cars, WEEE, TV, Lamps, Batteries, Catalysts) recycling and DfR rules : handbook of recycling / **V. Schaik.** – Amsterdam : Elsevier BV, 2014. – P. 307–378.
13. Microsoft's research Project Natick. – Access mode: <https://natick.research.microsoft.com/index.html>
14. **Martin P.** Mapping heterogeneous research infrastructure metadata into a unified catalogue for use in a generic virtual research environment / **P. Martin, L. Remy, M. Theodoridou [et al.]** // Future Generation Computer Systems. – № 101. – P. 1–13. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.076>.

УДК 331.101.262:338.2

А.Ю. ШАХНО, А.А. ТУРИЛО, доктори економ. наук, доценти
Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ РОЛІ ЦІННОСТІ ЛЮДИНИ НА ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ПІДПРИЄМСТВА

Мета. Метою даної статті є визначення підвищення ролі цінності людини і вплив фінансово-економічних аспектів формування людського капіталу на такі важливі аспекти для сучасного стану функціонування суб'єктів господарювання, як: інноваційний розвиток підприємства, корпоративне управління і економічна ефективність.

Методи дослідження. Результати і наукові положення отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Аналіз зарубіжних і вітчизняних літературних джерел показує, що до теперішнього часу чітких, узгоджених міркувань і положень стосовно змісту, тлумачення, методології та методики оцінювання категорій «цінність людини» і «людський капітал» у їх єдності і підпорядкованості не існує.

В ході дослідження визначено ключовий аспект цінності людини в суспільному житті, удосконалено концептуальну модель підвищення ролі людського капіталу в умовах інноваційного розвитку підприємств, визначено роль держави та запропоновано комплекс заходів, спрямованих на формування людського капіталу, де головний акцент на інтелектуальній складовій, здатності особистості до інноваційної праці, творчості та саморозвитку.

Практична значимість. На сучасному етапі розвитку ринкових відносин кожен суб'єкт господарювання не може обійтись без врахування таких складових його функціонування, як людський капітал, інновації, якість, інноваційний менеджмент, конкуренція і конкурентні переваги тощо. В роботі представлено основні елементи за критерієм значимості їх впливу на фінансово-економічний стан підприємства. Показано роль людського капіталу в діяльності підприємства і його вплив на формування системи менеджменту, рівня інноваційності, якості, інфраструктури, іміджу та конкурентоспроможності підприємства.

Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню якості людського капіталу, що позитивно вплине на інноваційний розвиток підприємств й зростання конкурентоспроможності національної економіки в умовах глобальних змін.

Результати. В науковому дослідженні викладено авторський підхід до визначення ролі цінності людини як ключового фактору розбудови інноваційно-інвестиційної моделі економіки України. Обґрунтовано й розроблено концептуальні і методико-прикладні засади розвитку та державного регулювання відтворення людського капіталу в ринкових умовах.

Існуючий науково-практичний досвід та аналіз змісту категорій «цінність людини» і «людський капітал» дозволяють сформулювати нам концептуальні підходи до системної взаємопов'язаної їх оцінки для підвищення рівня інноваційного потенціалу в цілому.

Ключові слова: людський капітал, інноваційний розвиток, ефективність, підприємство, держава, управління.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-163-173

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах загострення конкурентної боротьби між державами та посилення глобалізаційних процесів розвинуті країни світу намагаються залучати стратегічно важливий ресурс – людський капітал, який виступає ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності національної економіки. Усвідомлення того, що людина є найвищою цінністю, головним чинником науково-технічного прогресу, джерелом створення інновацій та сучасних технологій, на сьогодні актуалізується питання про підвищення ролі людського капіталу в процесі розбудови інноваційно-інвестиційної моделі економіки України.

В умовах посилення глобалізаційних процесів людський капітал нації стає вирішальним фактором розвитку економіки знань та ефективного функціонування національної економіки. Основою формування людського капіталу є інвестиції у розвиток людських ресурсів, тобто інвестиції в освіту та професійне навчання, в охорону здоров'я, розвиток творчих здібностей, мобільність, які сприяють зростанню професіоналізму, продуктивності праці, впровадженню інновацій, що дає змогу в майбутньому отримати дохід як особистості, так і суспільству в цілому [10, с. 47].

Аналіз статистичних даних розвитку провідних країн світу за останні двадцять-тридцять років показує, що суттєво зросла роль людського капіталу підприємств та організацій в аспекті забезпечення їх конкурентного розвитку. Причин такого стану багато, але можна виокремити головні дві з них: по-перше, умови і чинники конкурентності значно пришвидшили темпи своїх змін; по-друге, вплив нематеріальних ресурсів у порівнянні з матеріальними активами на економіку будь-якого суб'єкта господарювання став переважним. І перше, і друге прямо пов'язано з кількістю та якістю людського капіталу, носієм якого і виступає персонал підприємства, особливо його креативна, підприємницька і ініціативна складова.

Аналіз досліджень і публікацій. Уявлення про «цінність людини» в економічному розвитку відслідковується у змінах категоріального апарату, які відображають зростання ролі людини в розвитку суспільства, а саме категорії: «робоча сила», «трудові ресурси», «персонал», «людські ресурси», «людський потенціал» і «людський капітал». Але найповніше розкриває оцінку ролі і місця людини в економічному житті саме «людський капітал». В цій категорії комплексно характеризуються три групи рис і здібностей, які досліджують особистість в процесі трудової діяльності: 1) інтелектуальні, фізичні, психоемоційні, які є невід'ємними від індивіда; 2) інвестування в освіту, здоров'я створює особливий вид капіталу, що здатен приносити дохід як власнику, так і державі; 3) людський капітал та його здатність до інноваційної праці є каталізатором трансформацій на ринку праці та виступає рівноправним його агентом. Наразі немає єдиної думки щодо змістовного наповнення категорії «людський капітал» та універсальних шляхів його розвитку. Складність, багатогранність, суперечливість даної категорії і вплив

цього ресурсу на забезпечення високого конкурентного статусу економік (країни, регіону, компаній тощо) спричиняють зосередження уваги як на певних характеристиках, так і на всіх про-
явах цього поняття [9].

В економічній літературі багато вчених розглядає і розкриває актуальність і роль людського капіталу на різних рівнях суспільного розвитку.

Першими дослідниками теорії людського капіталу були зарубіжні класики економічної думки, такі як К. Маркс, А. Маршал, Дж. Міль, В. Петті, Д. Рікардо, А. Сміт та ін. Основоположниками теорії людського капіталу вважають американських економістів Г. Беккера [12-13]. і Т. Шульца [18-19]. Визнання людини як особливого виду капіталу мало свій початок з ХХ ст. і пов'язано з відомими іменами зарубіжних вчених: М. Блауга, Х. Боуена [15], Дж. Кендрика, Р. Лукаса, Я. Мінсера, Р. Солоу, Л. Туроу [20], М. Фрідмена, С. Фішера та ін.

Значна кількість вітчизняних науковців-економістів досліджували питання теорії та методології людського капіталу, а саме: А. Азарова[1], Б. Андрушків, В. Антонюк, С. Бандур, В. Близнюк, М. Бублик [14], Н. Верхоглядова, Л. Гальків, О. Грішнова, М. Долішній, Г. Захарчин, Л. Ільч, А. Колот [3], О. Кузьмін [17], В. Лагутін, Я. Ларіна, Е. Лібанова, В. Лич, В. Мандибура, П. Мазурок, О. Маслак, Д. Мельничук, О. Новікова, І. Петрова, А. Турило [8], Л. Шкварчук, П. Юхименко та інші автори.

В них представлено достатньо ґрунтовні підходи до розуміння, оцінки і управління таким важливим елементом національного багатства, як людський капітал. Але в силу багатогранності даного явища далеко не всі напрями дослідження людського капіталу отримали відповідного розкриття, обґрунтування і наголосу.

Незважаючи на підвищений інтерес науковців до визначеної проблематики, недостатньо дослідженими залишаються питання ролі людського капіталу в забезпеченні інноваційного розвитку підприємств.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є: спроба представити людський капітал у його інтегрованому зв'язку з такими важливими аспектами діяльності певного суб'єкта господарювання, як інноваційність, якість, професіоналізм та конкурентоздатність; сформулювати концептуальну модель підвищення ролі людського капіталу в умовах інноваційного розвитку підприємств та запропонувати комплекс заходів, спрямованих на формування та відтворення якісного людського капіталу в постіндустріальному суспільстві.

Викладення матеріалу та результати. В умовах розбудови інноваційно-інвестиційної моделі економіки України важливою проблемою є недосконалість розроблених напрямів соціально-економічної політики, де було б визначено вектор державної підтримки та регулювання процесів відтворення та розвитку якісного людського капіталу. Для забезпечення підвищення конкурентоспроможності національної економіки необхідно на рівні держави усвідомлення значущої ролі людини, яка стоїть в центрі всіх процесів, продукує інновації та виступає головним чинником інноваційного розвитку підприємств за рахунок підвищення інтелектуалізації праці в умовах науково-технічного прогресу.

Існує достатньо напрямів і видів наук, які прямо або опосередковано присвячені людині, але в них не відокремлюється і не є центром дослідження саме така категорія, як «цінність людини» відповідно до умов та етапів розвитку суспільства чи окремої особистості. Теорія цінності людини є основопокладаючою в подальшому існуванні і розвитку людства у всіх його сферах і аспектах [6-7].

Теорія цінності людини розвивається у єдності з багатьма іншими теоріями, що стосується економіки і фінансів, це зокрема, теорія ефективності. На наш погляд, ефективність – це «компас» фінансово-економічного і конкурентного розвитку будь-якого суб'єкта господарювання.

Теорія цінності людини – це теорія, що пов'язана і розкривається через розуміння того, що: людина і сам факт її існування без будь-яких виключень та умовностей є, в першу чергу, головною та абсолютною цінністю, абсолютним багатством цивілізованого суспільства; людина представляє собою неймовірно складну субстанцію, що проявляється у якості певних здібностей, внутрішнього світу, певних переконань, дій тощо і розвивається у відповідності з суспільним прогресом. У такому сенсі і формується категорія «цінність людини» (людина як абсолютне багатство суспільства, носій сукупності певних якостей та форм і видів їх прояву); цінність людини проявляється в житті в її поведінці, переконаннях, діях, вчинках тощо і в такому сенсі підлягає оцінці з боку певної спільноти за визначеними критеріями; кожна людина має своє

розкриття і наповнення категорії «цінність людини»; загальні ж вимоги і критерії до оцінювання цінностей людини встановлює суспільство; людина об'єктивно знаходиться і розвивається під впливом сукупності зовнішніх та внутрішніх чинників; внутрішній світ людини і її поведінка постійно знаходяться в процесі змін; цінність людини не є стабільною величиною і може змінюватись в процесі її життєдіяльності під впливом різних обставин; загальний цивілізаційний процес закономірно підіймає загальний рівень цінності людини в суспільстві; цінність людини і її рівень визначають рівень людського капіталу і його впливу на ефективність фінансово-економічних процесів на мікро- і макрорівні; цінність людини, людський капітал – це основний економічний ресурс сучасного і майбутнього розвитку всіх суб'єктів господарювання; оцінюванню для умов забезпечення прогресивного та гармонійного соціального і економічного розвитку суспільства підлягає та цінність, що накладається на абсолютну цінність людини [9].

Теорія цінності людини з позиції суспільства та конкурентної особистості досліджує і визначає умови формування та розвитку ціннісних ознак життєдіяльності людини, а з позиції економіки досліджує і визначає людину як виключно головний чинник і ресурс розвитку будь-якого суб'єкта господарювання. Категорія «людський ресурс» є похідною від категорії «цінність людини». Цінність людини визначає наповнення і якість людського ресурсу. В ринковій моделі господарювання категорія «людський ресурс» є перехідною і зв'язуючою між категоріями «цінність людини» та «людський капітал». Відмінність між людським ресурсом і людським капіталом полягає в тому, що людський ресурс характеризує людину як носія певних сформованих здібностей і якостей, які можуть бути застосовані людиною, при її бажанні, в процесі реалізації її приватно-колективно-суспільної праці [4].

В моделі ринкових відносин момент початку певного виду праці (людина, як власник своїх здібностей, як найманий працівник тощо), що визначається відповідними законодавчими актами тієї чи іншої країни, здійснюється трансформація категорії «людський ресурс» в категорію «людський капітал». Людський ресурс є тим потенціалом, на базі якого утворюється людський капітал. Основна особливість людського капіталу полягає в тому, що в підприємницькій діяльності він забезпечує: 1) сам цей процес; 2) отримання прибутку; 3) формування і розвиток сукупності нематеріальних ресурсів, тобто це особливий вид капіталу, що приносить підприємницькій структурі додаткову вартість, а при інших видах діяльності він забезпечує в різних своїх формах прояву і на різних рівнях макро- і мікросередовища процес формування іміджу, капіталізації та конкурентності [5].

Опрацювання літературних джерел дало змогу надати визначення категорії «людський капітал». З нашої точки зору, людський капітал – це сукупність природних якостей та сформованих й розвинутих в результаті власних та суспільних інвестицій продуктивних здібностей людини у вигляді знань, умінь, професійних навичок, досвіду, здоров'я, мотивації, мобільності, духовності, які здатні підвищувати продуктивність праці індивіда за рахунок використання й реалізації інтелектуальної, творчої, креативної компоненти, виступати джерелом доходів особистості в майбутньому та примножувати національне багатство країни [10, с.27-28].

Таким чином, на наш погляд, теорія людського капіталу має своїм джерелом теорію цінності людини. Головними сферами підвищення цінності та ролі людини в суспільному житті є: освітньо-професійна, охорони здоров'я і безпеки життєдіяльності, морально-психологічна сфера, еколого-природнича сфера, фінансово-економічна сфера, культурно-релігійна сфера, соціально-освітня сфера, ціннісно-правова сфера, інші сфери.

Головними аспектами визначення цінності людини у суспільному житті є:

цінність людини повинна реально стати головним пріоритетом і першим показником в оцінці стану і перспектив розвитку будь-якої суспільної структури, і у тому числі, будь-якого суб'єкта структури, і у тому числі, будь-якого суб'єкта економічного господарювання;

категорія «цінність людини» повинна мати відповідну, просту, соціально і економічну обґрунтовану систему оцінювання;

цінність людини має пряме відношення до формування таких важливих для економіки категорій, як «людський ресурс» та «людський капітал»;

цінність людини і людський капітал визначають обсяг, якість і силу впливу нематеріальних ресурсів на економіку суб'єктів господарювання [16];

ефективність системи менеджменту підприємства в кінцевому підсумку визначається ефективністю формування і реалізації потенціалу людського капіталу;

система управління людським капіталом і сила впливу останнього на фінансовий та економічний сектор діяльності підприємства потребує подальших ґрунтованих досліджень;

значимість цінності людини і людського капіталу в розвитку всіх суб'єктів господарювання з часом буде стрімко зростати та абсолютно визначати перспективи їх діяльності та сукупність конкурентних переваг.

На сучасному етапі розвитку ринкових відносин, коли суспільство досягло певних якісних і кількісних змін і вийшло на новий рівень свого існування, виникли по ряду різних причин нові виклики стосовно його подальшого прогресивного розвитку. Це стосується без виключення всіх сфер діяльності людини (особливо екологічної, охорони здоров'я, безпеки життєдіяльності тощо).

Ключовим фактором інноваційного розвитку підприємства виступає людський капітал. За даними Державної служби статистики України проаналізуємо питому вагу інноваційно активних підприємств та джерела їх фінансування за період 2000-2020 рр. (табл. 1) [2].

Таблиця 1

Джерела фінансування інноваційної діяльності підприємств

Роки	активних підприємств (у загальній кількості промислових) Загальна сума витрат на інноваційну діяльність, млн грн		Темп приросту, %	У тому числі за рахунок коштів (джерел фінансування)								
				власних		Темп приросту, %	державного бюджету	Темп приросту, %	інвесторів-нерезидентів	Темп приросту, %	інших джерел	Темп приросту, %
				%	млн грн	%	млн грн	у % до загальної суми витрат на інновації	%	млн грн	%	млн грн
2000	18,0	1760,1	х	1399,3	79,6	х	7,7	х	133,1	х	217,0	х
2002	18,0	3018,3	52,5	2141,8	71,1	29,5	45,5	-18,5	264,1	351,5	562,4	176,9
2004	13,7	4534,6	48,2	3501,5	77,2	63,0	63,4	-31,8	112,4	-13,5	857,3	24,5
2006	11,2	6160,0	7,1	5211,4	84,6	3,3	114,4	307,1	176,2	11,6	658,0	26,5
2008	13,0	11994,2	10,8	7264,0	60,6	-8,9	336,9	132,7	115,4	-64,1	4277,9	79,4
2010	13,8	8045,5	1,2	4775,2	59,4	-7,6	87,0	-31,5	2411,4	59,4	771,9	-32,3
2012	17,4	11480,6	-19,9	7335,9	63,9	-3,3	224,3	50,3	994,8	1648,3	2925,6	-55,3
2014	16,1	7695,9	-19,5	6540,3	85,0	-6,2	344,1	1293,1	138,7	-88,9	672,8	-48,7
2016	18,9	23229,5	68,2	22036,0	94,9	64,1	179,0	224,9	23,4	-60,1	991,1	263,0
2017	16,2	9117,5	-60,8	7704,1	84,5	-65,0	227,3	27,0	107,8	360,7	1078,3	8,8
2018	16,4	12180,1	33,6	10742,0	88,2	39,4	639,1	181,2	107,0	-0,7	692,0	-35,8
2019	15,8	14220,9	16,8	12474,9	87,7	16,1	556,5	-12,9	42,5	-60,3	1147,0	65,8
2020	16,8	14406,9	1,3	12297,7	85,4	-1,4	279,5	-49,8	125,3	194,8	1704,2	48,6
2020/ 2000, +/-	-1,2	12646,8	х	10898,4	5,8	х	271,8	х	-7,8	х	1487,2	х

Джерело: Державна служба статистики України [2]

Як видно з даних табл. 1, питома вага інноваційно активних підприємств (у загальній кількості промислових) з 2000 р. до 2020 р. зменшилась з 18 до 16,8%. За аналізований період загальна сума витрат на інноваційну діяльність збільшилась з 1760,1 до 14406,9 млн грн, на що вплинула інфляційна складова. Найкраще фінансування інноваційної діяльності відбулось у 2016 р. 23229,5 млн грн. Фінансування за рахунок державних коштів досягло максимального значення у 639,1 млн грн за період 2000-2020 рр., але потім даний показник у 2020 р. знизився і показав значення у 279,5 млн грн, що теж є непоганим результатом у порівнянні з 2000 р. Питома вага інвестицій за рахунок власних коштів фінансування підприємств не знизилася і у

2020 р. склала 85,4%, що є безумовно позитивним явищем і говорить про консервативну стратегію інвестування.

Динаміка загальних витрат на інноваційну діяльність та її фінансування з державного бюджету за період 2000-2020 рр. представлено на рис. 1 та рис. 2.

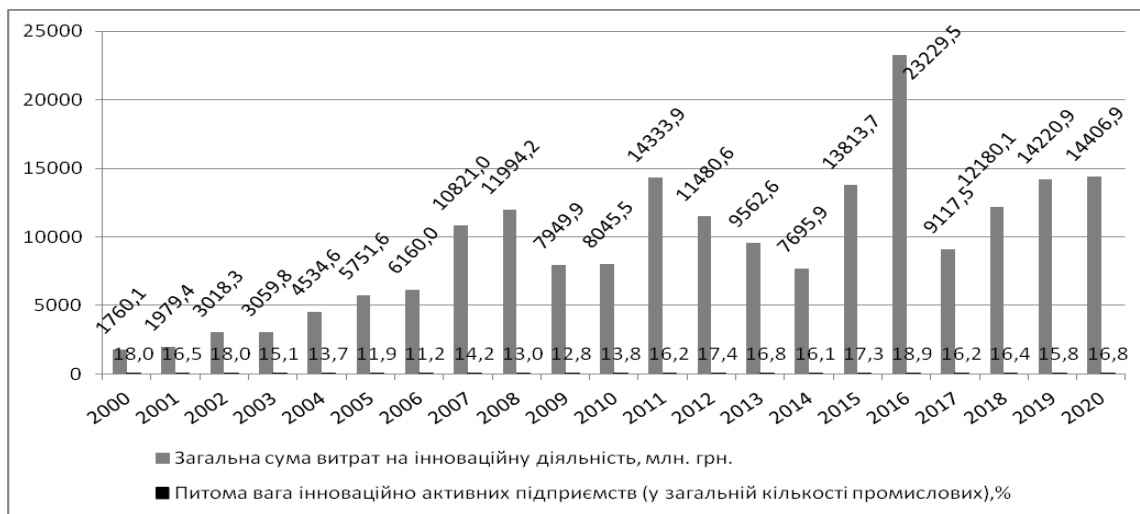


Рис. 1. Динаміка загальних витрат на інноваційну діяльність за період 2000-2020 рр.

Джерело: Державна служба статистики України [2]

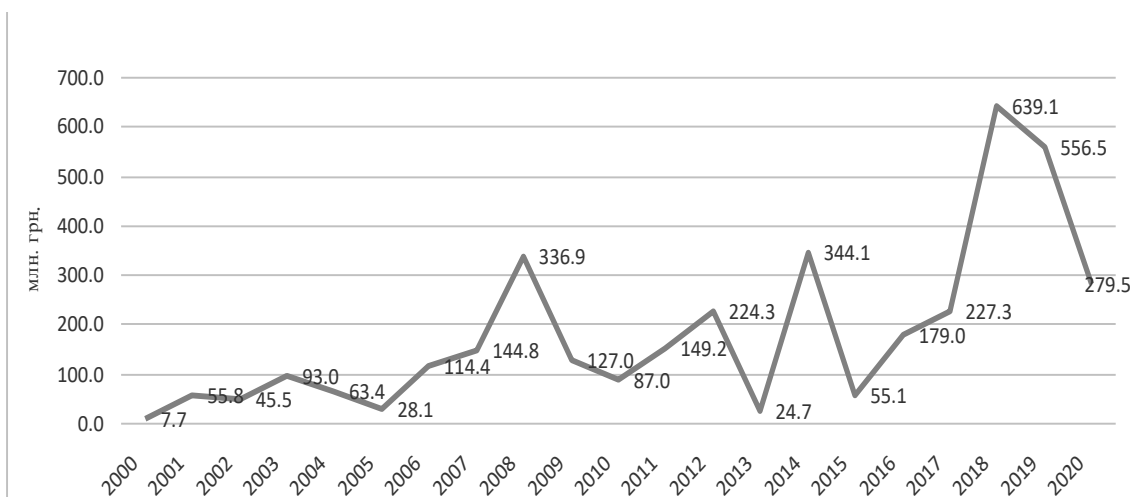


Рис. 2. Фінансування з державного бюджету інноваційної діяльності підприємств та організацій України за період 2000-2020 рр.

Джерело: Державна служба статистики України [2].

За даними табл. 2 питома вага промислових підприємств, які впроваджували інновації (в загальній кількості промислових підприємств) з 2000-2020 рр. не змінилась і склала 14,9%; історичний максимум за цей період був у 2016 р., а потім до 2020 р. дещо знизився. Впровадження у виробництво інноваційних видів продукції дуже погіршилося у 2020 р. і склало 4066 найменувань (для порівняння: у 2000 р. – 15323 н.; у 2001 р. – 19484 н.; у 2002 р. – 22847 н.), потім за період 2000-2020 рр. (табл. 2) динаміка даних показників погіршилась.

Наприкінці аналізу даних табл. 2 хотілося б відмітити про загальний спад інноваційної привабливості, про що говорить показник питомої ваги реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової: у 2000 р. дорівнював 9,4%, а у 2020 р. – 1,9% (починаючи з 2000 р. показник постійно зменшувався).

Динаміка кількості найменувань інноваційних видів продукції, впроваджених у виробництво, та питома вага інноваційно активних підприємств (у загальній кількості промислових) за період 2000-2020рр. представлено на рис. 3 та рис. 4.

Динаміка кількості впроваджених інновацій на промислових підприємствах

Роки	Питома вага промислових підприємств, які впроваджували інновації (в загальній кількості промислових підприємств), %		Впроваджено у виробництво інноваційних видів продукції		Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової
	%	темп зростання, +/-	найменувань	темп приросту, %	%
2000	14,8	х	15323	х	9,4
2001	14,3	-0,5	19484	27,2	6,8
2002	14,6	0,3	22847	17,3	7,0
2003	11,5	-3,1	7416	-67,5	5,6
2004	10,0	-1,5	3978	-46,4	5,8
2005	8,2	-1,8	3152	-20,8	6,5
2006	10,0	1,8	2408	-23,6	6,7
2007	11,5	1,5	2526	4,9	6,7
2008	10,8	-0,7	2446	-3,2	5,9
2009	10,7	-0,1	2685	9,8	4,8
2010	11,5	0,8	2408	-10,3	3,8
2011	12,8	1,3	3238	34,5	3,8
2012	13,6	0,8	3403	5,1	3,3
2013	13,6	0,0	3138	-7,8	3,3
2014	12,1	-1,5	3661	16,7	2,5
2015	15,2	3,1	3136	-14,3	1,4
2016	16,6	1,4	4139	32,0	*
2017	14,3	-2,3	2387	-42,3	0,7
2018	15,6	1,3	3843	61,0	0,8
2019	13,8	-1,8	2148	-44,1	1,3
2020	14,9	1,1	4066	89,3	1,9
2020/2000, +/-	0,1	х	-11257	х	-7,5

* Розрахунок показника не здійснюється.

Джерело: Державна служба статистики України [2]

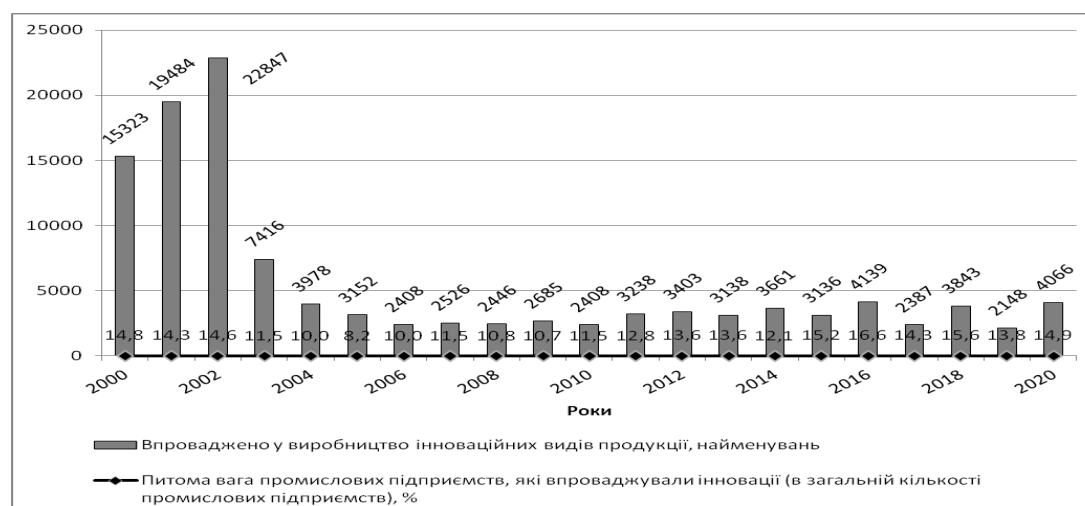


Рис. 3. Динаміка кількості найменувань інноваційних видів продукції, впроваджених у виробництво за період 2000-2020рр.

Джерело: Державна служба статистики України [2]

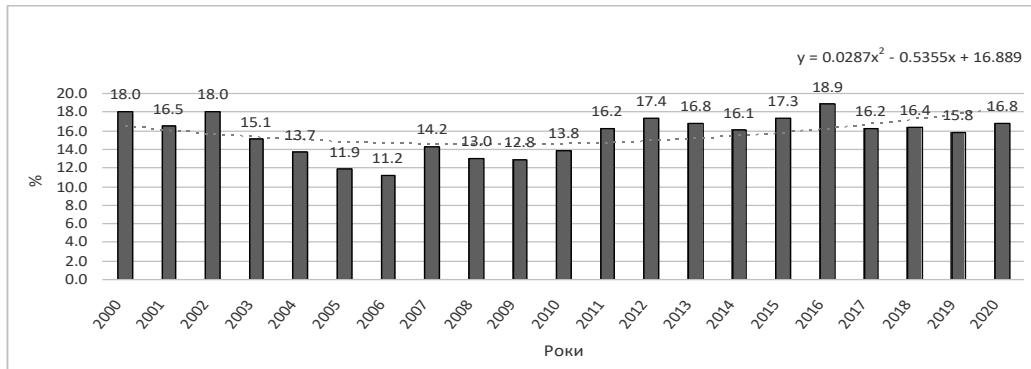


Рис. 4. Питома вага інноваційно активних підприємств (у загальній кількості промислових) за період 2000-2020рр.

Джерело: Державна служба статистики України [2].

Кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок за період 2010-2020 рр. представлено на рис. 5 і в табл. 3

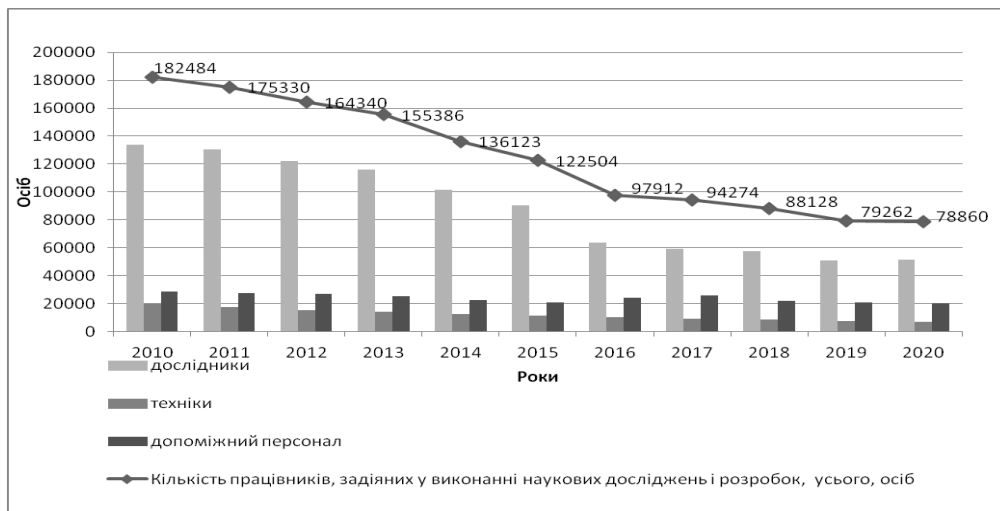


Рис. 5. Кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок на підприємствах (організаціях) України за 2010-2020 рр.

Джерело: Державна служба статистики України [2].

Таблиця 3

Кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок за період 2010-2020рр

Роки	Кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок, усього, осіб	Темп приросту, %	В тому числі						З них мають науковий ступінь			
			дослідники		техніки		допоміжний персонал		доктора наук		доктора філософії (кандидата наук)/	
			осіб	у % до загальної кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок	осіб	у % до загальної кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок	осіб	у % до загальної кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок	осіб	у % до загальної кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок	осіб	у % до загальної кількості працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок
2010	182484	x	133744	73,3	20113	11,0	28627	15,7	11974	6,6	46685	25,6
2011	175330	-3,9	130403	74,4	17260	9,8	27667	15,8	11677	6,7	46321	26,4
2012	164340	-6,3	122106	74,3	15509	9,4	26725	16,3	11172	6,8	42050	25,6
2013	155386	-5,4	115806	74,5	14209	9,2	25371	16,3	11155	7,2	41196	26,5
2014	136123	-12,4	101440	74,5	12299	9,0	22384	16,5	9983	7,3	37082	27,2
2015	122504	-10,0	90249	73,7	11178	9,1	21077	17,2	9571	7,8	32849	26,8
2016	97912	-20,1	63694	65,1	10000	10,2	24218	24,7	7091	7,2	20208	20,6
2017	94274	-3,7	59392	63	9144	9,7	25738	27,3	6942	7,4	19219	20,4
2018	88128	-6,5	57630	65,4	8553	9,7	21945	24,9	7043	8,0	18806	21,3
2019	79262	-10,1	51121	64,5	7470	9,4	20671	26,1	6526	8,2	16929	21,4
2020	78860	-0,5	51427	65,2	7117	9,0	20316	25,8	7060	9,0	17949	22,8
2020/2010,+/-	-103624	x	-82317	-8,1	-12996	-2	-8311	10,1	-4914	2,4	-28736	-2,8
2020/2010, %	-56,8	x	-61,5	x	-64,6	x	-29,0	x	-41,0	x	-61,6	x

Аналіз даних табл. 3 за період 2000-2020 рр. свідчать про інноваційний потенціал та використання людського капіталу в інноваційних процесах. Кількість працівників, задіяних у виконанні наукових досліджень і розробок знизився з 182484 особи у 2010 р. до 78860 осіб у 2020 р. (на 56,8%). І це стосується всіх категорій наукових працівників і вчених. Позитивний момент в тому, що наукова і науково-технічна база існує і її потрібно ефективно використовувати, адже наукоємність продукції повинна поступово підвищуватися, щоб відповідати світовим стандартам.

Концептуальна модель підвищення ролі людського капіталу в умовах інноваційного розвитку підприємства представлена на рис. 6.



Рис. 6. Концептуальна модель підвищення ролі людського капіталу в умовах інноваційного розвитку підприємства (розроблено авторами)

В сучасних ринкових умовах важливою задачею інноваційного розвитку підприємств є застосування нових моделей та методів управління персоналом, що сприятиме розвитку інтелектуальних здібностей працівників [9]. В умовах інноваційної економіки підвищуються вимоги до якості людського капіталу, а саме:

- адаптивність та гнучкість в умовах постійних глобальних змін;
- здатність до саморозвитку та самовдосконалення;
- бажання підвищувати кваліфікацію та рівень професіоналізму в умовах розвитку економіки знань, що сприятиме підвищенню ролі інноваційної праці;
- розвивати творчість і креативність особистості як важливих чинників стимулювання інноваційної діяльності тощо.

Підвищення якості людського капіталу неможливо без відповідних інвестицій в його розвиток.

Інвестування в якісний розвиток людського капіталу надасть можливість підприємству в перспективі більш ефективно його використовувати, що вплине на такі показники та напрями діяльності, як: зростання продуктивності праці (вплине на збільшення обсягів виробництва); підвищення якості продукції, робіт та послуг; зростання прибутку та рентабельності компанії; формування нових компетенцій працівників (стратегічні знання, вміння та способи мислення); впровадження інновацій у виробництво; підвищення рівня корпоративної культури тощо.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Таким чином, в умовах глобалізаційних змін, які відбуваються під впливом науково-технічного прогресу, запровадження інновацій та сучасних технологій, відбувається усвідомлення ключової ролі людини, яка стоїть в центрі всіх процесів. Підвищується цінність людини як головного фактору розвитку інноваційної економі-

ки та економіки знань. Тому значну увагу необхідно приділяти розвитку людського капіталу як на рівні держави, так і на рівні підприємства.

З нашої точки зору, для ефективного відтворення та розвитку людського капіталу в сучасних умовах необхідно впровадження комплексу заходів, які створили б підґрунтя для розбудови інноваційно-інвестиційної моделі економіки України, а саме:

удосконалення інституту права (нормативно-законодавчої бази в аспекті розвитку людського капіталу, що передбачає удосконалення трудового законодавства, яке буде захищати права працівників та сприятиме гідній оплаті праці);

ефективна підтримка з боку держави розвитку підприємництва та ділової активності;

формування національної програми ефективного відтворення та розвитку людського капіталу, де головним акцентом виступає інтелектуальна, творча компонента особистості та її здатність до інноваційної праці;

створення дієвого механізму модернізації інституту освіти та професійного навчання, що сприятиме впровадженню моделі «освіта протягом життя»;

інвестування в структурні елементи людського капіталу як з боку держави, так і з боку підприємства для ефективного формування інноваційного людського капіталу, що є запорукою підвищення конкурентоспроможності національної економіки [10].

Подальшим напрямом досліджень є визначення головних складових формування інноваційного людського капіталу, здатного до генерації нових ідей та креативного мислення, інноваційної праці, з високим рівнем професіоналізму в умовах глобальних трансформацій.

Список літератури

1. Азарова А. О., Остапчук Я. Ю., Пугач В. С. Управління людським капіталом підприємства в умовах інноваційної економіки *Економіка та суспільство*. 2022. № 37. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/12>
2. Державна служба статистики України, 2022. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Колот А. М., Герасименко О. О. Інноваційна праця та її інтелектуалізація як стратегічні вектори становлення нової економіки *Економіка і організація управління*. 2018. № 1(29). С. 6–23.
4. Kutova N.G., Shakhno A.Y., Demianenko K.O. Determination of the influence of factors on the state of personnel incentives of the industrial enterprises. *Вісник Криворізького національного університету*, 2020. Вип. 50. С. 68–73.
5. Пищуліна О., Юрочко Т., Міщенко М., Жаліло Я. Розвиток людського капіталу: на шляху до якісних реформ. *Центр Разумковія: Видавництво «Заповіт»*. 2018. 368 с.
6. Самборська О. Ю. Людський капітал як фактор економічного зростання. *Економіка АПК*. 2019. № 6. С. 65–66. URL: file:///C:/Users/User/Downloads/E_apk_2019_6_10.pdf
7. Точиліна Ю. Ю. Роль людського капіталу в інноваційному розвитку національної економіки. *Науковий вісник ужгородського національного університету Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2019. № 26(2). С. 88–91.
8. Турило А. М., Короленко Р. В. Основи формування стратегії управління людським капіталом працівника підприємства *Луцьк: «Економічний форум»: зб. наук. праць ЛНТУ*. 2014. №3. С. 208–214.
9. Турило А. А. Основи управління інноваційним розвитком підприємства: монографія. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов. 2017. 307 с.
10. Шахно А. Ю. Людський капітал в умовах глобалізації: оцінювання, розвиток та державне регулювання: монографія. Кривий Ріг: Видавництво ФОП Чернявський Д. О. 360 с.
11. Шевченко Д. В. Інвестиції в людський капітал як фактор підвищення конкурентних переваг економіки. *Інноваційна економіка*. 2021. № 5-6. С.51–56.
12. Becker I. G. Investment in Human Capital. *The Journal of Political Economy*, 1962. pp.14–27.
13. Becker G. S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. New York: National Bureau of Economic Research, 1964. 187 p.
14. Bodnar I., Bublyk M., Veres O., Lozynska O., Karpov I., Burov Y., Kravets P., Peleshchak I., Vovk O. and Maslak O. Forecasting the risk of cervical cancer in women in the human capital development context using machine learning, volume Vol-2631 of CEUR workshop proceedings. 2020. pp.. 491-501.
15. Bowen H. R. Investment in Human Capital and Economic Growth: Perspectives on Economic Growth. New York: Bantam Books. 1968.
16. Demidova N., Akilina O., Kirzhetska M., Lagovskyi V. and Besarab S. Accumulation and fulfilment of the human capital potential in order to strengthen the economic security. *Journal of Security and Sustainability Issues*. 8(4). 2019. pp. 801-813. doi:[10.9770/jssi.2019.8.4\(21\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2019.8.4(21)).
17. Kuzmin O., Bublyk M., Shakhno A., Korolenko O. and Lashkun H. Innovative development of human capital in the conditions of globalization. The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020). E3S Web Conf., Vol. 166 (2020), №13011. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016613011>
18. Shultz T. Investment in Human Capital. N.Y.; L. 1971. 272 p.
19. Shultz T. Human Capital: Policy Issues and Research Opportunities. New York: National Bureau of Economic Research. 1972. 84 p.
20. Thurow L. and Lester C. Investment in Human Capital. California: Belmont, Wadsworth Publishing Company. 1970. 145 p.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІЙ ПРИНАЛЕЖНОСТІ
ТРИВИМІРНОГО ІНТЕРВАЛЬНОГО НЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА
ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОЧИЩЕННЯ**

Мета. Визначити оптимальні значення для параметрів функцій приналежності тривимірного нечіткого інтервального контролера для підвищення енергоефективності процесу ультразвукового очищення.

Методи дослідження. Моделювання за допомогою наявних програмних засобів імітації розповсюдження високоінтенсивних ультразвукових хвиль.

Наукова новизна. На основі аналізу даних результатів моделювання процесу ультразвукового очищення отримано оптимальні значення для параметрів функцій приналежностей тривимірного нечіткого інтервального контролера, що керує процесом ультразвукового очищення.

Практична значимість. Встановлено залежності між параметрами функцій приналежностей тривимірного нечіткого інтервального контролера та коефіцієнтами інтенсивностей випромінювачів і сумарним значенням максимального тиску у забрудненій ділянці.

Результати. Було досліджено вплив параметрів верхньої та нижньої функцій приналежностей, які задані як експоненційні залежності із максимальним значенням при мінімальній відстані між випромінювачем та датчиком. Під час аналізу отриманих даних виявлено наступні закономірності: на перших етапах очищення спостерігаються максимальне та мінімальне значення вихідних коефіцієнтів інтенсивностей для одних і тих же випромінювачів (для найближчого випромінювача – 1, для найдальшого – 0), але спостерігаються незначні коливання для інших. Але за рахунок цих коливань є ефект накопичування різниці і на останньому етапі очищення основний випромінювач для різних значень параметрів функції приналежностей не завжди співпадає. За основний критерій ефективності ультразвукового очищення було прийнято сумарне значення максимального тиску у забрудненій області. Оптимальним виявилися значення для параметрів функцій приналежностей $\sigma_1 = 0.1$ та $\sigma_2 = 4$. Зменшення σ_1 спотворювало роботу алгоритму взагалі, бо відбувалося ділення на число близьке до 0. Розширення інтервалу шляхом збільшення σ_2 призвело до зменшення прийнято сумарне значення максимального тиску у забрудненій області. Таким чином, параметри σ_1 та σ_2 знаходяться на значному інтервалі, при цьому σ_1 досить близько до 0, а значення σ_2 треба визначати в залежності від співвідношення кількості випромінювачів та датчиків, бо збільшення різниці між σ_1 та σ_2 після певного значення ефекту не має.

Ключові слова: тривимірний нечіткий інтервальный контролер, функція приналежності, моделювання, ультразвукове очищення.

doi:10.31721/2306-5451-2022-1-54-173-178

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Ефективне очищення одна із заповорок тривалої експлуатації обладнання та можливості проведення поточних ремонтів. Це особливо важливо у таких забруднених галузях виробництва, як видобувна та збагачувальна промисловість. Вартість ультразвукового очищення, насамперед, залежить від кількості енергії, що витрачається в процесі. Для її зниження проводяться дослідження як відносно покращення фізико-хімічних умов очищення [1, 2], так і удосконалення керування цим процесом. У ряді робіт [3, 4] було запропоновано для підвищення його енергоефективності шляхом обробки лише тих ділянок, які цього потребують, використовувати тривимірний інтервальный нечіткий контролер, вхідними даними є зміна ультразвукових відгуків у декількох заданих позиціях. Функції приналежності цього контролера залежать від відстані між основним випромінювачем та датчиком і від просторових параметрів, що описує співвідношення кількості випромінювачів та датчиків. Для збільшення енергоефективності процесу ультразвукового очищення було проведено дослідження щодо оптимізації цих параметрів.

Аналіз досліджень та публікацій. Для ультразвукового очищення, як і для багатьох інших фізичних процесів, характерна наявність сильних просторових варіацій. Це пов'язано з зональністю основної рушійної сили такого виду очищення – кавітації та із нерівномірністю забруднення, а, відповідно і відшаровування бруду, очищувального тіла. Такі системи називаються системами із розподіленими параметрами (СРП). Існують різні підходи до керування подібними системами. Один з найбільш популярних - приведення до системи із розподіленими параметрами шляхом дискретизації загального об'єкта управління на етапі проектування управління – так зване «раннє зосередження параметрів». У такому випадку керування систем можна будувати, спираючись на традиційні методи, але втрачаються основні теоретичні властивості управління - керованість, спостережливість та стабільність [5, 6]. Це приводить до розробки

контролерів, які складно реалізувати [5]. Інший підхід «пізніє зосередження» передбачає, що спрощення відбувається на етапі реалізації контролера. Це дозволяє уникнути втрати розподіленої природи СРП та повністю використати їх природні властивості. Однак безпосереднє поводження з СРП викликає труднощі, бо математичні моделі таких систем є досить складним та мають в своїй основі диференціальні рівняння у частинних похідних, інтегральні рівняння, інтегродиференціальні рівняння або системи рівнянь різної природи.

Окрім класичних підходів до СРП успішним виявився геометричний контроль [57, 58]. Розробка закону управління на основі геометричної теорії управління дає перевагу в тому, що модель PDE може бути використана в конструкції управління без наближення. Це дозволяє зберегти основні теоретичні властивості управління з урахуванням розподіленої природи системи [5, 6]. Крім того, управління на основі геометричного управління не вимагає складних розрахунків [7]. Але все це модельні методи, тобто основна їхня вимога – це наявність точної математичної моделі. Значна кількість систем реального світу, в тому числі і ультразвукове очищення, мають невідомі параметри або дуже складні та нелінійні характеристики. Точні моделі для таких систем важко отримати або вони призводять до дуже складних контролерів, які викликають труднощі у застосуванні. Ультразвукове очищення не має чіткої математичної моделі, оскільки основне фізичне явище, що його продукує – кавітація досі аналітично не описано. Тому для таких випадків доцільно використовувати більш сучасні методи управління за допомогою нечіткої логіки або нейромереж. Методика керування із використанням технології навчання згорткових нейромереж уже розроблена для ультразвукового очищення трубопроводів [8, 9]. Навчання таких мереж відбувається за основним принципом незворотності процесу очищування, тобто будь-які зміни у показниках датчиках є свідченням, що відбувалося очищення об'єкту. При цьому геометрична форма очищувального об'єкту лишалась постійною. Такий підхід продемонстрував ефективність у випадку очищення трубопроводів, але у загальному випадку при роботі з різним обладнанням є недоцільним, оскільки вимагає охоплювати навчання для всіх конфігурацій очищувальних тіл. Нечітка логіка вільна від цих недоліків, до того ж демонструє ефективність застосування у різних галузях промисловості.

Для багатьох систем реального світу, які є дуже складними і за своєю суттю нелінійними, традиційні підходи моделювання часто не застосовуються, тоді як нечіткий підхід може бути єдиним життєздатним варіантом. З моменту розробки методології використання нечіткої логіки Заде [10] постійно розширюється, як її застосування, так і сама методологія. Для більш складних нелінійних систем в умовах непевної експертної оцінки параметрів Заде [11] запропонував розширення функції приналежності до лінгвістичної змінної із власними ймовірностями. Такий підхід виявився досить складним для практичного використання та у реальних застосунках відбулося спрощено до інтервальних множин типу 2 [12], контролери на основі яких стали розповсюдженими не лише у системах прийняття рішень [13], попередній обробці даних [14], оцінці якості послуг [15], але й у промисловості та господарстві. Але для врахування особливої природи систем із розподіленими параметрами нечітка логіка вимагала їхньої дискретизації та спрощення, що значно обмежувало її ефективність. Рішенням цієї проблеми стало просторове розширення нечіткої множини до тривимірної у серії робіт [16, 17] для врахування природніх особливостей систем із просторово розподіленими параметрами.

Ультразвукове очищення характеризується не лише просторовою розподіленістю, але й ускладнюється непевністю експертної оцінки вхідних параметрів. Тому було запропоновано [3, 4] для керування цим процесом використовувати тривимірний нечіткий контролер, нижня та верхня функції приналежностей на етапі фазифікації виглядають наступним [4]

$$\begin{aligned} \underline{\mu}(x_i, z) &= \exp \left(- \frac{\left((x_i - a)^2 + \left(2|z - z_0| - 1 \right)^2 \right)}{\sigma_1} \right), \\ \bar{\mu}(x_i, z) &= \exp \left(- \frac{\left((x_i - a)^2 + \left(2|z - z_0| - 1 \right)^2 \right)}{\sigma_2} \right), \\ i &= 1, 2, z = (z_1, z_2, \dots, z_p) \end{aligned} \quad (1)$$

де $\underline{\mu}(x, z)$ та $\overline{\mu}(x, z)$ - верхнє та нижнє значення функції приналежності, x - чіткий вхід, z - радіальна координата входу, a - значення лінгвістичної мітки, при якій функція приналежності набуває максимального значення: для значного (L) - $a = 1$, середнього (M) - $a = 0.5$ та для малого (S) - $a = 0$, z_0 - значення просторової радіальної координати виходу, σ_1 та σ_2 - параметри, що визначаються за фізичними особливостями ємності для очищування та кількість датчиків та виході та належать інтервалу $[0, 1]$, i - кількість змінних. Графічна ілюстрація для лінгвістичної мітки середнє (M) та для виходу $z_0 = 0.2$ та для мітки мале (S) та для виходу $z_0 = 0.5$ наведено на рис. 1, при цьому $\sigma_1 = 0,1$ та $\sigma_2 = 0,2$.

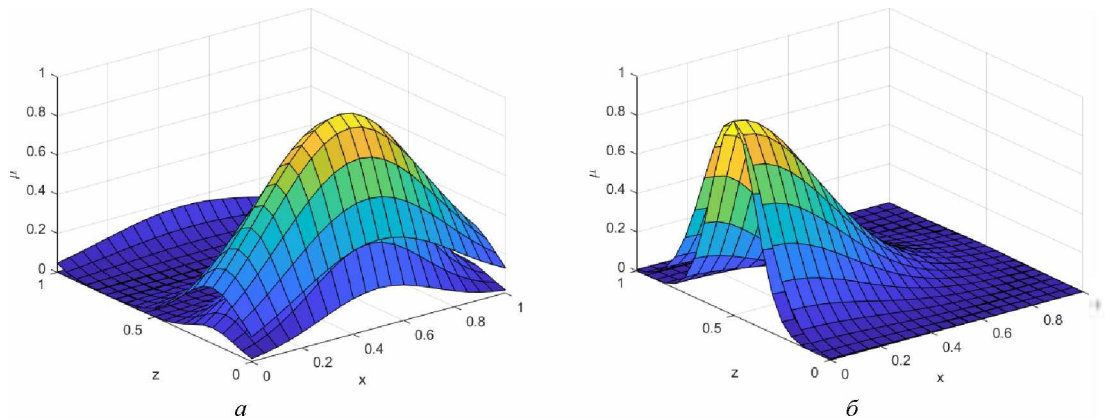


Рис. 1. Графіки верхньої та нижньої функції приналежностей: а - для мітки середнє (M) для виходу $z_0 = 0.2$; б - для мітки мале (S) для виходу $z_0 = 0.5$

Тобто функції визначені як залежність із максимальним значенням впливу при мінімальній відстані між випромінювачем та сенсором, що характерно для складного фізичного процесу розповсюдження ультразвукових хвиль і підтверджується результатами моделювання [18, 19].

Постановка задачі. Для підвищення енергоефективності процесу ультразвукового очищення із використанням тривимірного нечіткого інтервального контролера необхідно дослідити залежність між значенням просторових коефіцієнтів функції приналежностей та значенням вихідних даних інтенсивностей випромінювачів. Ефективність процесу буде визначатися за сумарним значенням максимального тиску у забрудненій області.

Викладення матеріалу та результати. Розглянемо, як змінюється вигляд верхньої та нижньої функції приналежності при змінні значення параметрів $\sigma_1 = 0,1$ та $\sigma_2 = 0,2$ (рис. 2).

З наведених графіків на рис. 2 чітко простежується пряма залежність між параметрами σ_1 та σ_2 та розмірами області, на якій функція прийматиме високе значення. А це у нашому випадку вплив даних, що отримані з поточного сенсора на значення інтенсивності, що буде розраховано для визначеного випромінювача. Фізично формування цього співвідношення визначається кількістю сенсорів, тобто чим більше датчиків, тим дужче збільшується вплив на результат відстані між датчиком та сенсором. Якщо ж датчиків менше, то, за рахунок параметрів просторової функції приналежності, відбувається розширення області впливу показників датчику на інтенсивність випромінювача. Отже, вибір значень для σ_1 та σ_2 повинен визначатися геометричними особливостями конструкції ультразвукової ванни та співвідношенням кількості сенсорів та випромінювачів.

Для визначення впливу параметрів функцій приналежності було проведено моделювання процесу очищення за допомогою програмного засобу k-wave [20]. У якості очищувального виробу обрано астриду, що має забруднення на одній із сторін (рис. 3). Визначено 4 випромінювачі та 4 сенсори (рис. 3а, в). Відшаровування забруднення фіксується у випадку наявності максимального амплітудного тиску вище 50% від максимального. Було зафіксовано значення вихідних потужностей на кожному етапі очищення для всіх випромінювачів (табл.1).

За отриманими результатами можна зробити висновок, що на першому етапі відбувається незначне коливання інтенсивностей для кожного з випромінювачів. Так, маємо однаковий максимальний коефіцієнт для випромінювача 3 та 0 для випромінювача 1. На другому кроці знову значення відрізняються не дуже суттєво, максимальне значення у коефіцієнта для 3 випромі-

новача зберігається майже для всіх значень σ_1 та σ_2 , а вже на третьому кроці враховуючи різниця накопичується і стає більше суттєвою (табл. 1).

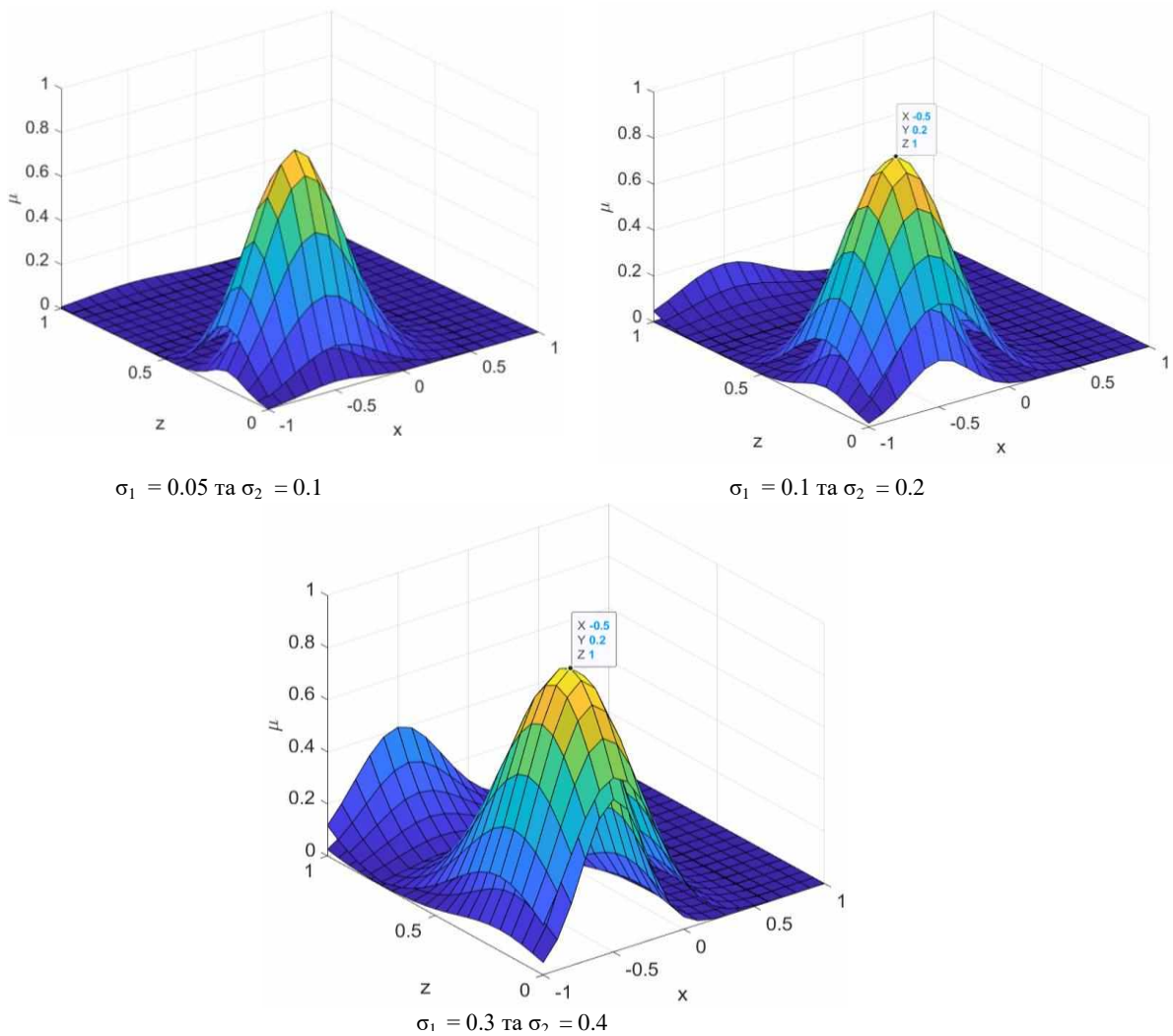


Рис.2. Вигляд верхньої та нижньої функції приналежності при різних значеннях σ_1 та σ_2

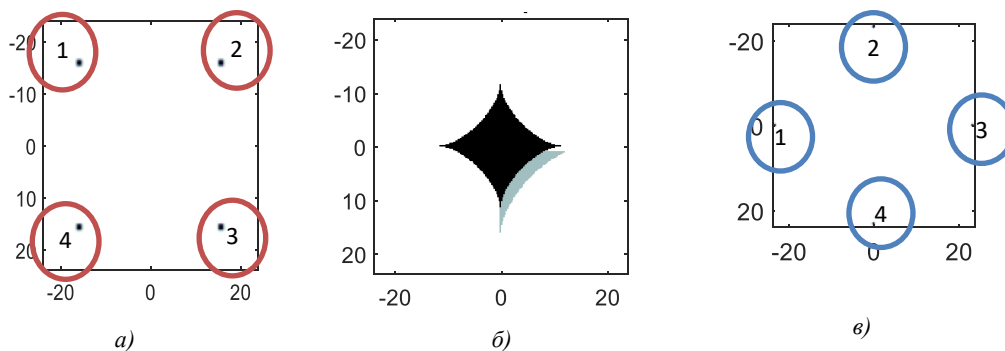


Рис. 3. Початкові умови експерименту: а – розташування випромінювачів; б – вигляд очищувального тіла, в – розташування датчиків

Для визначення найбільш ефективних значень для коефіцієнтів функцій приналежності також було зафіксовано та проаналізовано сумарне значення максимального тиску у забрудненій області (табл.2).

Таким чином було визначено, що встановлення значного проміжку між значеннями нижньої та верхньої функції приналежності дозволяє збільшити сумарне значення

максимального тиску у забрудненій ділянці ($\sigma_1 = 0.1$ та $\sigma_2 = 4$). При цьому проміжок повинен мати охоплювати проміжок близький до 0, але занадто низькі значення викликають спотворення роботи алгоритму, бо відбувається ділення на число близьке до 0. У ширших діапазонах 4 – 10, 0.1 - 6 збільшення сумарного значення максимального тиску не спостерігається, тому сенсу збільшувати різницю між параметрами немає.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів інтенсивностей в залежності від параметрів верхньої та нижньої функцій приналежності

σ_1	σ_2	Значення коефіцієнтів інтенсивностей		
		Крок 1	Крок 2	Крок 3
0.1	0.2	[0 0.7394 1.0 0.30]	[0 0.9623 1.0 0.3497]	[0.9242 1.0 0 0.1329]
0.05	0.3	[0 0.7599 1.0 0.2507]	[0 0.9980 1.0 0.3848]	[1.0 0.9804 0 0.7174]
0.2	0.3	[0 0.6729 1.0 0.2793]	[0 0.8609 1.0 0.1859]	[0.8293 1.0 0.1329 0]
1	2	[0 0.7808 1.0 0.0238]	[0 1.00 0.9996 0.1137]	[0.9803 1.0 0.0154 0]
2	4	[0 0.8692 1.0 0.0226]	[0.0062 1.0 0.9966 0]	[0.9512 1.0 0.0527 0]
4	10	[0 0.8757 1.0 0.057]	[0 1.0 0.9998 0.0070]	[0.8918 1.0 0.1121]
0.05	4	[0 0.8344 1.0 0.2284]	[0.0451 1.0 0.9524 0]	[1.0000 0.9933 0 0.2839]
0.1	3	[0 0.7364 1.0 0.2472]	[0 0.9687 1.0 0.2686]	[0 0.6346 0.8521 1.0]
0.1	4	[0 0.7341 1.0 0.2514]	[0 0.9679 1.0 0.2623]	[0 0.4224 0.9148 1.0]
0.2	4	[0 0.6574 1.0 0.2705]	[0 0.8496 1.0 0.1165]	[0.8051 1.0 0.1570 0]
0.1	6	[0 0.7312 1.0 0.2557]	[0 0.8857 1.0 0.1567]	[0.9768 1.0 0 0.3297]

Таблиця 2

Значення сумарного максимального тиску у забрудненій області в залежності від параметрів верхньої та нижньої функцій приналежності

σ_1	σ_2	Значення тиску у забрудненій області по циклам	Сумарне значення максимального тиску у забрудненій області
0.1	0.2	495.3132 273.1203 276.6086 155.2428	1200.285
0.05	0.3	495.3132 273.4274 277.3228 171.6029	1217.666
0.2	0.3	495.3132 271.9871 275.2510 154.4850	1197.036
1	2	495.3132 273.7749 276.9128 156.2014	1202.202
2	4	495.3132 275.4046 275.4549 156.2563	1202.429
4	10	495.3132 275.5146 276.1673 156.0654	1203.0605
0.05	4	495.3132 274.7576 264.6041 157.5443	1192.219
0.1	3	495.3132 273.0258 276.6787 240.6167	1285.634
0.1	4	495.3132 272.9891 276.6567 252.0307	1296.99
0.2	4	495.3132 271.7268 274.9971 154.6622	1196.699
0.1	6	495.3132 272.9440 275.1746 158.5947	1202.027

Висновки та напрями подальших досліджень. Було проведено дослідження впливу параметрів функцій приналежності на ефективність процесу ультразвукового очищення при використанні тривимірної нечіткої інтервальної контролера. На основі моделювання встановлено, що зміна значень цих параметрів на початкових етапах майже не впливає на розраховані значення коефіцієнтів інтенсивностей випромінювачів, але має властивість накопичуватися. За основний критерій ефективності було прийнято сумарне значення максимального тиску у забрудненій області. Максимальне значення цього показника отримано при встановленні значного проміжку між параметрами верхньої та нижньої функцій приналежності, при цьому нижнє значення знаходиться не нижче 0.1, бо тоді відбувається ділення на число близьке до 0 і спотворюється робота алгоритму. Збільшення параметру верхньої функції приналежності до певного значення забезпечує зростання ефективності, а потім починає спадати.

Список літератури

1. **Tangsopha W., Thongsri J.** A Novel Ultrasonic Cleaning Tank Developed by Harmonic Response Analysis and Computational Fluid Dynamics, Metals, Vol. 10(335), 1-18 (2020).
2. **Tangsopha W., Thongsri J., Busayaporn W.** Simulation of ultrasonic cleaning and ways to improve the efficiency. 5th International Electrical Engineering Congress, 8-10 (2017).
3. **Morkun V., Kravchenko O.** Adaptive control over ultrasonic cleaning of mining equipment. *Ukrainian School of Mining Engineering - 2020, E3S Web of Conferences 201*, 01005 (2020).
4. **Morkun V., Kravchenko O.** Three-Dimensional Fuzzy Control of Ultrasonic Cleaning. *Acta Mechanica et Automatica*, vol. 15, № 3, pp. 169-176 (2021).
5. **Christofides P.** Nonlinear and Robust Control of PDE Systems: Methods and Applications to Transport-Reaction Processes, Boston: Birkhuser, 2001.
6. **Ray. W. H.** Advanced process control, Boston: Butterworths, 1989.

7. **Maidi A., Corriou J.-P.**, Boundary Control of Nonlinear Distributed Parameter Systems by Input-Output Linearization. *Preprints of the 18th IFAC World Congress, Milano (Italy)* (2011).
8. **Rajani C., Klami A., Salmi A., Rauhala T., Haeggström E., Myllymäki, P.** Detecting Industrial Fouling by Monotonicity during Ultrasonic Cleaning. In *2018 IEEE 28th International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP) IEEE*, 1-6 (2018).
9. **Simeone, A., Woolley, E., Escrig, J., Watson, N.J.** Intelligent Industrial Cleaning: A Multi-Sensor Approach Utilising Machine Learning-Based Regression. *Sensors* 2020, 20, 3642 (2020).
10. **Zadeh L. A.** Fuzzy sets. *Information & Control*, № 8, pp. 338-353 (1965).
11. **Zadeh, L.A.** The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning-1. *Information Sciences*, 8, 199-249 (1975).
12. **Mendel J., John R., Liu F.** Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol 14, № 6, pp. 808-821 (2006).
13. **Namvar H., Bamdad S.** Resilience-based efficiency measurement of process industries with type-2 fuzzy sets. *International Journal of Fuzzy Systems*, vol. 23, № 4, pp. 1122-1136 (2021).
14. **Shukla A. K., Yadav M., Kumar S., Muhuri P. K.** Veracity handling and instance reduction in big data using interval type-2 fuzzy sets. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 88, № 103315 (2020).
15. **Wang, H., Yao, J., Zhang, X.** An Area Similarity Measure for Trapezoidal Interval Type-2 Fuzzy Sets and Its Application to Service Quality Evaluation. *Int. J. Fuzzy Syst.* 23, 2252–2269 (2021).
16. **Li H., Zhang X., Li, S.** A Three-Dimensional Fuzzy Control Methodology for a Class of Distributed Parameter Systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 15(3), 470-481 (2007).
17. **Xian-Xia Zhang, Zhi-Qiang Fu, Shao-Yuan Li, Tao Zou, Bing Wang.** A Time/Space Separation Based 3D Fuzzy Modeling Approach for Nonlinear Spatially Distributed Systems. *International Journal of Automation and Computing*, vol. 15, no. 1, pp. 52-65 (2018).
18. **Моркун В.С., Кравченко О.М.** Моделювання процесу очищення виробів складної конфігурації високоенергетичним ультразвуком, – *Кривий Ріг: Вісник Криворізького національного університету*. Вип. 50. С. 62-68 (2020).
19. **Моркун В.С., Кравченко О.М.** Моделювання параметрів ультразвукового поля в процесі очищення виробів складної конфігурації, – *Кривий Ріг: Гірничий вісник*. Вип. 107. С. 3-10 (2020).
20. **Treeby В.Е., Cox T.** (2010), k-Wave: MATLAB toolbox for the simulation and reconstruction of photoacoustic wave fields, *Journal of Biomedical Optics*, Vol. 15(2), 021314 (2010).

УДК 550.34.013

Д.В. БРОВКО, д-р техн. наук, доц., Криворізький національний університет,
 А.О. РОМАНЕНКО, канд. техн. наук, маркшейдер кар'єру по нагляду за зрушенням гірничих порід, ПРАТ «ЦГЗК»,
 В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО СЕЙСМІЧНОГО ЯВИЩА В МЕЖАХ КАР'ЄРНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВІ ЗВУКОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ

Мета. Розробка способу визначення відстані до геофізичного явища з однієї віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмозонда.

Методика дослідження базується на методах математичної статистики, системному аналітичному підході щодо розробки оптимального методу визначення відстані до сейсмічного явища на основі відомих теорій.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи математичної статистики та логіки, системно-структурного та порівняльного аналізу, узагальнення, систематизації та класифікації.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у розробці алгоритму проведення досліджень з визначення відстані до сейсмічного явища, використовуючи лише один трохканалний зонд.

Практична значимість: Визначення та інтерпретація результатів замірів трохканалним зондом, в перспективі, дає можливість не тільки ідентифікувати явище, але й визначити відстань до нього, що дає змогу контролювати перерозподіл напружень в гірському масиві.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих даних можна характеризувати порушеність структури масиву та інтенсивність внутрішнього руйнування масиву у шахтних виробках, які знаходяться в межах кар'єрного поля. Завдяки сукупності відомих і нових суттєвих ознак стало можливим визначити відстань до геомеханічного явища з тільки однієї доступної віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмозонда. Це дає можливість прогнозувати всплуття пустоти або вихід воронки на поверхню.

Результати: використання відношення тривалості сигналу до амплітуди сигналу дозволяє компенсувати вплив енергії явища на залежності тривалості і амплітуди від відстані, що в свою чергу дозволяє забезпечити точність визначення відстані відповідну точності вимірювань протяжності і амплітуди при широкому діапазоні коливань

енергії явищ. Технічним результатом є можливість визначати відстані до гіпоцентрів сейсмічних подій за сигналами одного сейсмічного зонда.

Ключові слова: сейсміка, мікросейсми, зонд, визначення відстані, звукометрія

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-54-179-183

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Стаття присвячена одному з напрямків розвитку в області сейсмології, а саме – виявленню та оцінці трісків та інших явищ, які впливають на цілісність масиву гірських порід. Проблема контролю стійкості бортів є однією з пріоритетних для вирішення при розробці глибоких кар'єрів, особливо це стосується кар'єрів які ведуть відпрацювання родовища в межах шахтних полів, оскільки прогнозування виходу на поверхню воронок та спостереження за пустотами відпрацьованих шахтних горизонтів несе небезпеку як для техніки, так і для життя людей.

Мікросейсми та мікросейсмічні явища можуть характеризувати не тільки явища, які відбуваються в шахтах, але і будь-які інші явища, що відбуваються у масиві гірської породи. Явища можна розділяти за багатьма ознаками, основними з яких є: довжина мікросейсмічної хвилі, час існування (проявлення) явища, інтенсивність, періодичність та ін. Визначення відстані до явища, яке відбулося в масиві, є не менш важливе, для оцінки стану гірського масиву, як і сама природа цього явища.

В процесі видобутку руди в кар'єрі відбувається одночасно дуже багато явищ, більшість з яких носять періодичний характер: робота автомобільного транспорту, екскаваторів, бурових станків, залізничного транспорту та ін. Але найбільш інформативними для оцінки порушеності гірського масиву є мікросейсми «тріски» масиву. Кожне з цих явищ можна описати через їх сейсмічні характеристики, які, в свою чергу, будуть залежати не тільки від обладнання, яке працює саме на цьому кар'єрі, але й від гірничих порід, які складають масив [1]. Застосування акустичних систем та методів визначення відстані до явища може допомогти набагато точніше оцінити відстань до явища.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Спосіб, якому присвячена стаття, по науковому спрямуванню відноситься до геофізики і геомеханіки та може бути використаний для попередження небезпечних сейсмічних подій в масивах гірських порід та забезпечення безпечних умов розробки корисних копалин, наприклад видобування залізних руд.

У сейсмології широко поширений спосіб визначення відстані за різницею в часі приходу перших вступів первинної та вторинної сейсмічних хвиль. Сутність способу полягає в вимірюванні і реєстрації часу приходу перших вступів t_p та t_s первинної P_p та вторинної P_s сейсмічних хвиль що активовані геомеханічним явищем, наприклад розвантаженням напруження в масиві шляхом утворення тріщини і розрахунку відстані до явища по різниці часу $t_s - t_p$ та по швидкостях розповсюдження первинної V_p та вторинної V_s хвиль [4].

Спосіб задовільно працює в сейсмології на великих відстанях, в кілька сотень кілометрів. Вторинна хвиля приходить після закінчення первинної хвилі, що дозволяє чітко зареєструвати вступу t_p і t_s хвиль.

Недоліком відомого методу при застосуванні у гірничодобувній практиці є неможливість надійного визначення приходу вторинної хвилі на фоні першого періоду первинної хвилі, через невеликі, в перші сотні метрів, відстані кар'єрного або шахтного поля.

Відомий спосіб моніторингу і визначення координат небезпечного стану гірського масиву при підземних гірничих роботах, при якому в кутах і в центрі тетраедра розмішують датчики Оакустичної емісії, сигнали від датчиків акустичної емісії записують і обробляють, за результатами обробки оцінюють прогноз небезпечного стану масиву гірських порід. У цьому рішенні вимірюють різницю в часі приходу хвиль від джерела акустичного випромінювання до датчиків. За координатами датчиків і часом надходження сейсмічних сигналів до кожного з датчиків розраховують координати небезпечного стану масиву гірських порід [5-8].

Недоліком такого рішення по відношенню до залізородних шахт є необхідність установки п'яти датчиків, рознесених в просторі (горизонтально і вертикально) на відстані 100-400 м. На раніше відпрацьованих, як правило, вище розташованих і сейсмічно небезпечних горизонтах шахт як орти, так і штреки і квершлагги роздавлені гірничим тиском. У цих умовах неможливо встановити п'ять рознесених в просторі зондів. Тому контролювати можливо тільки з однієї

точки, а саме з найближчої до можливої пустоти вцілілої і доступної за вимогами безпеки області квершлягу. Зазвичай якась ділянка квершлягу від стовбура шахти залишається в задовільному стані - стовбур, як правило, розташовується за межами рудного тіла і не піддається руйнуванню. Це, в свою чергу, дає можливість використовувати для вимірювань тільки один зонд, хоча і з втратою деякої точності вимірювань.

Постановка задачі. Метою даної статті є: розробка способу визначення відстані до геофізичного явища з одної віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмозонда.

Виклад матеріалу і результати. Для досягнення поставленої мети необхідно спиратись на виконання трикоординатного вимірювання, триканальне аналогово-цифрове перетворення з реєстрацією сейсмічного сигналу явища, через який визначають час початку сейсмічного сигналу (першого вступу сигналу). Далі реєструють отримані сейсмосигнали і проводять розрахунки, візуалізують результати вимірювань та розрахунків.

Суттєвими ознаками методу є те, що:

попередньо реєструють коефіцієнти в блоці пам'яті і налаштовують алгоритм розрахунку відстані відповідно фізико-механічним властивостям порід контрольованого масиву;

виконують трикоординатне вимірювання, триканальне аналогово-цифрове перетворення і реєстрацію сейсмічного сигналу явища;

визначають час початку сейсмічного сигналу явища (першого вступу сигналу);

визначають час закінчення сигналу сейсмічного явища;

розраховують тривалість сейсмічного сигналу явища;

визначають амплітуду сигналу;

розраховують відстань до геомеханічного явища по тривалості і амплітуді сейсмічного сигналу з компенсацією впливу на ці показники енергії явища;

реєструють отримані сейсмосигнали і отримані результати розрахунків;

візуалізують результати вимірювань та розрахунків.

Новими суттєвими ознаками запропонованого методу є те, що:

попередньо реєструють коефіцієнти в блоці пам'яті і налаштовують алгоритм розрахунку відстані відповідно фізико-механічним властивостям порід контрольованого масиву;

визначають час закінчення сигналу сейсмічного явища;

розраховують тривалість сейсмічного сигналу явища;

визначають амплітуду сигналу;

розраховують відстань до геомеханічного явища по тривалості і амплітуді сейсмічного сигналу з компенсацією впливу на ці показники енергії явища.

Завдяки сукупності відомих і нових суттєвих ознак стало можливим визначати відстань до геомеханічного явища з тільки одної доступної віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмозонда.

У зв'язку з цим даний метод забезпечує визначення відстані до геомеханічного явища шляхом вимірювання тривалості сейсмічного сигналу явища і його амплітуди, компенсацію впливу на тривалість і амплітуду енергії контрольованого геомеханічного явища.

На блок-схемі (рис. 1) представлена сутність реалізації даного методу, яка включає: 1 – трикоординатний сейсмозонд, 2 – триканальний аналогово-цифровий перетворювач; 3 – блок реєстрації отриманих сейсмосигналів і результатів розрахунків; 4 – блоки реєстрації показників сигналу явища t_1 , t_2 і A ; 5 – блок налаштування коефіцієнтів k_1 і k_2 ; 6 – блок програмного опрацювання; 7 – візуалізатор і канал зв'язку. В якості блоків реєстрації отриманих сейсмосигналів, програмного опрацювання і візуалізатора результатів розрахунків може бути використаний панельний комп'ютер 8, або ноутбук зі встановленим спеціальним програмним забезпеченням.

Спосіб реалізується наступним чином.

Аналогові сигнали $X(t)$, $Y(t)$ і $Z(t)$ сейсмозонда 1 в аналогово-цифровому перетворювачі (АЦП) 2 перетворюються в дискретні сигнали $X(s)$, $Y(s)$ і $Z(s)$. Для забезпечення в усіх напрямках вимірювання однакової чутливості, використовують трикоординатний сейсмозонд 1 і триканальний АЦП 2. Частота S семплювання АЦП задають системною програмою з ноутбука. По дискретних сигналах окремих каналів $X(s)$, $Y(s)$ і $Z(s)$ в блоці реєстрації отриманих сейсмосигналів і результатів розрахунків 3, розраховують модуль вектору $M(s)$ трикоординатного сигналу

$$M(s) = \sqrt{X^2(s) + Y^2(s) + Z^2(s)}. \quad (1)$$

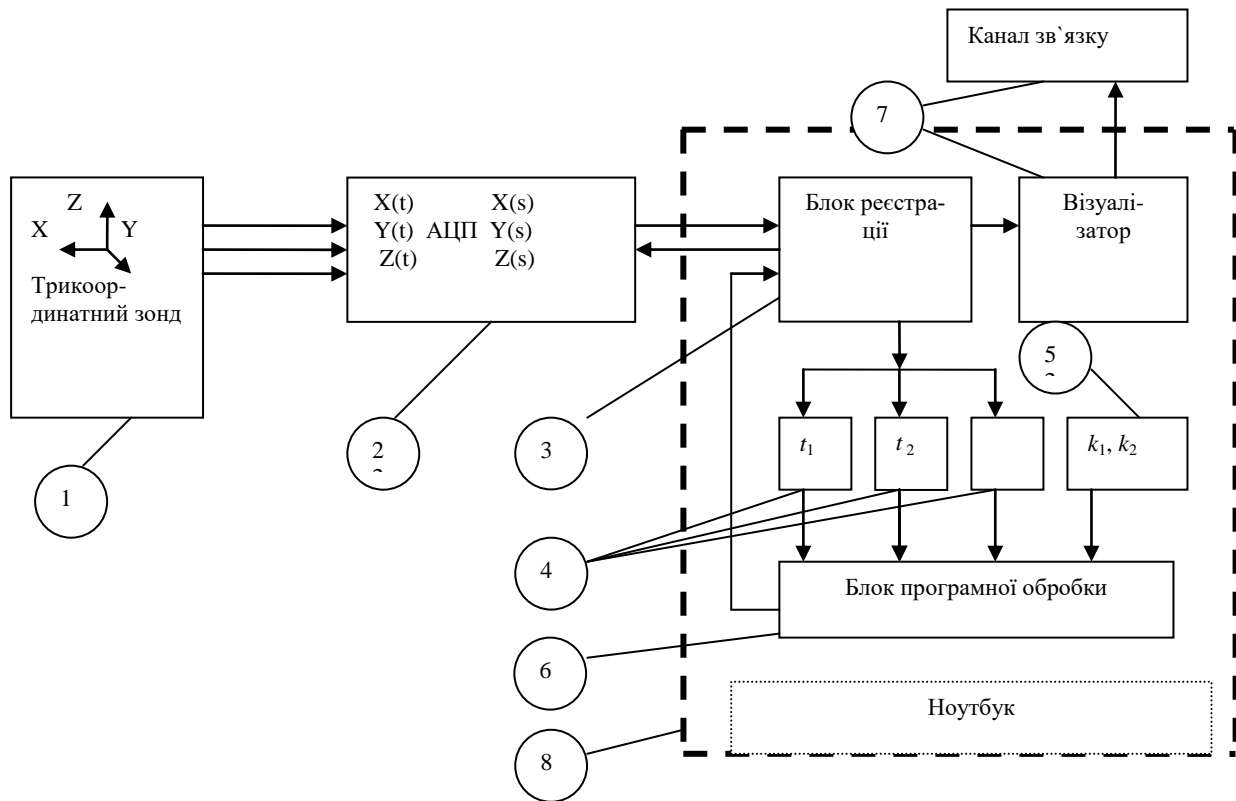


Рис. 1. Блок-схема визначення відстані до сейсмічного явища через обробку даних з трикоординатного зонду

Значення модуля вектору $M(s)$ реєструють в стековій пам'яті блоку реєстрації 3. При досягненні $M(s)$ мінімального значимого рівня $M(s) \geq M_3$, в блоці реєстрації 3 реєструють час приходу сигналу явища t_1 . При зниженні $M(s)$ менше мінімального значимого рівня $M(s) < M_3$, реєструють час закінчення сигналу явища t_2 . На проміжку часу $t_1 \div t_2$ по значеннях зі стекової пам'яті модуля вектора $M(s)$ визначають і реєструють максимальну амплітуду $A = M(s)_{\max}$. Значення t_1 , t_2 і A реєструють в блоках реєстрації показників сигналу явища 4. Заздалегідь, до початку вимірювань в блоці 5 налаштовують коефіцієнти k_1 і k_2 . Після закінчення сигналу явища t_2 в блоці програмного опрацювання 6 розраховують протяжність сейсмічного сигналу явища і відстань до явища

$$T = t_2 - t_1; \quad (2)$$

$$R = k_1 + k_2 \cdot \ln\left(\frac{T}{A}\right) = k_3 \left(1 + k_4 \ln\left(\frac{T}{A}\right)\right), \quad (3)$$

де T – протяжність сейсмічного сигналу, с; R – відстань до явища, м; A – амплітуда сигналу. В залежності (3) в якості амплітуди сигналу A розглядають максимальне значення модуля вектора на протязі сейсмічного сигналу.

Правомірність залежності (3) пояснюється наступним. Відомий зв'язок амплітуди сейсмічного сигналу A і відстані до явища R . Завдяки абсорбції амплітуди A пружної хвилі вона експоненціально зменшується з відстанню R , тобто

$$A = A_0 \cdot e^{-\alpha R}, \quad (4)$$

де A_0 - початкова амплітуда; α - коефіцієнт поглинання, $1/\text{м}$. В середньому у магматичних, метаморфічних і цементованих осадових порід $\alpha = 10^{-5} \div 10^{-3}$ ($1/\text{м}$), в пухких осадових $\alpha = 10^{-3} \div 0,5$ ($1/\text{м}$) [4].

Залежно від типу сейсмодатчиків, амплітуда може дорівнювати максимальній швидкості, м/с, або прискоренню коливальних частинок $\text{м}/\text{с}^2$, q . Після АЦП в блоках реалізації способу оперують одиницями АЦП. Амплітуда пружної хвилі також залежить від кінетичної енергії, яку джерело хвилі повідомляє середовищу [9] Початкова амплітуда в більшій мірі визначається

енергією явища $A_0 = k_5 \cdot E_y$. Таким чином амплітуда сигналу A є функцією як відстані R , так і енергії явища в гіпоцентрі E_y

$$A = k_5 \cdot E_y \cdot e^{-\alpha R}. \quad (5)$$

Залежність амплітуди сигналу A і від енергії явища E_y , не дає можливості визначати відстань R тільки по амплітуді сигналу A .

Відомий також зв'язок протяжності сейсмічного сигналу T , енергії явища і відстані до явища R

$$T = k_6 \cdot E_z \cdot e^{DR}. \quad (6)$$

Залежність (6) пояснюється наступним. Геомеханічне явище розгрузки утворенням тріщини відповідає імпульсній функції з широким рівномірним спектром частот. Завдяки розподіленим резонансним властивостям в пружному масиві, зокрема добротності D , таке явище визиває коливальний процес і поширення сейсмічних хвиль від гіпоцентру з відповідною частотою. В масиві гірських порід, коефіцієнт поглинання α залежить від частоти сигналу: він збільшується зі збільшенням частоти, приблизно по лінійній залежності. На відміну від абсолютно еластичних тіл в реальних середовищах, хвилі з різною частотою поглинаються в тій чи іншій мірі і швидкість їх поширення не залишається постійною. Це явище називається швидкістю дисперсії частоти. В результаті дисперсії швидкості і залежності коефіцієнта поглинання від частоти в процесі поширення хвиль їх форма дещо змінюється. Найвищу абсорбцію відчувають більш високочастотні компоненти спектра. Ці компоненти поширюються в поглинаючому середовищі з дещо вищою швидкістю, ніж низькочастотні. В результаті відбувається розтягування профілю (збільшення протяжності сигналу) і графіка хвильових коливань. В міру поширення сейсмічного сигналу і його видимі періоди збільшуються з плином часу [10, 11].

Система рівнянь (5) і (6) дозволяє скоротити неконтролюємий параметр: енергію явища E_y і отримати залежність радіуса від двох контролюємих перемінних A і T

$$\begin{cases} e^{\alpha R} = \frac{A \cdot E_y}{k_5} \\ e^{DR} = \frac{T \cdot E_y}{k_6} \end{cases}; \quad (7)$$

$$\begin{cases} \alpha R = \frac{1}{\ln(A/(k_5 \cdot E_y))} = -\ln A + \ln k_5 + \ln E_y \\ DR = \ln\left(\frac{T}{k_6 \cdot E_y}\right) = \ln(T) - \ln k_6 - \ln E_y \end{cases}; \quad (8)$$

$$\begin{cases} \ln E_y = \alpha R + \ln A - \ln k_5 \\ \ln E_y = -DR + \ln T - \ln k_6 \end{cases}; \quad (9)$$

$$(\alpha + D) \cdot R = -\ln A + \ln k_5 + \ln(T) - \ln k_6; \quad (10)$$

$$R = (\ln \frac{k_5}{k_6}) / (\alpha + D) + (\ln \frac{T}{A}) / (\alpha + D). \quad (11)$$

Прийнявши $\ln \frac{k_5}{k_6} / (\alpha + D) = k_1$ і $\frac{1}{\alpha + D} = k_2$, отримуємо залежність (3).

Таким чином, у даному методі розраховується відстань до явища по тривалості і амплітуді сейсмічного сигналу, при цьому вплив енергії явища на ці показники компенсується використанням логарифму відношення тривалості сигналу до амплітуди та вибором відповідних коефіцієнтів.

Коефіцієнти k_1 і k_2 пов'язані з коефіцієнтом поглинання та добротності резонансних властивостей порід контрольованого масиву. В пам'яті ноутбука зберігаються коефіцієнти k_1 і k_2 для порід Криворізького залізрудного басейну у загальному випадку і, при проведенні досліджень на окремо узятому кар'єрі, то ці коефіцієнти визначаються більш регіонально. Налаштування коефіцієнтів k_1 і k_2 виконується програмно перед початком моніторингу сейсмічної активності масиву, спираючись на особливості місця спостереження.

Розраховану відстань до явища реєструють в блоці 3 в паспорті явища масиву паспортів. Значення величин і запис кожного окремого паспорта реєструється в такій послідовності: Дата,

t_1, t_2, k_1, k_2, T, A і R . Назва явища і паспорт явища складається з дати і t_1 . За запитом оператора або диспетчера в канал зв'язку чи візуалізатора 7 надсилається масив паспортів зареєстрованих явищ, або паспорт окремого явища, або масив запису $X(t), Y(t)$ і $Z(t)$ (по Дата і t_1).

Далі на основі комплексного аналізу явищ можна оцінити швидкість руйнування масиву та відстежувати перерозподіл сил напружень у гірському масиві.

Висновок та напрям подальших досліджень. Контроль (визначення) відстані до близько розташованих геомеханічних явищ по сейсмічному сигналу як мінімум одного сейсмомонітора. При цьому відстань розраховується по функції відношення тривалості сигналу до амплітуди сигналу. Використання відношення тривалості сигналу до амплітуди сигналу дозволяє компенсувати вплив енергії явища на залежності тривалості і амплітуди від відстані, що в свою чергу дозволяє забезпечити точність визначення відстані відповідну точності вимірювань протяжності і амплітуди при широкому діапазоні коливань енергії явищ. Технічним результатом є можливість визначати відстані до гіпоцентрів сейсмічних подій за сигналами одного сейсмічного монітора.

Список літератури

1. **Череповский А.В.** Сейсморазведка. ООО «ЕАГЕ Геомодель», 2016, 230с.
2. **Захаров В.С., Смирнов В.Б.** Физика Земли. Инфра-М, Москва, 2016 г., 328 стр.
3. **Воскресенский Ю.Н.** Полевая геофизика. М., Недра, 2010. 480 с.
4. **Кравец В.Г.** Оценка критериев сейсмоопасности при взрывных работах и горных ударах/В.Г.Кравец// Труды междунар. конф. «IX Школа геомеханики 2009», Польша, Гливице: 2009.-С.113-137.
5. **Здешиц В.М.** Измерение векторной скорости сейсмических колебаний с помощью запоминающего цифрового осциллографа TDS-2014 / В.М. Здешиц // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, 2007. – Вип. 16. – С.191–196.
6. **Бойко В.В.** О критериях сейсмической опасности промышленных взрывов / В.В. Бойко, А.А. Кузьменко, Т.В. Хлевнюк // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. – 2005 – № 12. – С. 45–52.
7. **Бойко В.В.** Проблемы сейсмической безопасности взрывной промышленности Украины / В.В. Бойко // – К.: ТОВ «Видавництво Сталь» – 2012. – 235с.
8. **Basco M., Simm R., Redshaw T.** 3-D Seismic Interpretation, Cambridge University Press, 2003 г., 206с.
9. Геофизические методы исследования земной коры. Книга 1. Международный университет природы, общества и человека "Дубна", Дубна, 1999 г., 203 стр.
10. **Панков А. А., Дудкин В.А.** Помехоустойчивый алгоритм обнаружения техники по сейсмическим сигналам: труды Международной научной конференции "Проблемы автоматизации и управления в технических системах" (г. Пенза 20 -23 октября 2009). – Пенза: Изда-во ПГУ, 2009. — 450 С. 381 —383.
11. **Гурвич И. И., Боганик Г. Н.** Сейсмическая разведка: учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. — Москва: Недра, 1980. — 551 с.

УДК 528.482.4+681.518

О. С. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., А.В. ПЕРЕМЕТЧИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

В.О. КАТУШКОВ, д-р техн. наук, проф., О.П. ИСАЕВ, канд. техн. наук, доц.

Київський національний університет будівництва і архітектури

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ SINERGYMAP І ЗЕМПРО (SPLITERW)

Мета. У зв'язку з появленням новітніх правил стосовно забезпечення потрібними даними органів державної влади та органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій, а також громадян із ціллю регулювання земельних та інших взаємовідносин постанала мета порівняти можливості, зручність, простоту функціоналу двох різних ГІС, зокрема ЗЕМПРО (Spliterw) та SinergyMap під час опрацювання матеріалів для виконання ідентичної роботи.

Методи. Сформульовані мета та задачі дослідження зумовили застосування загальнонаукових підходів, логічних правил побудови висновків, спеціальних методів пізнання. Інформаційним підґрунтям проведення роботи слугували збірники наукових праць, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси, нормативні документи.

Наукова новизна. Означено відбір результативних методів практики організації опрацювання матеріалів для виконання ідентичної роботи із застосуванням ГІС ЗЕМПРО (Spliterw) та SinergyMap.

Практична значимість. Цільове спрямування виділяється практичною значимістю даного дослідження для

потреб професіоналів для землевпорядників, геодезичної галузі та для фахівців інших напрямів, що займаються організацією ефективної роботи щодо методів та способів збирання просторових даних, які можуть забезпечити оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації з заданою точністю і необхідним обсягом інформації як для потреб країни, так і зацікавлених користувачів.

Результати. Встановлено, що ГІС SynergyMap має всі потрібні засоби для використання у різноманітних областях, і набула щонайбільшого розповсюдження у землеустрої, архітектурі, сільському, лісовому і водному господарствах, земельному кадастрі тощо. Подібне об'єднання вдосконалює структуру показників, додає ефективність їх аналізу та опрацювання, а віддзеркалення цих даних у звичайному для людського розуміння візуальному вигляді добре облегує та модернізує механізм прийняття адміністративних рішень. Існуючі сьогодні ГІС, як платні, так і з відкритим кодом, дозволяють виконувати практично будь-які камеральні роботи для кадастру та землеустрою. Головне розуміти користувачу зміст поставленого завдання і враховувати корпоративні стандарти на інформаційні системи в організаціях, які беруть участь у таких спільних роботах, або для яких ці роботи виконуються.

Ключові слова: геоінформаційна система, ЗЕМПРО (Spliterw), SinergyMap, опрацювання матеріалів, автоматизація, функціональні можливості

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-54-183-190

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Найсучаснішим видом інформаційних систем, які використовуються фахівцями різних галузей є географічні інформаційні системи (ГІС). Геоінформаційні системи оптимізують процес розшифровки даних космічних та аерофотознімків, використовуючи вже створені плани місцевості, схеми, креслення. ГІС істотно заощаджують тимчасові ресурси, автоматизуючи процес роботи з картами, є можливість створення тривимірних моделей місцевості.

Зокрема, використання сучасних інформаційних технологій дозволяє дослідникам і професіоналам реагувати на швидкий їх розвиток і обирати найбільш ефективні та економічно доцільні.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженнями цієї проблеми в різні часи займалися такі дослідники: Бугаєвський Л., Горковчук Д., Демерс М., Єрмолаєва М., Іванніков А., Капралов Е., Лур'є І., Максимова Ю., Серапінас Б., Сьомін В., Тикунов В., Цветков В., Шафієва Е. та інші [2–5, 7, 16, 17]. Питання впровадження найновітніших геоінформаційних технологій висвітлюються в роботах Ю. Карпінського [8–12], А. Ляценка [8, 9, 11–13], І Тревого [15] та інших науковців.

Постановка задачі. Порівняти можливості, зручність, простоту функціоналу двох різних ГІС, зокрема ЗЕМПРО (Spliterw) та SinergyMap під час опрацювання матеріалів для виконання ідентичної роботи.

Викладення матеріалу та результати. Складові геоінформаційних систем це, перш за все, апаратні засоби та програмне забезпечення.

Програмні забезпечення ГІС Sinergy Map та Sinergy Work містять функції й інструменти, які необхідні для збереження, аналізу та візуалізації географічної (просторової) інформації [1]. Дані можуть бути представлені у вигляді готових карт із необхідними тематичними шарами або у вигляді знімків космічного знімання й аерофотознімання тощо.

До основних операцій, що здійснюють ГІС треба віднести: введення даних, автоматизований процес створення цифрових карт, що кардинально скорочує терміни технологічного циклу; керування даними; збереження просторових й атрибутивних даних для їхнього подальшого аналізу й обробки; виконання запитів і аналізу даних.

Геоінформаційні системи виконують запити про властивості об'єктів, розташованих на карті, і автоматизують процес складного аналізу, зіставляючи безліч параметрів для одержання зведень або прогнозування явищ, тобто є можливість візуалізації даних.

Точне подання даних впливає на якість і швидкість їхнього аналізу. Просторові дані в геоінформаційних системах представляються у вигляді інтерактивних карт. Звіти про стан об'єктів будуються у вигляді графіків, діаграм, тривимірних зображень тощо.

Метою створення та запровадження Автоматизованої системи державного земельного кадастру (АС ДЗК) України є первинний облік та реєстрація земельних ділянок, об'єктів нерухомості та прав на них, ведення Державного реєстру земель [6, 14].

Запровадження АС ДЗК надає можливість: заповнювати вивіреними даними реєстри, земельних ділянок; землекористувачів і землевласників; реєструвати та видавати правовстановлюючі документи; оновлювати базу даних та редагувати її на підставі актуальних даних індексних

карт; відновлювати базу даних растрової чи векторної підоснов. Використання системи АС ДЗК дає змогу швидко та оперативно приймати управлінські та адміністративні рішення, оперативно здійснювати управління земельними ресурсами, аналізувати інформацію по ринку землі, оподаткуванню, реєстрацію прав власників, реєстрацію та коригування земельних ділянок.

Програмне забезпечення ГІС SinergyMap призначене для картографування, складання звітів, просторового аналізу і управління даними [1]. Панель управління даної програми забезпечує графічну побудову земельної ділянки по геодезичним даним, а саме координатам, кутам, довжинам ліній (рис. 1).

Рис. 1. Загальний вигляд головного меню програмного забезпечення SinergyMap

Верхня панель управління складається з вкладок: Головна; Побудова; Початкові шари; ГІС аналіз; Кадастр; Обмеження; Топографія.

У кожній вкладці існує панель інструментів для вирішення задач. Так, наприклад, вкладка «Головна» (рис. 2) забезпечує відкриття проектів, робочих наборів тощо, зберігає дану інформацію, роздруковує, дозволяє показувати нові та поточні шари роботи.

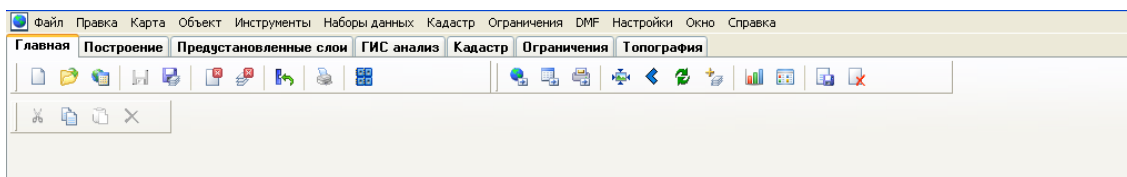
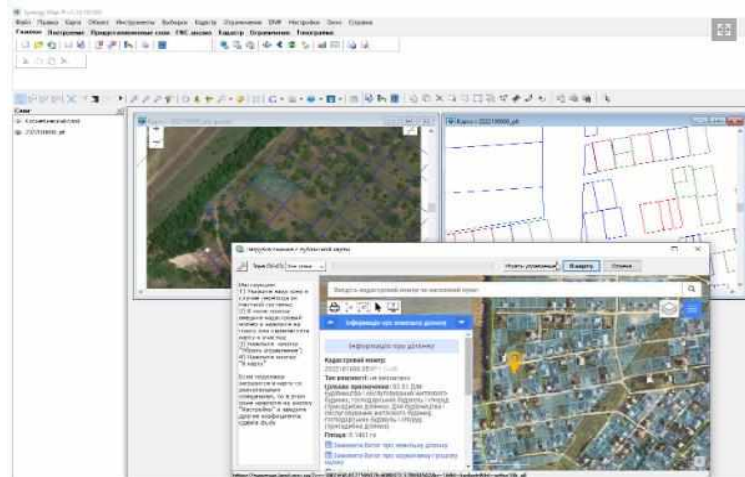


Рис. 2. Вкладка «Головна»

Вкладка «Побудова» (рис. 3) забезпечує створення та корегування земельної ділянки за допомогою геодезичних способів зйомки та побудови.

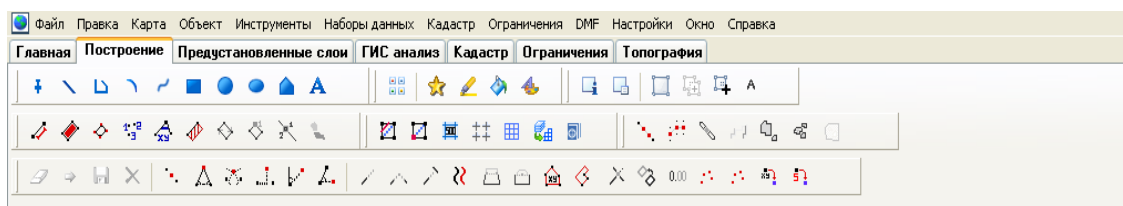


Рис. 3. Вкладка «Побудова» та її інструменти

При використанні інструментів побудови нової точки існує така схема: нова точка розміщується у тимчасовий шар, при необхідності її треба зберегти (тому що при переході на іншу панель інструменту вона видалиться), при випадковому видаленні точки можна використати команду «Повторити». Потім створюємо дві точки по координатам, від яких будемо третю точку кутовою або лінійною засічкою, аналогічно будуються всі точки земельної ділянки. Якщо знімання було проведено полярним способом, то при побудові наносяться по координатам пункти ходу і від кожного пункту відкладаються кути та відстані. Для кожного виду зйомки існує свій шар, якщо треба повернутися на попередній спосіб побудови, то треба шар зробити редагованим.

При використанні панелі інструментів «Продовження лінії» необхідно виділити лінію, зробити шар таким, що підлягає редагуванню, і обраним інструментом задати відстань, на яку продовжується лінія. Існує можливість створення об'єкта вручну за координатами. Для цього способу необхідно обрати панель інструментів «Багатокутник» або «Побудова за координатами».

ми» і ввести вручну координати точок або здійснити імпорт із текстових файлів координати.

На рис. 4 проілюстровано застосування панелі інструмента «Перерахунок координат». Для цієї дії вибирають об'єкт, змінюють властивість шару на «редагований», обирають дію перерахунку на відстань чи на кут.

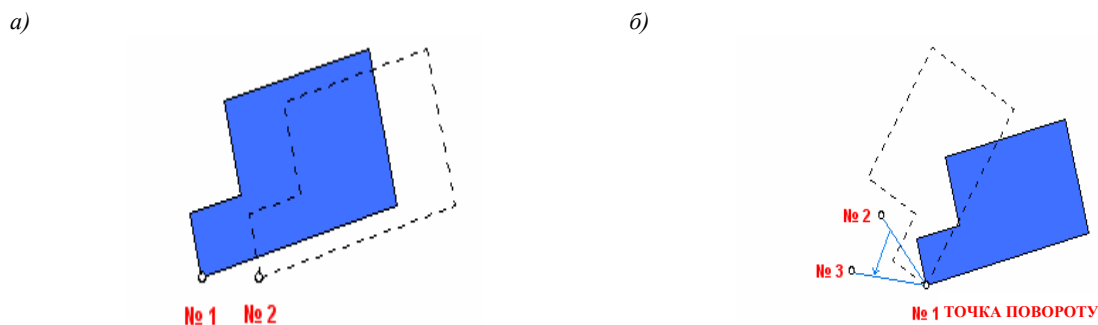


Рис. 4. Перерахунок координат: а) по відстані, б) по куту

На вкладці «Початкові шари» (рис. 5) можна побачити всі шари для побудови, зокрема космоснімок, аерофотознімок, карту міста та району та шари попередніх побудов, а також планшети, які підв'язані за координатами з точністю космоснімку до $\pm 1-3$ м на місцевості, аерофотознімок із точністю до ± 1 м, карти в М 1:25000, 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 із точністю до $\pm 0.5-1$ м на місцевості.

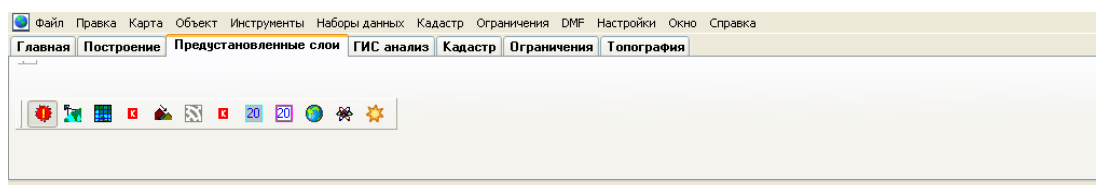


Рис. 5. Вкладка «Початкові шари» із можливими інструментами

За допомогою панелі інструментів вкладки ГІС «Аналіз» (рис. 6) можна перевірити полігони, інспектувати наявність накладання полігонів, пустот між ділянками, які розділені на шари. При цьому, існує можливість створення текстових та точкових об'єктів. При проектуванні багатьох ділянок утворюється загальний шар із декількох ділянок, це може бути квартал в населеному пункті або сільськогосподарські угіддя із загальними масивами.

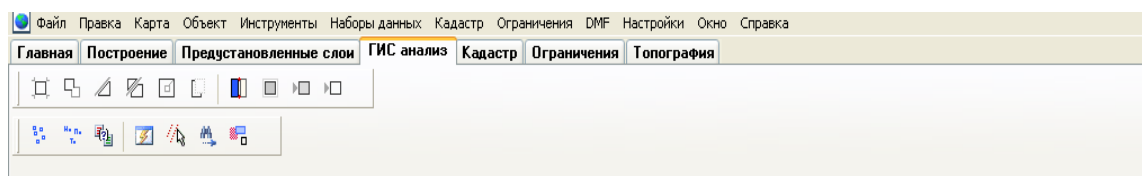


Рис. 6. Інструменти вкладки ГІС «Аналіз»

Інструментарій вкладки «Кадастр» (рис. 7) дозволяє створювати кадастровий план земельної ділянки згідно вимог землеустрою, вводити всю інформацію про ділянку (сусіди, угіддя, площа, довжини сторін, номери вузлів).

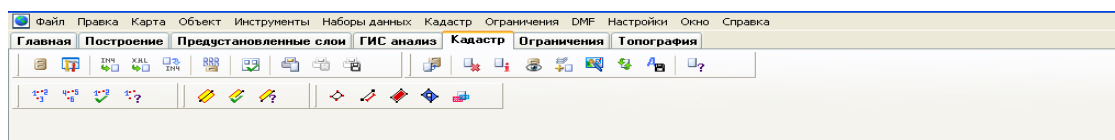


Рис. 7. Вкладка «Кадастр»

Відбудована земельна ділянка оформлюється шляхом використання вкладки «Обмеження» згідно Земельного Кодексу України [6], ст. 98 Сервітути, ст.111 про обмеження та обтяження. Також вона дозволяє завести у базу даних всі наявні відомості про земельну ділянку (рис. 8).

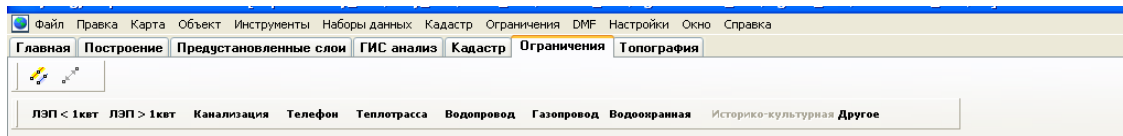


Рис. 8. Вкладка «Обмеження» із обраною позицією «Обмеження»

Оформлення відбудованої земельної ділянки топографічними знаками на плані здійснюється із використанням можливостей вкладки «Топографія».

Програмне забезпечення «SynergyWork» призначено для формування технічної документації по землепорядним роботам на основі семантичних даних і метричної інформації, створеної в програмному середовищі SynergyMap.

Інтерфейс програми зображений на рис. 9 і включає в себе головне меню програми, панель з вибраними командами, поле вибору виду робіт і список проектів. Ця потужна земельно-кадастрова система містить в собі базу даних земельних ділянок та їх межі на карті (доступні інструменти повноцінної ГІС).

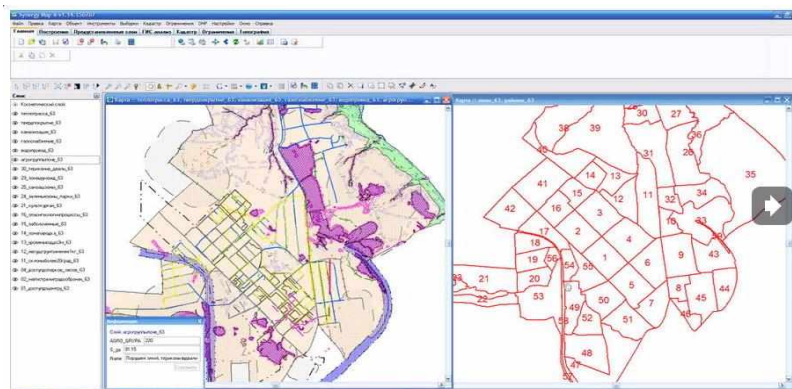


Рис. 9. Загальний вигляд програмного забезпечення «SynergyWork»

Користувач отримує наочну і актуальну інформацію про землі, землекористувачів, права власності, орендарів, накладки, схеми розміщення. Система також обробляє запити користувача і дозволяє роздрукувати картку ділянки і схеми розташування. База даних формується / актуалізується в напівавтоматичному режимі. Може використовуватися як геоінформаційна система для ОТГ/сільради/міста.

Для заповнення поземельної книги доцільно використовувати створення і редагування проекту (семантичних даних). У цьому блоці вноситься інформація про землевласника (землекористувача), та його земельної ділянки. Загальний вигляд цього вікна відображений на рис. 10.

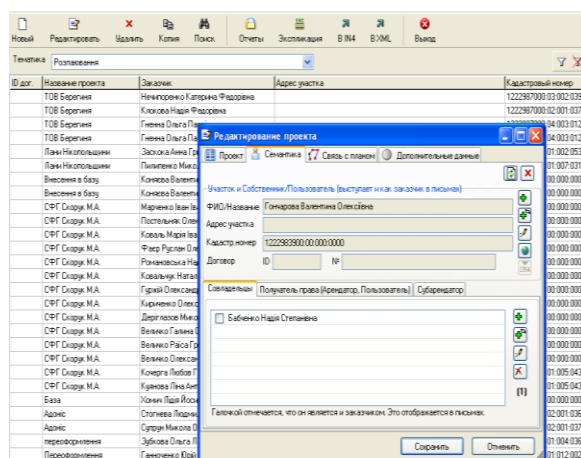


Рис. 10. Загальний вигляд вікна семантичних даних

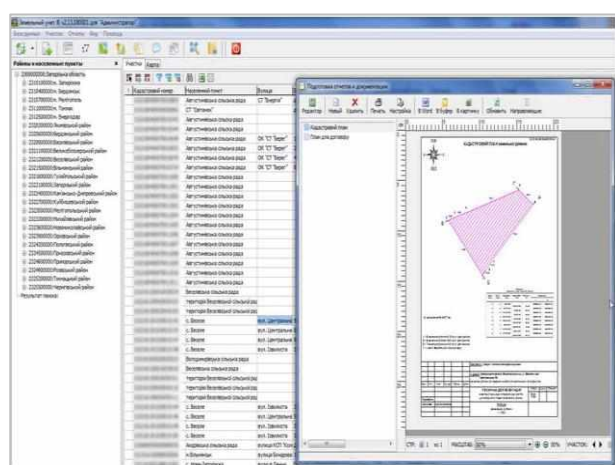


Рис. 11. Вкладка «Зв'язок із планом»

Вкладка «Семантика» дозволяє вводити всю інформацію про фізичну або юридичну особу (прописка, адреса, співвласники, інформація про умови надання земельної ділянки тощо). За допомогою робочого набору вкладки «Зв'язок із планом» (рис. 11) із програмного забезпечення SinergyMar встановлюється зв'язок із планом (графічною частиною ділянки, де вказані суміжники, площа, угіддя тощо). Також є опція для друку технічної документації із землеустрою. Для переходу на друк документів, треба виділити проект і натиснути кнопку «Звіти». Список окремих доступних команд представлено на рис. 12.

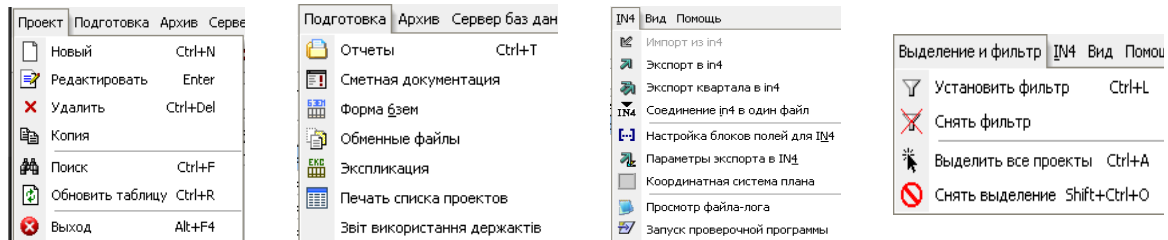


Рис. 12. Команды програмного забезпечення

На теперішній час вся інформація про ділянку та власника (користувача) переноситься і зберігається в форматі XML файлу із внесенням в АС ДЗК (рис. 13).

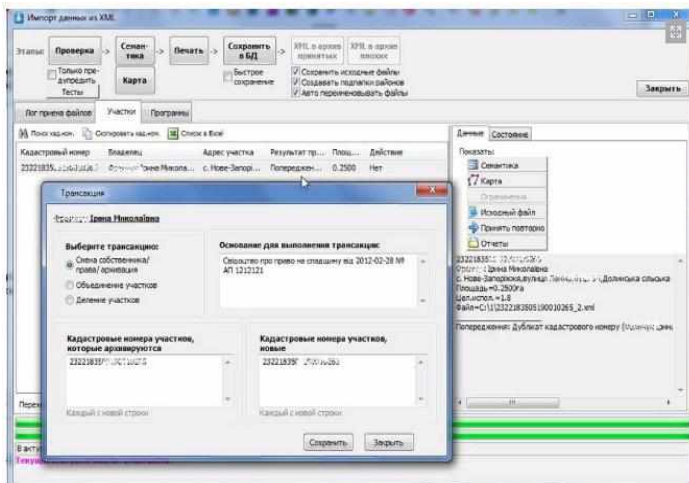


Рис. 13. Загальний вигляд вікна для імпорту XML файлу

Дана програма також забезпечує підготовку форм-6 зем «Експлікація земельних угідь». Форма формується в Microsoft Excel, для цього треба виділити проект натиснути на кнопку «Підготовка» - «Форма 6-зем», вказати файл, дочекатись поки документ сформується.

Програмне забезпечення «ЗЕМ-ПРО Spliterw» відрізняється від «SinergyMar». Принцип побудови графіку аналогічний, але не можливо семантичні та графічні дані перевести в

XML файл та передати до АС ДЗК (рис. 14).

Як зазначено у керівництві до програмного комплексу «ЗЕМПРО» системні вимоги наступні: мінімальна конфігурація програмно-технічних засобів для нормального функціонування: Pentium 133, RAM – 32 Mb; Windows –95, 98, 2000, NT; обсяг вільного місця на диску для установки ПК (програмний комплекс) повинен бути не менше 3 Mb. Ніякого додаткового програмного забезпечення для роботи ПК не потрібно. ПК «ЗЕМПРО» призначений для введення, зберігання в систематизованому вигляді, редагування і виведення на друк земельно-кадастрової, топографо-геодезичної та землепорядної інформації. ПК «ЗЕМПРО» має такі функції: введення картографічної, текстової та супровідної інформації; підготовку даних для виведення на друк; відображення інформації в необхідному масштабі (з елементами автоматичної генералізації плану); пошарове виведення інформації, в т. ч. на друк; редагування контурів на ділянці заданої площі або вартості відповідно до даних грошової оцінки якості земель; формування, редагування та друк пакету документів на землекористування (землеволодіння); різні розрахунки, формування експлікацій, перевірки коректності топології контурів і отримання довідки по будь-яких контурах.

ПК «ЗЕМПРО» зберігає інформацію, що вводиться в файлову базу даних оригінальної структури, по кожному об'єкту зберігається в окремій папці. База даних не є мережевою, тобто коректна робота декількох користувачів над одним і тим же об'єктом неможлива. У програмі поки не передбачено блокування бази даних від повторного використання вже відкритої БД

(бази даних). В іншому випадку буде збережена інформація того користувача, який виконав операцію запису останнім.

Семантичні дані, що внесені в програму, можливо перевести тільки в формат обмінного файлу у форматі in4 (рис. 15).

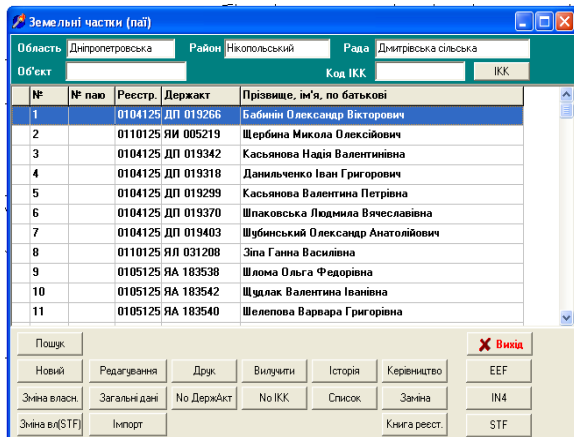


Рис.14. Загальний вигляд набору семантики в «ЗЕМПРО»

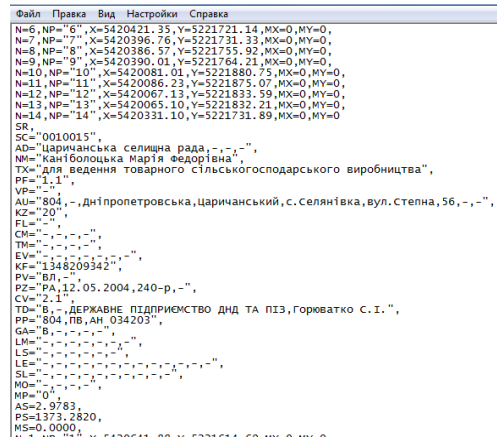


Рис. 15. Загальний вигляд обмінного файлу in4

На нашу думку, будуть цікавими і вартісні затрати для використання в практиці ГІС Siner-gyMap, які показано у таблиці нижче.

Таблиця

Вартість програми Siner-gyMap [1]

Назва	Версія локальна	Комплекс ExpressXML
Вартість клієнтських ліцензій, грн.	2 000	2 500
Ліцензування модуля Google, грн.	500	500
Ліцензування модуля «Пошук за кадастровим номером на Публічній карт», грн.	500	500
Демо версія	+	+

Отже для сучасного формування земельпорядних документів та електронного файлу XML формату, програма Siner-gyMap забезпечує раціональне використання та формування електронного вигляду даних, як того вимагають чинні нормативні документи [6, 14]. Теперішні технології швидко розвиваються, розроблено багато програмних забезпечень для кожного виду робіт в земельпорядкуванні, кадастрі, геодезії та інших суміжних галузях. Слід визнати наступне: ГІС ЗЕМПРО (Spliterw) застаріла для використання в земельпорядних роботах, так як обмінний файл має не всі дані, зокрема не створюється XML формат обмінного файлу.

ГІС Synergy Map допускає влаштувати централізоване керівництво картографічними відомостями на основі створення виділених віддалених серверів на базі Microsoft SQL Server + Spatial Ware і Oracle 8i. Ще забезпечує сприяння Web Map Service (WMS), який сьогодні широко використовується для карт і даних ГІС, що одержуються із застосуванням Інтернету і завантажуються на боці клієнта.

Висновки та напрямки подальших досліджень. ГІС SynergyMap має всі потрібні засоби для використання у багатоманітних областях. Щонайбільшого розповсюдження набула у землеустрої, архітектурі, сільському, лісовому і водному господарствах, земельному кадастрі, територіальних органах Держкомзему, муніципальних господарствах, транспорті, зв'язку, енергетиці та інших галузях. Дана геоінформаційна система дозволяє інтегрувати в єдиному інформаційному колі електронні просторово-орієнтовані зображення (плани, карти, схеми тощо) і БД. Подібне об'єднання вдосконалює структурування показників, додає ефективність їх аналізу та опрацювання, а віддзеркалення цих даних у звичайному для людського розуміння візуальному вигляді добре облегшує та модернізує механізм прийняття адміністративних рішень.

Існуючі сьогодні геоінформаційні системи, як платні, так і з відкритим кодом, дозволяють виконувати практично будь-які камеральні роботи для кадастру та землеустрою. Головне розуміти користувачу ГІС (наприклад, земельпоряднику) зміст поставленого завдання, і прийняття

ним самостійного рішення щодо вибору методу та програмного забезпечення для виконання роботи.

Звичайно, доводиться враховувати корпоративні стандарти на інформаційні системи в організаціях, які беруть участь у таких спільних роботах, або для яких ці роботи виконуються.

Список літератури

1. Synergymap [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stargis.com.ua/synergymap.html> (дата звернення 13.05.2022).
2. **Бугаевский, Л. М.** Геоинформационные системы: учебн. пособие для вузов / **Л. М. Бугаевский, В. Я. Цветков.** – М., 2000. – 222 с.
3. Геоинформатика / **А. Д. Иванников** [и др.]. – М.: «МАКС Пресс», 2001. – 349 с.
4. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / **Е. Г. Капралов** [и др.]; под ред. **В. С. Тикунова.** – М.: Издат. центр «Академия», 2005. – 480 с.
5. **Демерс, Майкл Н.** Географические Информационные Системы. Основы / **Майкл Н. Демерс**; пер. с англ. – М.: «Дата+», 1999. – 478 с.
6. Земельний кодекс України [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – 2001. – Режим доступу: <https://goo.gl/jnT3A2>.
7. Геоинформатика / **Капралов Е.** [и др.]; под ред. **В. С. Тикунова.** – М.: Academia, 2010. – 510 с.
8. **Карпінський Ю.О.** Еталонна модель бази топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р.В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 2. – С. 28–36.
9. **Карпінський Ю.О.** Концептуальні засади оцінювання та забезпечення якості геопросторових даних / **Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, М.В. Горковчук** // Вісник геодезії та картографії. – 2012. – № 4. – С. 33–42
10. **Карпінський Ю.О.** Системотехнічні аспекти формування топологічного земельно-кадастрового покриття // Вісник геодезії та картографії / **Ю.О. Карпінський.** – 2015. – № 5–6. – С. 62–68.
11. **Карпінський Ю.О.** Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / **Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Окада Ясуюкі** // Інженерна геодезія. – 2016. – Вип. 63. – С. 110–121.
12. **Карпінський Ю.О.** Уніфікація структури, правил кодування та цифрового опису векторних моделей у базах топографічних даних / **Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець** // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 5. – С. 35–41.
13. **Лященко А. А.** Принципи цифрового подання та організації зберігання містобудівної документації в геоінформаційній системі містобудівного кадастр / **А. А. Лященко, Д. В. Горковчук, Ю. С. Максимова, М.М. Шматько** // Вісник геодезії та картографії. – 2015. – № 4. – С. 31–37.
14. Постанова КМ «Про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру» [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – 2015. – Режим доступу: <https://goo.gl/r6XdTk>.
15. **Тревого І.** Стан і перспективи використання кадастрової карти України / **І. Тревого, Ю. Карпінський** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2013. – Вип. 2. – С. 137.
16. **Шафиева, Э.Т.** Использование ГИС-технологий в землеустройстве / **Э.Т. Шафиева, М.Х. Ермолаева.** – Текст: электронный // NovaInfo, 2018. – № 93. – С. 18–22. – URL: <https://novainfo.ru/article/15899> (дата обращения: 13.05.2022).
17. **Шипулин В.Д.** Основные принципы геоинформационных систем: учебн. пособие / **В. Д. Шипулин**; Харьк. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харьков: ХНАГХ, 2010. – 337 с

УДК 332.54

Л.М. ПЕРОВИЧ, д-р техн. наук, проф., Чорноморський національний університет ім. Петра Могили,
І.Л. ПЕРОВИЧ, д-р техн. наук, проф., Західноукраїнський національний університет,
В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., **А.Ю. ПАЛАМАР**, канд. техн. наук,
Криворізький національний університет

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕРИТОРІЙ

Мета. Оцінка якості окремих частин земної поверхні (територій) завжди викликає певний науковий і практичний інтерес і є базисом життєдіяльності людей. Звідси, дослідження процесів і розробка методик оцінки якості територій завжди залишаються важливою проблемою і, особливо, коли настає процес функціонального зонування території України. Метою даної публікації є розробка методичного підходу, здатного уніфікувати процедуру оцінки територій різного функціонального призначення.

Методика дослідження базується на методах математичної статистики, системному аналітичному підході щодо вибору індикаторів впливу на індекс цінності територій.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи математичної статистики та логіки, системно-структурного та порівняльного аналізу, узагальнення, систематизації та класифікації, методика кадастрових знімальних робіт.

Наукова новизна одержаних результатів. полягає у розробці універсального алгоритму оцінки територій на основі визначення індексу її якості та можливості використання його для встановлення вартості територій у грошовому еквіваленті. В процесі функціонального зонування території особливо актуальною проблемою постає оцінка якості території, і зокрема, земельних ресурсів для задоволення функціональних вимог.

Практична значимість: результати досліджень, запропонований методичний підхід до оцінки якості територій можуть ефективно використовуватись органами державної влади і місцевого самоврядування при розробці проектів функціонального зонування території, а також при встановленні нормативів грошової ціни територій певного функціонального призначення.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, щоб застосовувати результати дослідження в державних або приватних організаціях при розробленні проектів землеустрою щодо відведення земельних ділянок різної категорії, кадастровому зонуванні та при оцінці будь-якої категорії земель.

Результати: методика та алгоритм визначення індексів цінності територій різного функціонального використання. Запропонований методичний підхід є універсальним, що дозволяє використовувати його для територій різного функціонального призначення, в тому числі різних категорій земель, що значно спрощує процедуру оцінки.

Ключові слова: індекс якості, індикатор, територія, функціональне зонування, оцінка території, індекс цінності території.

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-54-190-195

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Проблеми територіального планування знаходять широке висвітлення в науковій і практичній площині. Зокрема, теоретико-методологічні засади планування земельних ресурсів розроблені в монографії Дорош О.С. [5]. При цьому, в ряді наукових праць розглядаються питання територіального планування на державному [11], а також регіонального та районного рівнях [15]. Реалізації розробок територіального планування закріплена на законодавчому рівні [6]. Вдосконалення Генеральної схеми планування території та структурні зміни у використанні земель досліджувались Палехою Ю.М. [12]. Для забезпечення сталого розвитку об'єднаних територіальних громад, в державі розробляють нові нормативні та законодавчі акти, метою яких є ефективне використання в її межах природних, матеріальних, трудових та інших ресурсів. В цьому процесі, особливу роль відіграють земельні ресурси, як один з базових чинників формування стратегії розвитку громад. У зв'язку з цим, Верховною Радою України прийнято закон [10], яким передбачено введення в дію нового виду документації із землеустрою і містобудування, а власне, Комплексного плану просторового розвитку територій (КППР). Даний вид документації введено в дію з липня місяця 2021 року, де паралельно з кадастровим зонуванням передбачено функціональне зонування територій. Концепція інтегрованого просторового розвитку територій передбачає створення функціональних зон, в якій визначають комплекс основних видів цільового використання земель та обмежень щодо їх використання. При цьому межі функціональних зон територій територіальних громад повинні враховувати вимоги до забудови та організації території. Відповідно до наведеного вище закону введені зміни в законодавчі акти щодо державного контролю за використанням і охороною земель [8], про регулювання містобудівної діяльності [7, 9] та про землеустрій [11, 14].

В процесі функціонального зонування території особливо актуальною проблемою постає оцінка якості території, і зокрема, земельних ресурсів для задоволення функціональних вимог. Ще більшої ваги ця проблема набуває в ринкових умовах, коли вартість земельних ресурсів в однакових функціональних зонах може бути різною. В такому аспекті, слід було б визначати якісну оцінку території з усіма її природними, соціальними, еколого-економічними, техногенними та іншими компонентами, які мають домінуючий вплив на її функціональний розвиток [13]. В повній мірі це стосується якісної оцінки земельних ресурсів, як одного з базових чинників функціонального планування розвитку територій. Зауважимо, що нормативна грошова оцінка землі не може бути єдиним універсальним механізмом, який забезпечує, на даний момент часу, достовірне ринкове значення ціни землі. Оскільки, вона базується на рентному доході, який, в свою чергу, є складною багато факторною динамічною функцією, то в цьому випадку, безумовно, слід шукати інші механізми визначення якості земель та територій в цілому. Актуальними залишаються питання вираження цінності територій у грошовому еквіваленті.

Аналіз досліджень і публікацій. У світовій практиці використовують три основні методичні підходи до визначення індексу цінності територій. В основу всіх методичних підходів покладено три складові частини: соціально-економічна, природна та екологічна якість, стійкість агроландшафтів. Найбільш простим у використанні є адитивний метод, в якому параметрам індикаторів, формуючим алгоритм індекс цінності, надаються граничні значення, визначені на основі літературних даних, експертних суджень, безпосередніх вимірів. Вираз для визначення значення індексу цінності територій має вигляд

$$I_1 = \sum_{n=1}^k i_n, \quad (1)$$

де i – значення індексів цінності окремих індикаторів або їх груп; $n = 1, 2, \dots, k$ – порядкові номери індексів.

У іншому методичному підході всі індикатори впливу на індекс цінності розділяють на окремі функціональні групи, які інтегрують в рівняння індексу цінності [2]. Для цього використовують зважену адитивну функцію

$$I_2 = W_1 C_1 + W_2 C_2 + \dots + W_n C_n, \quad (2)$$

де C_n – значення індикатору n або їх груп; W_n – вага n -го індикатору (групи).

Зазвичай вагу W_i окремого індикатору (групи) i визначають за формулою

$$W_i = \sum_{j=1}^n B_{ij} / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n B_{ij}, \quad (3)$$

де n – число визначень окремого індикатору (групи); N – число індикаторів (груп); B_{ij} – бальна оцінка окремого j -го індикатору, визначена і разів.

Наступний методичний підхід, на відміну від двох попередніх, передбачає використання методів кореляційного аналізу, множинної регресії, математичної статистики тощо. В цьому випадку, формула для визначення індексу цінності має зазвичай вигляд [3]

$$I_3 = \sum_{n=1}^k W_n i_n, \quad (4)$$

де W_n – вага окремої групи індикаторів (індикатору); i_n – значення індексу цінності окремої групи індикаторів (індикатору); n – порядковий номер групи індикаторів (індикатору).

Проведені дослідження показали, що всі три методичні підходи значно корельовані між собою і, таким чином, при виборі методу визначення I слід використовувати методичний підхід, який був би найбільш зручним для виконавця робіт [4]. Заслугує на увагу модель оцінки ґрунту Європейського Союзу. Структура бази даних цієї моделі охоплює всю територію країн ЄС і гармонізована відповідно до стандартів міжнародної класифікації [16]. База даних сформована таким чином, що кожен параметр ґрунту зберігається в окремому растровому тематичному шарі. Вона включає в себе інформацію про функціональне використання землі, типи ґрунтів, кліматичну характеристику, цифрову модель рельєфу землі. Зауважимо, що в залежності від функціонального призначення база вхідних даних може складатися з певного виду індикаторів, які мають переважаюче значення при визначенні I [1].

Постановка задачі. Метою даного дослідження є розробка єдиного методичного підходу для визначення цінності територій різного функціонального використання з врахуванням категорій земель, як одного із базових чинників визначення індексу цінності територій в ринкових умовах.

Виклад матеріалу і результати. При виконанні досліджень будемо керуватись наступними основоположними принципами:

індекс цінності території повинен враховувати комплексну загальну її диференціацію, на якій його визначають;

індекс цінності є аргументом функціональних характеристик окремих індикаторів або їх груп, які мають домінуюче значення у забезпеченні ефективності використання територій з врахуванням соціально-економічних, природоохоронних та екологічних чинників;

при визначенні ваг впливу окремих індикаторів на комплексне значення індексу цінності слід використовувати безпосередні виміри, результати спеціальних досліджень, експертні судження, статистичні дані тощо;

значення індексів цінності повинні знаходитися в межах, визначеними в нормативних документах, а при відсутності останніх, встановленими органами місцевої влади;

В наших дослідженнях використаємо зважену адитивну функцію (2). Відповідно до існуючої в Україні нормативних документів основними домінуючими індикаторами які впливають на функціональне використання території є: функціонально-планувальні, інженерно-

інфраструктурні, інженерно-геологічні, історико-культурні, природно-ландшафтні, санітарно-гігієнічні. Слід зауважити, що кінцеве значення групи індикаторів є добутком окремих індикаторів, які включені в дану групу. При цьому добуток цих індикаторів не повинен перевищувати одиниці і їх вибір повинен бути адекватним цільовому використанню земельної ділянки.

Наведемо алгоритм процедури функціонального зонування території:

- збір вихідних даних;
- встановлення домінуючих індикаторів;
- встановлення значень індикаторів та їх ваг;
- визначення індексів якості території;
- встановлення вартості території в грошовому еквіваленті;
- створення проекту функціонального зонування території.

Для прикладу, наведемо визначення індексу цінності території водного об'єкту. Маємо

$$I_B = W_1 C_1 + W_2 C_2 + W_3 C_3 + W_4 C_4 + W_5 C_5 + W_6 C_6, \quad (5)$$

де $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ - відповідно числові значення груп функціонально-планувальних, інженерно-інфраструктурних, інженерно-геологічних, історико-культурних, природно-ландшафтних та санітарно-гігієнічних індикаторів; $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, W_6$ - числові значення ваг відповідно груп індикаторів $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$.

Групу функціонально-планувальних індикаторів C_1 представимо функцією

$$C_1 = K_{11} K_{12}, \quad (6)$$

де K_{11} - індикатор, який враховує віддаленість об'єкту від населених пунктів; K_{12} - індикатор доступності до зупинок транспортних магістралей.

Група інженерно-інфраструктурних індикаторів

$$C_2 = K_{21} K_{22} K_{23} K_{24}, \quad (7)$$

де K_{21} - забезпеченість енергопостачанням; K_{22} - наявність гідротехнічних споруд; K_{23} - наявність під'їзних шляхів; K_{24} - забезпечення комерційними, рекреаційними та оздоровчими спорудами та комплексами.

Інженерно-геологічні індикатори

$$C_3 = K_{31} K_{32} K_{33}, \quad (8)$$

де K_{31} - зволоження території; K_{32} - зона небезпечних геологічних процесів (зсуви, карсти, провали тощо); K_{33} - глибина водного об'єкту.

Історико-культурні індикатори

$$C_4 = K_{41} K_{42}, \quad (9)$$

де K_{41} - територія історичного ландшафту; K_{42} - територія заповідної зони.

Природно-ландшафтні індикатори

$$C_5 = K_{51} K_{52} K_{53}, \quad (10)$$

де K_{51}, K_{52}, K_{53} - коефіцієнти, які враховують місце розташування об'єкту відповідно в межах природних національних парків, заказників, заповідних урочищ, біосферних заповідників тощо; на територіях оздоровчого призначення; рекреаційних територіях.

Санітарно-гігієнічні індикатори

$$C_6 = K_{61} K_{62} K_{63} K_{64} K_{65} K_{66}, \quad (11)$$

де K_{61} - забруднення повітря хімічними сполуками; K_{62} - забруднення електромагнітними полями; K_{63} - вплив акустичних шумів; K_{64} - ступінь забруднення поверхневих вод; K_{65} - ступінь замуленості; K_{66} - ступінь заростання водного об'єкту рослинністю.

Наведені вище індикатори впливу на індекс цінності водного об'єкту не є вичерпними, оскільки в кожному конкретному випадку можуть виникати свої специфічні умови, які потребуватимуть спеціальних досліджень.

Для індексу цінності території населених пунктів структура домінуючих індикаторів може включати:

- рівень інженерного забезпечення та благоустрою території;
- рівень розвитку сфери обслуговування;
- естетика забудови та середовища;
- екологічна якість території;
- престиж для проживання;
- сприятливість інженерно-геологічних умов для будівництва.

Цінність території визначається, перш за все, зручністю його розміщення по відношенню до інших територій населеного пункту. Головними функціями, як відомо, є: прикладанням до місць праці, забезпеченість житловою, культурно-побутовою, рекреаційною та лікувальною інфраструктурою. Власне наявність на території таких об'єктів визначає її зручність проживання.

Оцінка інженерно-інфраструктурного забезпечення території населеного пункту базується на вивченні умов забезпечення території об'єктами інженерної інфраструктури та можливості підключення виробничих, громадських та житлових об'єктів до міських інженерно-інфраструктурних мереж. Оцінка проводиться по окремих складових інженерної інфраструктури. До групи інженерно-інфраструктурного забезпечення включають чотири фактори: забезпечення централізованим, водо-газопостачанням, електропостачанням та водовідведенням.

Одним з головних факторів, що визначає цінність окремих територій є їх екологічний стан. Оцінка екологічного стану території населеного пункту здійснюють шляхом визначення концентрації того чи іншого забруднювача в навколишньому середовищі. Основними серед них можна назвати: акустичне, електромагнітне та радіаційне забруднення території, а також забруднення води, повітря та ґрунту. В даний час, в зв'язку з економічною кризою, частка забруднень, що поступає від промпідприємств значно зменшилась і основний обсяг забруднення складають викиди від автотранспорту. Із фізичних факторів найбільший вплив на територію має шум, що створюється транспортними засобами на основних автомагістралях і залізничних коліях.

Одним із важливих факторів цінності території є його соціально-містобудівна привабливість (престижність), яка сприяє задоволенню населення архітектурно-естетичним потребам, соціально-культурному розвитку, умовам проживання, наявністю спортивних закладів, садочків для дітей, шкіл тощо.

Важливим аргументом цінності території є вираження індексу її цінності грошовим еквівалентом. У зв'язку з цим, вирішення даної задачі повинно вирішуватись на рівні органів державної влади або місцевого самоврядування, у віданні яких знаходиться дана територія. Звідси, грошова вартість території C_t буде визначатись виразом

$$C_t = C_n P, \quad (12)$$

де C_n – ціна одного квадратного метра оцінюваної території в гривнях; P – площа території.

Зауважимо, що ціна квадратного метра території фіксованого значення індексу цінності C_n встановлюється рішенням уповноваженого органу державної чи місцевої влади, територіальної громади. Тобто, вказана ціна встановлюється органом, який має право розпоряджатись даною територією відповідно до чинного законодавства.

Висновок та напрям подальших досліджень. В даній публікації запропоновано принципово новий підхід до оцінки територій в Україні, який ґрунтується на показнику індексу якості територій. Одночасно, при встановленні вартості територій в грошовому еквіваленті даним методичним підходом розширюються можливості органів місцевого самоврядування, оскільки вони своїм рішенням встановлюють ціну одиниці площі відповідної території.

Запропонований методичний підхід є універсальним, що дозволяє використовувати його для територій різного функціонального призначення, в тому числі різних категорій земель, що значно спрощує процедуру оцінки.

Список літератури

1. Armenise, E., Redmile-Gordon, M. A., Stellacci, A. M., Ciccicarece, A., Rubino, P., (2013). Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. Soil Tillage Research, 130, pp. 91–98.
2. Fernandes J. C., Gamero C. A., Rodrigues J. G. L., Miras Avolos J. M. (2011). Determination of the quality index of a Paleudult under sunflower culture and different management systems. Soil and Tillage Research, 112: pp. 167–174.
3. Mandual U. K., Ramachandran K., Sharma K., Satyam B., Venkanna K., et al. (2011). Assessing Soil Quality in a Semiarid Tropical Watershed Using a Geographic Information System. Soil Science Society of America Journal, 75: pp.1144–1160.
4. Mukherjee A., Lalk (2014). Comparison of Soil Quality Index Using Three Methods. PLOS ONE 9(8):e105981. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105981>.
5. Дорош О. С. Теоретико-методологічні засади територіального планування землекористування: монографія / О.С. Дорош. – Херсон: Гринь Д.С., 2012. – 434 с.
6. Закон України «Про Генеральну схему планування території України»: від 7 лютого 2002 р. № 3059 – III / Відом. Верх. Ради України. – 2002. - №30. – ст. 204 із змін.
7. Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель»: від 19 червня 2003 р. № 963 - IV / Відом. Верх. Ради України. – 2003. - №39. – ст. 350 із змін.

8. Закон України «Про землеустрій»: від 22 травня 2003 р. № 858 – IV / Відом. Верх. Ради України. – 2003. - №36. – ст. 282 із змін.
9. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності»: від 17 лютого 2011 р. № 3038 – IV / Відом. Верх. Ради України. – 2011. - №34. – ст. 343 із змін.
10. Закон України «Про внесення змін до Земельного кодексу України та інших законодавчих актів щодо планування використання земель», 711-IX від 17.06.2020.
11. **Куйбіда В.С.** Територіальне планування в Україні: Європейські засади та національний досвід / **В. С. Куйбіда, Ю. М. Білоконь**, - К.: Логос, 2009. – 108 с.
12. **Палеха Ю.М.** Генеральна схема планування території України і структурні зміни у використанні земель (за даними щорічного моніторингу Генеральної схеми / **Ю. Палеха, А. Олещенко** // Землеустрій та кадастр. - 2014. № 1 – С. 20-25.
13. **Перович І.** Математичне моделювання земель адміністративно-територіальних одиниць / **І. Перович** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. Вип. 1(27) – С. 70-72.
14. Склад та зміст містобудівної документації на державному та регіональному рівнях: ДБНБ.1.1 – 13:2012 - [Чинний з 1.10.2012 р.] – К.:Мінрегіонбуду та житлово-комунального господарства України. 2012. – 26 с.
15. **Сухий П.О.** Територіальне планування та районне планування / **П. Сухий, С. Білокриницький, М. Атаманюк**. - Чернівці: Чернівецький національний університет. 2013.- 340 с.
16. Soil quality – European Commission – Europa EU. URL:<http://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-erodibility/europe>

АНОТАЦІЇ

УДК 622.7:534

Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко О. О., Гапоненко І. О. Попереднє оброблення пульпи ультразвуком для очищення рудних зерен та дезінтеграції флокулоутворень на основі ефектів кавітації

Метою дослідження є підвищення ефективності флотаційного доведення магнетитових концентратів шляхом дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток.

Методи дослідження. При дослідженні процесу флокулоутворення та дефлокуляції враховано залежність величини магнітної сприйнятливості часток рудної сировини від тривалості намагнічування. Результати експериментальних досліджень використання пристрою розмагнічування часток залізорудної пульпи, одержані із застосуванням ультразвукового гранулометра «Пульсар».

Наукова новизна. На підставі дослідження закономірностей протікання кавітаційних процесів одержано залежності, які дозволяють визначити оптимальну частоту високоенергетичного ультразвуку для підтримання кавітаційних процесів у залізорудній пульпі у залежності від параметрів її складових.

Практичне значення. На основі результатів моделювання встановлено, що для підвищення якості очищення часток руди перед флотацією доцільно здійснювати просторовий вплив на залізорудну пульпу, який включає комбінацію високоенергетичного ультразвуку з частотою 20 кГц в кавітаційному режимі, модульованого високочастотними імпульсами з частотою від 1 до 5 МГц та імпульсного магнітного поля спадної напруженості.

Результати. Запропоновано застосовувати нелінійні ефекти поля високоенергетичного ультразвуку та дослідити особливості формування кавітаційних режимів у залізорудній пульпі для дезінтеграції рудних флокулоутворень та очищення поверхні часток рудної сировини. На основі узагальненої моделі динаміки руху повітряних бульбашок, представленій у вигляді рівняння Рейля-Плессета, розраховано параметри ультразвукового впливу для формування і підтримання у залізорудній пульпі кавітаційних процесів і акустичних течій. Для моделювання процесу поширення ультразвукового сигналу в рідкому середовищі в умовах зміни швидкості поширення звуку та зміни щільності використовують метод k-простору першого й другого порядку, заснований на системі лінійних рівнянь першого порядку. Розрахунок потужності високоенергетичного ультразвуку, що дозволяє підтримувати кавітаційні режими у залізорудній пульпі, здійснювався на основі результатів дослідження поширення фронту ультразвукового імпульсу за допомогою комп'ютерного моделювання.

Ключові слова: ультразвук, кавітація, залізорудна пульпа, дезінтеграція, флокулоутворення

Morkun V.S., Morkun N.V., Tron V.V., Serdi-uk O. Yu., Haponenko I. O., Haponenko O. O. Preliminary treatment of pulp by ultrasound for cleaning of ore grains and disintegration of flocculation formations based on the effects of cavitation

Purpose. To increase the quality of processing of magnetite concentrates in flotation technological process by disintegration of ore flocculations and cleaning the surface of ore particles

Research methods. In the study of the process of flocculation and deflocculation, the dependence of the value of the magnetic susceptibility of ore particles on the duration of magnetization was taken into account. The results of experimental studies of the device for demagnetization of iron ore pulp particles usage, obtained using an ultrasonic granulometer "Pulsar".

Scientific novelty. Depending on the parameters of iron ore pulp components the optimal frequency of high-energy ultrasound to maintain cavitation processes was determined on the basis of the obtained laws of cavitation processes.

Practical significance. Based on the simulation results, it was found that to improve the quality of cleaning ore particles before flotation, it is advisable to exert a spatial effect on iron ore pulp, which includes a combination of high-energy ultrasound with a specific frequency in cavitation mode modulated by high-frequency pulses and a pulsed magnetic field of decreasing voltage.

Results. Applying nonlinear effects of the high-energy ultrasound field on ore particles was proposed and the peculiarities of the formation of cavitation regimes in iron ore pulp for disintegration of ore flocculations and cleaning of the surface of ore particles were investigated. The parameters of ultrasonic influence for the formation and maintenance of cavitation processes and acoustic flows in the iron ore pulp are calculated in the basis of the generalized model of the dynamics of air bubbles, presented in the form of the Rayleigh-Plesset equation. Mathematical model of the process of ultrasonic signal propagation in liquid medium under conditions of changes in the speed of sound propagation and density changes was synthesized on the basis of the k-space method of the first and second order as a system of linear equations of the first order. The calculation of the power of high-energy ultrasound, which allows to maintain cavitation regimes in the iron ore pulp, was carried out on the basis of the results of the study of the propagation of the ultra-sonic pulse front using computer simulations.

Key words: ultrasound, cavitation, iron ore pulp, disintegration, flocculation

УДК 621.436

Рабінович Е.Х., Грицук І.В., Буравцев М.Х., Володарець М.В., Рижова В.Ю. Оцінка ухилу дороги методом точок однакових швидкостей

Мета. Головною метою представленої роботи є вирішення актуального завдання підвищення ефективності оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги за рахунок розробки методу точок однакових швидкостей (ТОШ), що полягає у записі діаграм проїзду автомобіля накатом у двох протилежних напрямках та підбору таких точок, у яких модуль швидкості в обох напрямках однаковий.

Методи дослідження. Для вирішення цього завдання використані положення теорії експлуатації автомобіля, методи обробки випадкових процесів і математичної статистики, а також, аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень.

Наукова новизна. Пропонується новий метод оперативного оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги. В основу методу покладено вимірювання параметрів руху транспортного засобу накатом вперед, потім зворотного руху його через ту ж точку і з однаковою швидкістю та подальшому розрахуванні необхідних параметрів дороги/автомобіля в частині визначення ухилу дороги. При цьому досягається необ-

хідна точність значень градієнта, отриманих після необхідної кількості прогонів. Таким чином, з'явилася можливість раціонального застосування простих технічних засобів для визначення і оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині ухилу дороги.

Практична значимість. Результати і точність практичного керування процесом оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги та подальшому розрахуванні необхідних параметрів дороги/автомобіля, а саме якості складових компонентів реалізації представленого методу.

Авторами запропоновані теоретичні положення методу ТОШ, сформовані детальні рекомендації щодо вимірювання та обробки результатів, що покращують якість експериментального оцінювання дорожніх умов експлуатації транспортного засобу в частині визначення ухилу дороги.

Результати. Показано, що при оцінюванні продольних профілів дороги результати визначення градієнта мало залежать від вітрового навантаження (коливання від середнього до 1%) і від правильності оцінки опору автомобіля (коливання до 2%). Різниця градієнта за методом ТОШ з іншими методами становить близько 1 ppm на гладкій дорозі, близько 2 ppm на більш крутій дорозі з локальними пошкодженнями тротуару.

Ключові слова: транспортний засіб, параметри руху, швидкість, навігатор, профіль дороги, ухил, оцінка.

Rabinovych E. Ch., Grytsuk I. V., Buravtsev M. Kh., Volodarets M. V., Ryzhova V. Yu. Road slope assessment by points of the same speeds

Purpose. The principal objective of the research is to solve the actual task to improve the assessment efficiency for the road conditions of vehicle operation in terms of determining the slope of the road by developing a method of points of the same speed (PSS); the method is to record the diagrams of the vehicle's passing by rolling in two opposite directions and select such points in which the speed module in both directions is the same.

Research methods. To solve the task, the following methods were used as the provisions of the theory of the automobile operation, the methods of processing random processes and mathematical statistics, as well as the analysis of literary and patent sources and scientific generalization of previously performed studies.

Scientific novelty. A new method of operational assessment of road operating conditions of the vehicle in terms of determining road slope is proposed. The method is based on measuring the parameters of the movement of the vehicle by rolling forward, then reversing it through the same point and at the same speed and subsequently calculating the required parameters of the road / car in terms of determining the slope of the road. In this case, the required accuracy of gradient values obtained after the required number of runs is achieved. Thus, it became possible to rationally use simple technical means to determine and assess the road conditions of operation of the vehicle in terms of road slope.

Practical significance is the results and accuracy of practical management of the process of assessing the road operating conditions of the vehicle in terms of determining the slope of the road and further calculating the necessary parameters of the road / car, namely the quality of the components of the implementation of the presented method.

The authors proposed theoretical provisions of the PSS method and formed detailed recommendations for measuring and processing the results that improve the quality of experimental assessment of road operating conditions of the vehicle in terms of determining the road slope.

Results. It is proved that when evaluating the longitudinal profiles of the road, the results of determining the gradient do not depend much on the wind load (fluctuations from the average to 1%) and on the correctness of the assessment of the vehicle's resistance (fluctuations up to 2%). The difference in gradient by the PSS method with other methods is about 1 ppm on a smooth road, about 2 ppm on a steeper road with local damage to the pavement.

Key words: vehicle, traffic parameters, speed, navigator, road profile, slope, assessment.

УДК 330.341.1

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

Мета. Метою є удосконалення підходів до формування і класифікації фінансово-економічних показників, які дозволять обґрунтовано і по місцю використовувати їх у науковій, навчальній і практичній сферах діяльності людини і які стануть важливою умовою ефективного менеджменту, змістовної й комплексної оцінки потенціалу та рівня якості підприємства.

Методи дослідження. Результати і наукові положення, наведені у статті отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Виявлено недосконалість представлених у сучасній економічній літературі методико-прикладних підходів до системного і обґрунтованого оцінювання фінансово-економічної діяльності підприємства. Запропоновано удосконалену систему і класифікацію фінансово-економічних показників діяльності підприємства.

Практична значимість. Представлена система і класифікація фінансово-економічних показників діяльності підприємства виступає значним методичним підґрунтям у загальному процесі його оцінювання. Дана система дозволяє предметно розрахувати і проаналізувати показники різного виду на різних стадіях функціонування підприємства.

Результати. Визначено систему і класифікацію фінансово-економічних показників діяльності підприємства. Надано зміст і особливості формування фінансово-економічних показників діяльності підприємства по стадіях його функціонування: показники початку (початкові показники) для визначеного періоду (моменту часу); проміжні показники для визначеного періоду (моменту часу); показники підсумку (підсумкові показники) для визначеного періоду (моменту часу).

Зазначено, що: початкові показники є основою визначення початкового економічного потенціалу підприємства (в більшій мірі за ресурсним підходом до оцінки потенціалу підприємства); проміжні показники характеризують поточну фінансово-економічну діяльність підприємства, і в той же час, виступають з'єднуючим ланцюжком між почат-

ковими і підсумковими показниками; підсумкові показники відображають всю сукупність показників за видами і методами обчислення, що пов'язані безпосередньо з підсумками діяльності підприємства у всьому їх розмаїтті.

Ключові слова: фінансово-економічні показники, система, класифікація, менеджмент, потенціал, якість підприємства, формування, оцінювання

Turylo A.M., Turylo A.A., Korolenko R.V. Improvement of system classifications of financial-economic indexes as a factor of providing of effective management, grounded estimation of potential and high-quality development of enterprise

Purpose. A purpose is an improvement of approaches to forming and classifications of financial-economic indexes, which allow grounded and at the place to use them in the scientific, educational and practical spheres of activity of a man and which will become the important condition of effective management, rich in content and complex estimation of potential and level of quality of enterprise.

Research methods. Results and scientific positions, resulted in the articles got with the use of certain methods (different after direction and scope of research): generalization of results of previous researches, complex analysis and synthesis, logic-structural and logico-dynamic to the analysis, scientifically analytical, comparison and analogies.

Scientific novelty. Found out imperfection of presented in modern economic literature methodology applied going near the system and grounded evaluation of financial-economic activity of enterprise. The improved system and classification of financial-economic performance of enterprise indicators is offered.

Practical meaningfulness. The presented system and classification of financial-economic performance of enterprise indicators comes forward considerable methodical subsoil in the general process of its evaluation. This system allows in detail to expect and analyse the indexes of different kind on the different stages of functioning of enterprise.

Results. Certainly system and classification of financial-economic performance of enterprise indicators. Maintenance and features of forming of financial-economic performance of enterprise indicators is given on the stages of its functioning: indexes of beginning (initial indexes) are for a certain period (to the moment of time); intermediate indexes are for a certain period (to the moment of time); indexes of result (total scores) are for a certain period (to the moment of time).

It is marked that: initial indexes are basis of determination of initial economic potential of enterprise (in a greater measure after the resource going near the estimation of potential of enterprise); intermediate indexes characterize current financial-economic activity of enterprise, and at the same time, come forward connecting beaded between initial and final indexes; total scores represent all aggregate of indexes after kinds and methods of calculation, which are related directly to the results

Key words: financial-economic indexes, system, classification, management, potential, quality of enterprise, forming, evaluation.

УДК 622.81:537.24

Швагер Н.Ю., Комісаренко Т.А., Пряжнікова К.К. Методи нейтралізації електричних зарядів гранульованих вибухових речовин при їх пневмотранспортуванні

Мета. Метою даної статті є аналіз та розробка засобів і заходів щодо обмеження та ліквідації статичної електризації при пневмотранспортуванні, а також спеціальних приладів для контролю ступеня електризації ГВР.

Методи дослідження. У статті використано загальнонаукові методи дослідження. За основу при проведенні дослідження було покладено системний підхід. За допомогою аналізу та порівняння виокремлено особливості різних методів щодо обмеження та ліквідації статичної електризації при пневмотранспортуванні гранульованих вибухових речовин. У більшості випадків для запобігання небезпечних проявів статичної електрики намагаються усунути або, принаймні, зменшити величину електростатичних зарядів що утворюються. Метод узагальнення дав змогу визначити шляхи зниження величини електростатичних зарядів.

Наукова новизна. В результаті досліджень було встановлено, що ступінь електризації потоку гранул вибухових речовин в основному залежить від режиму пневмотранспортування, та визначається величиною конвекційного струму.

Практична значимість. Для вирішення цієї проблеми запропоновано зволоження потоку ВР водою або струмопровідними розчинами солей на її основі. В якості засобів для зниження поверхневого опору застосовується підвищення вологості повітря (що забезпечує утворення на поверхнях вологої плівки), нанесення або обробка поверхонь елементів обладнання антистатичними речовинами. Зручні та ефективні методи захисту від статичної електрики, засновані на підвищенні антистатичних властивостей полімеру шлангів шляхом введення в його склад відповідних добавок, наприклад сажі, графіту, порошоків металів, карбонільного нікелю.

Результати. Надані пропозиції щодо боротьби з явищем статичної електризації гранул вибухових речовин (ВР) в зарядних трубопроводах. Проведено аналіз методів і засобів контролю ступеня електризації ГВР в процесі пневмотранспортування. Встановлено, що в даний час не існує пристроїв для точного визначення ступеня електризації безпосередньо у виробничих умовах. Відсутність таких пристроїв не дозволяє виявити оптимальні шляхи боротьби з явищем електризації при пневмотранспортуванні. Також зручні та ефективні методи захисту від статичної електрики, засновані на підвищенні антистатичних властивостей полімеру шлангів шляхом введення в його склад відповідних добавок, наприклад сажі, графіту, порошоків металів, карбонільного нікелю.

Ключові слова: вибухові речовини, пневмотранспортування, нейтралізація, пневмопроводи, статична електризація.

Shwager N.Yu., Komisarenko T.A., Pryazhnikova K.K. Methods for neutralizing electric charges of granular explosives during their pneumatic transporting.

Purpose. Analysis and development of means and measures to limit and eliminate static electrification during pneumatic transportation, as well as special devices for controlling the degree of electrification of granular explosives.

Research methods. The article uses general scientific methods of research. A systematic approach was used as the basis for the study. With the help of analysis and comparison the features of various methods to limit and eliminate static electrification during pneumatic transport of granular explosives are highlighted. In most cases, to prevent dangerous manifestations of static electricity one attempt to eliminate or at least reduce the magnitude of the resulting electrostatic charges. The method of generalization allows the determination the ways of reducing the value of electrostatic charges.

Scientific novelty. As a result of research it was found that the degree of electrification of the flow of granules of explosives mainly depends on the mode of pneumatic transport, and is determined by the value of convection current.

Practical significance. To solve this problem, dampening the flow of explosives with water or conductive solutions based on it has been proposed. As means to reduce the surface resistance, increasing of air humidity (which ensures formation of a wet film on surfaces), application or treatment of surfaces of equipment elements with antistatic substances are used. Convenient and effective methods of protection against static electricity are based on increasing the anti-static properties of the polymer hose by introducing appropriate additives such as carbon black, graphite, metal powders, and carbonyl nickel.

Results. Proposals to combat the phenomenon of static electrification of granular explosives in the charge pipelines were presented. The analysis of methods and means of controlling the degree of electrification of granular explosives in the process of pneumatic transporting is carried out. It was found that there are no devices for accurate determination of the degree of electrification directly in production conditions at present. The lack of such devices does not allow to identify the best ways to combat the phenomenon of electrification during pneumatic transporting. Also convenient and effective methods of protection against static electricity are based on increasing the anti-static properties of the polymer hose by introducing appropriate additives such as carbon black, graphite, metal powders, and carbonyl nickel.

Key words: explosives, pneumatic transportation, neutralization, antistatic substances, electrification

УДК: 622.7.051(088.8)

Толмачов С. Т., Ільченко О. В., Власенко В. А. Розрахунок та оптимізація імпульсних апаратів для розмагнічування пульп чорних металів

Конкуренція на світовому ринку сировини загострила проблему підвищення якості залізорудних концентратів. Одним з важливих методів електромагнітного впливу на пульпу з метою підвищення ефективності класифікації, зневоднювання, магнітно-флотацийних процесів збагачення є розмагнічування пульпи. Промислові розмагнічувальні апарати при високих масо-габаритних та низьких енергетичних параметрах не забезпечували прийнятний рівень розмагнічування. Прогрес у галузі силовій електроніки сприяв розробці низки високочастотних імпульсних розмагнічувальних апаратів, параметри яких в значній мірі визначалися на базі емпіричних залежностей з недостатнім рівнем їх обґрунтованості і обмеженим діапазоном використання.

Метою роботи є розробка гнучкого й універсального методу проектування та оптимізації параметрів імпульсних розмагнічувальних апаратів у широкому спектрі технологічних вимог і обмежень.

Методи. У роботі використані теоретичні методи і точні формули коло-польового аналізу магнітного поля в коливальному контурі котушка-конденсатор, сучасні методи їх програмної реалізації та візуальні засоби відображення результатів обчислювальних експериментів.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що на основі точних співвідношень математичного аналізу вперше реалізований розрахунок параметрів згасаючого за експоненціальним законом магнітного поля без обмежень на конструктивні (внутрішній та зовнішній діаметри пульпопроводу, довжина і висота намотки котушки) та технологічні (максимальна напруженість поля, його частота, магнітна проникність пульпи, її швидкість тощо) параметри.

Практична значимість роботи полягає у встановленні однозначної залежності між необхідними параметрами згасаючого розмагнічувального поля та числом витків циліндричної котушки з довільними геометричними параметрами. Запропонований метод та його програмна реалізація можуть бути корисними як для інженерів і науковців відповідних професійних напрямків, так і для студентів навчальних закладів гірничої та електричної галузей знань.

Результатами дослідження є: розробка універсальної програми для дослідження процесів імпульсного розмагнічування, обґрунтування високого рівня її адекватності та створення нових можливостей підвищення якості дослідження, конструювання та оптимізації нових систем імпульсного розмагнічування продуктів збагачення руд чорних металів.

Ключові слова: імпульсне розмагнічування, коливальний контур, коло-польовий метод, математичне моделювання, обчислювальна програма, оптимізація.

Tolmachov S. T., Ilchenko O. V., Vlasenko V. A. Calculation and optimization of pulse devices for demagnetization of ferrous metal slurries

High competition in the world market of raw materials has heightened the need to improve the quality of iron ore concentrates. The demagnetization of the pulp as one of the methods of electromagnetic influence on the pulp increases the efficiency of classification, dewatering, and magnetic-flotation enrichment processes. Industrial demagnetizing devices with high dimensions and low energy parameters did not provide an acceptable demagnetization. Progress in power electronics linked to the development of a number of high-frequency pulse demagnetizing devices, whose parameters were determined through empirical dependences with insufficient validity and limited use.

Purpose. Develop a flexible and versatile method for designing and optimizing the parameters of pulse demagnetizing devices in terms of technological requirements and constraints.

Research methods. Theoretical methods and formulas of circular-field analysis of electromagnetic oscillating circuit consisting of a capacitor and a coil, update methods of the software implementation and visual means displaying the results of computational experiments are used.

Scientific novelty. The parameters of exponentially decaying magnetic field without restrictions on design (inner and outer diameters of the pulp pipe, length and height of the coil winding) and technological (maximum field strength, its frequency, magnetic permeability of pulp, its speed) were calculated and implemented on the base of exact relations of mathematical analysis.

Practical significance. The clear dependence between the required parameters of the decaying demagnetizing field and the number of winds of a cylindrical coil with arbitrary geometric parameters was formed. The method and its associated software implementation enable to develop and optimize demagnetizing devices for wet and dry separation of ferrous metal ores processing products. The obtained results are extremely useful for scientists and engineers in relevant scopes, and for students of mining and electrical engineering.

Results. The universal study program of pulse demagnetization processes is developed and its high adequacy is justified; new opportunities to improve the research are created; new systems of pulse demagnetization of ferrous metal ore dressing products are designed and optimized.

Key words: pulse demagnetization, oscillating circuit, circle-field method, mathematical modeling, computational program, optimization.

УДК 697.957:532.575.54

Замицький О.В., Громадський В.А., Ільченко О.В. Вибір конструкції змішувача контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора

Мета роботи. Визначення та обґрунтування ефективної конструкції змішувача контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні методи дослідження (аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення).

Наукова новизна. Встановлено вперше, що найбільш ефективною конструкцією контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора змішувача є труба Вентурі з регульованим перерізом кільцевої горловини та центральним підводом води.

Практичне значення. Стиснене повітря – це чудове середовище для зберігання та передачі енергії. Воно відрізняється універсальністю, гнучкістю та відносною безпекою в порівнянні з іншими методами зберігання енергії, такими як акумулятори та пари. Жодна галузь промисловості не може обійтися без застосування стисненого повітря, яке є доступним і дешевим джерелом – як сировинним, так і енергетичним. Особливо широко стиснене повітря використовується в гірничорудній промисловості (рудовидобувній та паливобувній). Для отримання стисненого повітря на шахтах використовують турбокомпресори. Для підвищення ефективності турбокомпресора використовують охолоджувачі стисненого повітря. Існує багато видів охолоджувачів, але найбільш перспективним є контактний охолоджувач труба Вентурі – відцентровий сепаратор. Конструктивна схема апарату контактної системи охолодження шахтного турбокомпресора являє собою послідовно включені по повітрю змішувач типу труба Вентурі і відцентровий сепаратор-краплеуловлювач. Ефективність охолоджувача безпосередньо залежить від конструкції самої труби Вентурі, бо саме в ній відбувається контакт стисненого повітря з охолоджуючою рідиною. Холодна вода поступає в змішувач, після чого вона розпорошується потоком повітря. В суміші води та повітря відбувається тепломасообмін, при якому повітря охолоджується, а вода нагрівається. Розроблено рекомендації щодо конструктивних характеристик труби Вентурі для системи контактної охолодження шахтного турбокомпресора.

Результати. Існує безліч конструкцій труб Вентурі, які відрізняються між собою. В результаті аналізу визначено, що найбільш перспективною є конструкція з горловиною, що регулюється рухомим конусом та з центральним підводом зрошуючої води. Але необхідні більш детальні дослідження інших конструктивних параметрів контактної охолоджувача труба Вентурі.

Ключові слова: стиснене повітря, система охолодження, контактний повітроохолоджувач, труба Вентурі, горловина, газ, рідина.

Zamytsky O.V., Gromadskiy V.A., Pchenko O.V. Selection of the mixer construction of contact cooling system of the mine turbocharger

Purpose. Determination and substantiation of the effective design of the mixer of the contact cooling system of the mine turbocharger.

Research methods. Theoretical research methods (analysis, synthesis, abstraction, generalization) are used in the work.

Scientific novelty. It was established for the first time that the most efficient design of the contact cooling system of the mine turbocharger of the mixer is a Venturi pipe with an adjustable cross-section of the annular neck and a central water supply.

Practical significance. Compressed air is an excellent environment for storing and transmitting energy. It is versatile, flexible and relatively safe compared to other energy storage methods such as batteries and steam. No industry can do without the use of compressed air, which is an affordable and cheap source of both raw materials and energy. Compressed air is especially widely used in the mining industry (ore and fuel). Turbochargers are used to produce compressed air in mines. Compressed air coolers are used to increase the efficiency of the turbocharger. There are many types of coolers, but the most promising is the Venturi tube contact cooler - a centrifugal separator. The structural scheme of the apparatus of the contact cooling system of the mine turbocharger is a series-connected air mixer such as a venturi and a centrifugal separator-droplet catcher. The efficiency of the cooler directly depends on the design of the Venturi pipe itself, because it is in it that compressed air comes into contact with the coolant. Cold water enters the faucet, after which it is sprayed with air flow. The mixture of water and air undergoes heat and mass transfer, in which the air is cooled and the water is heated. Recommendations for the design characteristics of the Venturi pipe for the contact cooling system of the mine turbocharger have been developed.

Results. There are many designs of Venturi pipes that differ from each other. As a result of the analysis it was determined that the most promising is the design with a neck regulated by a movable cone and with a central supply of irrigation water. But more detailed studies of other design parameters of the Venturi pipe cooler are needed.

Key words: compressed air, cooling system, contact air cooler, Venturi pipe, throat, gas, liquid.

УДК 621.311

Бойко С.М., Касаткіна І.В., Данілін О.В. Вплив на якість електричної енергії впровадження джерел розосередженої генерації

Мета. Метою даної роботи є аналіз впливу та особливостей впровадження відновлювальних джерел електричної енергії в системи електропостачання.

Для досягнення поставленої мети проаналізовано основні показники якості електричної енергії та особливості під'єднання джерел електричної енергії до мережі та проаналізована можливість і специфіка роботи розподілених джерел електроенергії на базі відновлювальних джерел електроенергії.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач і аналізу статистичних даних використано аналітичні методи – для дослідження аспектів впливу енергетичних параметрів джерел розосередженої генерації на якість електричної енергії у мережі.

Наукова новизна. Вперше проаналізовано вплив на якість електричної енергії впровадження джерел розосередженої генерації, враховуючи особливості сучасних енергетичних установок, що входять до складу енергетичних комплексів розосередженої генерації.

Практична значимість. За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок про те що, комплексний підхід до аналізу кожного окремого випадку під'єднання енергетичних установок розосередженої генерації надасть можливість покращити енергетичні показники мережі та визначити оптимальні місця під'єднання.

Результати. Впровадження джерел розосередженої генерації позитивно впливає на якість електричної енергії як у енергосистемі вцілому, так і у локальних енергетичних системах, але є необхідність перед впровадженням джерел розосередженої генерації до мережі в кожному окремому випадку проводити попереднє дослідження.

Ключові слова: система електропостачання, відновлювані джерела енергії, електропостачання, надійність електропостачання, якість електричної енергії.

Boiko S.M., Kasatkina I.V., Danilin O.V. The impact on the quality of electricity supply from scattered generation sources
Purpose of this work is to analyze the impact and features of the introduction of renewable energy sources in power supply systems.

To achieve this goal, the main indicators of electricity quality and features of connecting electricity sources to the grid are analyzed and the possibility and features of functioning of distributed power sources based on renewable energy sources are analyzed.

Research methods. Analytical methods were used to solve the set tasks and analyze statistical data - to study the aspects of the influence of energy parameters of dispersed generation sources on the quality of electricity in the network.

Scientific novelty For the first time, the impact on the quality of electricity of the introduction of sources of dispersed generation is analyzed, taking into account the features of modern power plants that are part of the energy complexes of dispersed generation.

Practical significance. Based on the results of the analysis, it can be concluded that a comprehensive approach to the analysis of each individual case of connection of distributed generation power plants will increase the energy performance of the network and determine the optimal connection points.

Results. The introduction of distributed generation sources has a positive effect on the quality of electricity in the power system as a whole and in local power systems, but before the introduction of distributed generation sources in the network in each case it is necessary to conduct preliminary research.

Key words: power supply system, renewable energy sources, power supply, reliability of power supply, quality of electricity.

УДК 666.9.035

Шышкіна О.О. Бетони високої міцності для композитних матеріалів

Мета. Метою роботи є одержання високоміцних матричних бетонів для композиційних матеріалів, що призначені для виготовлення тонкостінних конструкцій. Відомі в даний час способи підвищення міцності бетонів такого призначення володіють деякими недоліками. Головним з них є рекомендація використання високомарочних цементів для забезпечення отримання високих показників міцності бетону через їх високу вартість, обмежену доступність та збільшені показники усадки. Іншим популярним способом підвищення міцності бетону є використання хімічних добавок, який в свою чергу може призвести до зниження довговічності матеріалу, адже такі добавки можуть втручатися в стандартні процеси гідратації, викликаючи зміну структури новотворів.

Методи дослідження. При проведенні експериментів, спрямованих на досягнення поставленої мети застосовувалися стандартні методи дослідження фізико-механічних та будівельно-технічних властивостей бетонів згідно чинних нормативних документів та за загальноприйнятих методик.

Наукова новизна. В роботі вперше пропонується більш ефективний метод підвищення міцності матричних бетонів, який полягає в активації води замішування бетону гідрофобними аліфатичними колоїдними поверхнево-активними речовинами (МПАР), застосованими у надмалих концентраціях.

Практичне значення. Практичне значення запропонованого нами способу полягає в отриманні високоміцного матричного бетону для тонкостінних конструкцій без використання високомарочних цементів та можливості збільшити величину прольотів конструкцій й зменшити їх товщину.

Результати. Проведеними дослідженнями було встановлено, що наноактивація МПАР води замішування призводить до значного збільшення міцності матричного бетону. Було виявлено, що активування МПАР води замішування прискорює формування структури бетону, що дозволяє отримувати високі показники матричного бетону у ранньому віці. Це в свою чергу, є актуальним питанням при виготовленні тонкостінних конструкцій. При застосуванні такої активованої води міцність цементного каменю зростає в 1,52 та 1,3 рази відповідно у віці 7 та 28 днів порівняно з каменем отриманим на основі портландцементу без добавок. Також проведені дослідження показали відсутність значного впливу активованої МПАР води замішування на структуру новотворів цементного каменю.

Ключові слова: тонкостінні конструкції, бетон, міцність, активація води.

Shyshkina O. O. High strength concrete for composite materials

Purpose. The purpose of the work is to obtain high-strength matrix concrete for composite materials intended for the manufacture of thin-walled structures. Currently known ways to increase the strength of concrete of this purpose have some disadvantages. The main one is the recommendation to use high-quality cements to ensure high concrete strength due to their high cost, limited availability and increased shrinkage rates. Another popular way to increase the strength of concrete is the use of

chemical additives, which in turn can lead to a decrease in the durability of the material, because such additives can interfere with standard hydration processes, causing a change in the structure of new products.

Research methods. When conducting experiments aimed at achieving this goal, standard methods of research of physico-mechanical and construction and technical properties of concrete were used in accordance with current normative documents and generally accepted methods.

Scientific novelty. For the first time, a more effective method is proposed to increase the strength of matrix concrete, which consists in the activation of water mixing of concrete with hydrophobic aliphatic colloidal surfactants, used in ultra-low concentrations.

Practical significance. The practical value of the method proposed by us is to obtain high-strength matrix concrete for thin-walled structures without the use of high-quality cements and the ability to increase the size of spans of structures and reduce their thickness.

Results. Studies have found that nanoactivation of surfactants water mixing leads to a significant increase in the strength of matrix concrete. It was found that the activation of surfactants water mixing accelerates the formation of the structure of concrete, which allows to obtain high indicators of matrix concrete at an early age. This, in turn, is a topical issue in the manufacture of thin-walled structures. When using such activated water, the strength of the cement stone increases 1,52 and 1,3 times, respectively, at the age of 7 and 28 days compared to the stone obtained on the basis of portland cement without additives. Also, studies have shown the absence of significant influence of activated surfactants water kneading on the structure of new cement stone.

Key words: thin-walled structures, concrete, strength, water activation.

УДК 622.7: 534

Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В., Сердюк О. Ю., Гапоненко О. О., Гапоненко І. О. Використання нелінійних ультразвукових вимірювань для оцінки параметрів осадження твердої фази пульпи у дешламаторі

Метою дослідження є встановлення доцільності і розроблення методу застосування оцінювання нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, для оптимізації його роботи.

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано такі методи: аналіз результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень, системний аналіз, математичне моделювання, аналітичний синтез, комп'ютерне моделювання, чисельне моделювання, комп'ютерні інформаційні технології.

Наукова новизна. В умовах змінної швидкості поширення ультразвуку та змінної густини випадково-неоднорідного середовища для моделювання даного процесу необхідно використовувати методи розширеного простору першого та вищих порядків. На основі математичного моделювання процесу поширення ультразвуку у рудній пульпі встановлено, що змінення форми імпульсу акустичних коливань кінцевої тривалості є наслідком нелінійних характеристик процесу поширення ультразвуку в пульпі, які, своєю чергою визначаються її густиною та гранулометричним складом.

Практичне значення. Запропоновано використовувати нелінійні ультразвукові вимірювання для оцінки параметрів осадження твердої фази пульпи у процесі її згущення у дешламаторі. Зазначене дозволяє враховувати коливання характеристик технологічного потоку пульпи, який подається на переробку при реалізації алгоритму змінення кількості флокулянту та продуктивності вихідного потоку згущеного продукту при керуванні процесом згущення у дешламаторі. У даному випадку змінення властивостей збагачуваної руди розглянуто як додатковий збурюючий фактор, для урахування якого здійснюють вимірювання та регулювання швидкості осадження твердої фази пульпи.

Результати. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що оцінки нелінійності процесу поширення ультразвукових хвиль другого та третього порядків у пульпі, яка осаджується у дешламаторі, необхідно застосовувати для оптимізації його роботи. Запропонований підхід дозволяє врахувати густину пульпи та характер розподілу часток твердої фази рудного матеріалу у дешламаторі за крупністю, встановити характеристики вихідного продукту дешламатора, та у відповідності до параметрів процесу осадження часток руди і за рахунок цього зменшити витрати води на 3,5% і втрати корисного компонента на 0,6–0,7%.

Ключові слова: дешламатор, ультразвук, автоматичне керування, моделювання, залізна руда, пульпа.

Morkun V.S., Morkun N.V., Tron V.V., Serdiuk O.Yu., Haponenko O.O., Haponenko I.O. Nonlinear ultrasonic measurements usage for the estimation of the pulp solid phase deposition parameters in the thickener

Purpose. To establish the feasibility and develop a method for estimating the nonlinearity of the process of propagation of ultrasonic waves of the second and third orders in the pulp deposited in the thickener to optimize its work.

Research methods. The following methods were used in the research process: analysis of the results of domestic and foreign research, systems analysis, mathematical modeling, analytical synthesis, computer modeling, numerical modeling, computer information technology.

Scientific novelty. In the conditions of variable speed of propagation of ultrasound and variable density of randomly inhomogeneous medium for modeling of this process it is necessary to use methods of stratified space of the first and higher orders. Based on mathematical modeling of the ultrasonic propagation process in ore pulp, it was established that the change in the pulse shape of acoustic oscillations of finite duration is a consequence of nonlinear characteristics of the ultrasonic propagation process in the pulp, which in turn is determined by its density and particle size distribution.

Practical significance. It was proposed to use nonlinear ultrasonic measurements to estimate the parameters of the deposition of the solid phase of the pulp during its thickening in the thickener. This allows to take into account fluctuations in the characteristics of the technological flow of the pulp, which is submitted for processing in the implementation of the algorithm for changing the amount of flocculant and productivity of the output flow of condensed product in controlling the thickening process. In this case, the change in the properties of the enriched ore is considered as an additional perturbing factor, which takes into account the measurement and control of the rate of deposition of the solid phase of the pulp.

Results. The obtained results allow us to conclude that estimates of the nonlinearity of the process of propagation of second- and third-order ultrasonic waves in the pulp deposited in the thickener should be used to optimize its performance. The proposed approach allows to take into account the density of the pulp and the nature of the distribution of solid phase particles of ore material in the thickener by size, to establish the characteristics of the thickener source product, and by 0.6-0.7%.

Key words: thickener, ultrasound, measurements, modeling, iron ore, pulp.

УДК 528.4

Куліковська О. Є. Геодезія, картографія і кадастр у Сербській Республіці

Мета. У зв'язку з появою сучасних вимог щодо забезпечення необхідною інформацією органів державної влади та органів місцевого самоврядування, зацікавлених підприємств, установ і організацій, а також громадян із метою регулювання земельних та інших відносин, визначення розміру плати за землю і цінності земель у складі природних ресурсів, контролю за використанням і охороною земель, економічного, екологічного обґрунтування бізнес-планів і господарських проєктів з'явилася мета проаналізувати практику організації геодезичних, картографічних і кадастрових робіт за кордоном на прикладі розгляду історії та сучасного стану картографо-геодезичного забезпечення, проведення кадастрових робіт на території Сербської Республіки.

Методи дослідження. Поставлена мета і завдання дослідження зумовили використання загальнонаукових підходів, логічних законів побудови висновків, спеціальних методів пізнання. При виконанні завдань дослідження спиралося на світовий досвід застосування описового методу, порівняльно-історичного методу (компаративізму), історико-типологічного методу на підставі комплексного і системного підходів. Інформаційною базою проведення дослідження служили збірники наукових робіт, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси, нормативні документи.

Наукова новизна. Охарактеризовано вибір ефективних методів практики організації геодезичних, картографічних та кадастрових робіт за кордоном на прикладі розгляду історії та сучасного стану проведення топографо-геодезичних робіт, картографо-геодезичного забезпечення, проведення кадастрових робіт на території Сербської Республіки.

Практична значимість. Відзначається цільовим напрямом даного дослідження для потреб фахівців геодезичної галузі та для землевпорядників, для організації ефективної роботи щодо методів і способів збору просторових даних, які можуть забезпечити оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації із заданою точністю і необхідним обсягом інформації як для потреб країни, так і зацікавлених користувачів.

Результати. У роботі розглянуто історію та сучасний стан картографо-геодезичного забезпечення зарубіжної території, виконано аналіз практик організації геодезичних, кадастрових та картографічних робіт управлінням геопросторовими даними у Сербській Республіці. Показано правила проведення моніторингу та обстеження території і споруд, описано правила проведення національної геодезичної та картографічної діяльності, які слугують основою для землеустрою. Досліджено впровадження інфраструктури геопросторових даних у республіці, яка є доступною для всіх в Інтернеті.

Ключові слова: геодезія, картографія, кадастр, Сербська Республіка, інфраструктура геопросторових даних, моніторинг

Kulikowska O. Ye. Geodesy, cartography and cadastre in the Serbian Republic

Purpose. Due to the emergence of modern requirements for providing the necessary information to state authorities and local self-government bodies, interested enterprises, institutions and organizations, as well as citizens in order to regulate land and other relations, determine the amount of land fees and the value of land as part of natural resources, control over the use and protection of land, economic, environmental justification business plans and economic projects have a goal to analyze the practice of organizing geodetic, cartographic and cadastral works abroad on the example of considering the history and current state of cartographic and geodetic support, carrying out cadastral works on the territory of the Serbian Republic.

Research methods. The set goal and objectives of the research led to the use of general scientific approaches, logical laws of drawing conclusions, special methods of cognition. The research was based on the world experience of using the descriptive method, the comparative historical method (comparatives), the historical and typological method based on complex and systematic approaches. The information base of the research was collections of scientific papers, periodical professional publications, Internet resources, regulatory documents.

Scientific novelty. The choice of effective methods of organizing geodetic, cartographic and cadastral works abroad is characterized by the example of considering the history and current state of topographic and geodetic works, cartographic and geodetic support, and cadastral works on the territory of the Serbian Republic.

Practical significance. It is noted that the target direction of this study is for the needs of specialists in the geodetic industry and for land managers, for organizing effective work on methods and methods of collecting spatial data that can provide operational automated receipt of cartographic information with a given accuracy and the necessary amount of information for both the needs of the country and interested users.

Results. The paper examines the history and current state of cartographic and geodetic support of the foreign territory, analyzes the practices of organizing geodetic, cadastral and cartographic work by geospatial data management in the Serbian Republic. The rules of monitoring and survey of territories and structures are showing, the rules of conducting national geodetic and cartographic activities, which serve as the basis for land management, are described. The implementation of the geospatial data infrastructure in the republic, which is accessible to everyone on the Internet, has been investigated.

Key words: geodesy, cartography, cadastre, Serbian Republic, geospatial data infrastructure, monitoring

УДК 624.131

Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Савенко В.О., Балецька К.В. Класифікація геосинтетичних матеріалів

Мета. Надання розширеної класифікації геосинтетичних матеріалів за різними характеристиками, розгляд основних способів їх застосування кожного типу геосинтетика залежно від його індивідуальних властивостей.

Методи дослідження. У будівельній практиці застосування геосинтетичних матеріалів стрімко зростає. Вони використовуються в дорожньому, гідротехнічному, екологічному, підземному будівництві, а також для стабілізації ерозійних процесів ґрунтів. Це пов'язано зі збільшенням рівня складності та відповідальності архітектурних та будівельних рішень у спеціальних інженерно-геологічних умовах, наростаючим процесом урбанізацією регіонів та підвищенням щільності забудови. У цих умовах виникає необхідність застосування нових технологій, матеріалів та конструкцій, що забезпечують підвищення надійності та безпеки будівництва.

Наукова новизна. Була дана розгорнута класифікація за такими параметрами: наявність унікальних властивостей, структурою, проникністю, формою та змістом, наявність функціональних особливостей.

Практична значимість. При будівництві на техногенних ґрунтах, що характеризуються значною неоднорідністю фізико-механічних властивостей, можливою наявністю порожнин, використання геосинтетиків дає можливість запобігти суффузійним процесам і підвищити надійність конструкцій. Ефект армування геосинтетиками також широко використовується при будівництві підірних ґрунтових споруд і закріпленні укосів ґрунту з кутом закладення вище нормативного, що в ряді випадків служить альтернативою бетонним і кам'яним підпірним стінам. Такі рішення мають суттєві технічні переваги і є економічно вигідним під час виконання робіт у обмежених умовах міської забудови.

Результати. Значне розширення номенклатури синтетичних та композитних матеріалів, поліпшення їх фізико-механічних характеристик призведе до більших обсягів їх використання, забезпечить високий рівень конструктивних рішень, дасть поштовх нових технологіям будівництва автошляхів та у сукупності призведе до істотного зниження використання природних ресурсів та виконання екологічних вимог.

Ключові слова: геосинтетичні матеріали; класифікація; георешітки; геосітки

Timchenko R.O., Krishko D.A., Savenko V.O., Baletska K.V. Classification of geosynthetic materials

Purpose. Providing an expanded classification of geosynthetics according to different characteristics, considering the main ways of their application of each type of geosynthetics, depending on its individual properties.

Research methods. In construction practice, the use of geosynthetic materials is growing rapidly. They are used in road, hydraulic, environmental, underground construction, as well as to stabilize the erosion processes of soils. This is due to an increase in the level of complexity and responsibility of architectural and construction solutions in special engineering and geological conditions, the growing process of urbanization of regions and an increase in building density. Under these conditions, it becomes necessary to use new technologies, materials and structures that improve the reliability and safety of construction.

Scientific novelty. A detailed classification was given according to the following parameters: the presence of unique properties, structure, permeability, form and content, the presence of functional features.

Practical significance. When building on technogenic soils, characterized by a significant heterogeneity of physical and mechanical properties, the possible presence of cavities, the use of geosynthetics makes it possible to prevent suffusion processes and increase the reliability of structures. The effect of reinforcement with geosynthetics is also widely used in the construction of retaining soil structures and fixing soil slopes with a laying angle higher than the standard, which in some cases serves as an alternative to concrete and stone retaining walls. Such solutions have significant technical advantages and are cost-effective when performing work in limited urban areas.

Results. Significant expansion of the range of synthetic and composite materials, improvement of their physical and mechanical characteristics will lead to large volumes of their use, provide a high level of design solutions, give impetus to new road construction technologies and, together, lead to a significant reduction in the use of natural resources and the fulfillment of environmental requirements.

Key words: geosynthetic materials; classification; geogrids; geonets.

УДК 622.1:528.02

Долгіх О.В. Вибір типу знімальної камери для маркшейдерського забезпечення гірничодобувних підприємств

Метою досліджень є аналіз цифрової дзеркальної камери та камери мобільного телефону з метою вибору певного типу для виконання зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств. Виконання аналізу залежності точності знімальних робіт від характеристик знімального устаткування, умов об'єкту та задач, які вирішуються за її результатами. Спираючись на вимоги до певного виду знімальних робіт, пропонується вибір найбільш ефективних засобів знімання.

Методи досліджень ґрунтуються на аналізі виконаних знімальних робіт на різних об'єктах гірничодобувних підприємств: кар'єрах, відвалах, хвостосховищах, проммайданах. Обґрунтовано використання камер мобільних телефонів для вирішення задач, що не потребують високої точності визначень, та дзеркальних цифрових камер для вирішення задач з достатньо високою точністю.

Наукова новизна результатів досліджень полягає в отриманні даних для обґрунтування вибору фотограмметричних характеристик камер, які можуть використовуватися для виконання знімальних робіт з необхідною або достатньою точністю визначень за побудованими цифровими планами та моделями. Аналіз результатів досліджень дозволив зробити висновок про можливість використання камер деяких мобільних телефонів для зйомок об'єктів гірничодобувних підприємств.

Практична значимість виконаних досліджень полягає у визначенні даних, необхідних для вибору знімальної камери при вирішенні задач, що характеризуються різною точністю, оперативністю та умовами виконання. Отримані характеристики камер мобільних телефонів, які можуть використовуватися для зйомок гірничих об'єктів та визначені умови і особливості виконання таких знімальних робіт. Встановлено, що на точність цифрової моделі, отриманої камерою мобільного телефону, суттєво впливає схема розташування опорних точок.

Результати досліджень. Знімальні роботи, виконані різними камерами, дозволили визначити характеристики з якості зображень. Досліджені питання зменшення геометричних спотворень зображення, вибору програмного забезпечення для опрацювання зображень, зменшення залежності щільності матриці пікселів та кута охоплення зйомкою

місцевості від елементів внутрішнього орієнтування камери. Визначено вимоги до параметрів знімання об'єктів гірничодобувних підприємств та точність знімання за допомогою камери мобільного телефону.

Ключові слова: цифрова зйомка, тип камери, гірничодобувні підприємства, точність зйомки.

Dolgikh O. V. The choice of camera type for surveying support of mining enterprises

Purpose is to analyze a digital SLR camera and a mobile phone camera to select a specific type for surveying mining facilities. Analysis of the dependence of the accuracy of survey work on the characteristics of the survey equipment, the conditions of the object and the tasks to be solved based on the results. Based on the requirements for a certain type of survey work, a choice of the most effective means of survey is proposed.

Research methods are based on the analysis of the most significant work on various objects of the mining industry: quarries, dumps, tailings, industrial sites. A variety of mobile phone cameras were primed for tasks that do not require high accuracy and digital mirror cameras for tasks with sufficient high accuracy.

Scientific novelty. Obtaining data to justify the choice of photogrammetric characteristics of cameras that can be used to perform survey work with the necessary or sufficient accuracy of determination according to the constructed digital plans and models. An analysis of the research results made it possible to conclude that it is possible to use the cameras of some mobile phones to film mining facilities.

Practical significance. Determining the data necessary for choosing a camera when solving problems characterized by different accuracy, efficiency, and execution conditions. The characteristics of mobile phone cameras that can be used for filming mountain objects are obtained, and the conditions and features of the survey are determined. It has been established that on the accuracy of the digital model obtained by the camera of a mobile phone is significantly affected by the layout of the reference points.

Results. Shooting work performed by different cameras made it possible to determine the characteristics in terms of image quality. The issues of reducing geometric image distortions, choosing software for image processing, reducing the dependence of the density of the pixel matrix and the coverage angle of the terrain on the elements of the internal orientation of the camera are studied. The requirements for the parameters of shooting objects of mining enterprises and the accuracy of shooting using a mobile phone camera are determined.

Key words: digital survey, camera type, mining enterprises, survey accuracy.

УДК 622.807

Лапшин О. Є., Лапшин О. О., Худик М. В. Безпека проведення висхідних виробок за допомогою бурильних машин

Мета. Для підвищення безпеки праці при проведенні висхідних гірничих виробок та зниження ризику отримання травм і отруєнь необхідно дослідити та проаналізувати способи проходження висхідних виробок різного призначення та перерізу, а також умови праці працівників, задіяних на процесах проходки. Надати методи безпечного проведення робіт під час проходки висхідних гірничих виробок за допомогою бурильних машин в умовах залізрудних шахт.

Методи. Дослідження здійснювалися комплексним методом: виконувався аналітичний огляд різних джерел інформації та практичних даних щодо способів проведення висхідних гірничих виробок в умовах залізрудних шахт; проводилося узагальнення літературних джерел з небезпеки проведення висхідних виробок із застосуванням вибухових речовин; надані висновки з підвищення безпеки праці під час проведення висхідних виробок за допомогою бурильних машин.

Наукова новизна. Надано відомості з ефективності знешкодження шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) в атмосферу під час проведення виробок буровибуховим способом, обгрунтовано безпечний спосіб проведення висхідної виробки за допомогою станків Robbins компанії Epiroc.

Практична значимість. Рекомендовано застосування модульної звукоізоляційної kabini для захисту оператора від шумового навантаження під час обслуговування бурильного станка. Розроблено конструкцію модульної звукоізоляційної kabini і проведено аналіз використання різних матеріалів (алюміній, нержавіюча сталь, пресована деревина) для виготовлення конструктивних елементів kabini.

Результати. Приведені дані шкідливих виділень (оксиду вуглецю, оксидів азоту, пилу) при проведенні висхідних гірничих виробок буровибуховим способом. Наведена характеристика небезпечних і шкідливих факторів під час здійснення вибухових робіт. Виконано аналіз рекомендацій та способів пилогазоподавлення при проведенні висхідних виробок буровибуховим способом. Проаналізовано способи проходження висхідних гірничих виробок різного перерізу та призначення (господарчих, рудозвальночних, вентиляційних та ін.). Надані переваги проведення висхідних за допомогою бурильних машин, в тому числі за допомогою станків Robbins компанії Epiroc. Виконано дослідження звукоізолюючих властивостей алюмінію, нержавіючої сталі та пресованої деревини з метою їх використання при виготовленні модульної звукоізоляційної kabini.

Ключові слова: виробка, висхідний, пил, газу, вибух, безпека, травматизм, kabina

Lapshyn O. Ye., Lapshyn O. O., Khudyk M. V. Safety driving of raise workings with the help of drilling machines

Purpose. In order to increase labor safety in the driving of raise mine workings and reduce the risk of injury and poisoning, it is necessary to investigate and analyze the methods of driving raise workings for various purposes and sections, as well as the working conditions of workers involved in the sinking processes. To provide methods for safe work during the driving of raise mine workings with the help of drilling machines in the conditions of iron ore mines.

Research methods. The research was carried out by a complex method: an analytical review of various sources of information and practical data on the methods of driving raise mine workings in the conditions of iron ore mines was carried out; generalization of literary sources on the danger of driving raise workings with the use of explosives was carried out; conclusions are provided on improving labor safety driving raise workings with the help of drilling machines.

Scientific novelty. Statements are given on the effectiveness of neutralizing harmful emissions (carbon monoxide, nitrogen oxides, dust) into the atmosphere driving workings by drilling and blasting, a safe method of raise workings with the help of Robbins machines of the Epiroc company is substantiated.

Practical significance. The use of a modular soundproof cabin is recommended to protect the operator from noise load during maintenance of the drilling rig. The design of a modular soundproof cabin was developed and an analysis was made of the use of various materials (aluminum, stainless steel, pressed wood) for the manufacture of structural elements of the cabin.

Results. The data of harmful emissions (carbon monoxide, nitrogen oxides, dust) driving raise mine workings by drilling and blasting are given. The characteristics of dangerous and harmful factors during the implementation of blasting are given. The analysis of recommendations and methods of dust and gas suppression in the driving of raise workings by drilling and blasting was carried out. The methods of driving raise mine workings of various sections and purposes (equipment, ore dumping, ventilation, etc.) are analyzed. The advantages of driving the raises with the help of drilling machines, including the Robbins machines of the Epiroc company, are given. A study was made of the soundproofing properties of aluminum, stainless steel and pressed wood in order to use them in the manufacture of a modular soundproof cabin.

Key words: working, raise, dust, gases, explosion, safety, injuries, cabin

УДК 691.3

Сахно С.І., Янова Л.А., Пищикова О.В., Манько А.Є., Пищикова К.С.

Аналіз напружено-деформованого стану конструкції п'ятиповерхової будівлі з CLT панелей методом скінчених елементів

Мета. Дослідження особливостей напружено-деформованого стану каркасу багатоповерхової будівлі з клеєної деревини методом скінчених елементів.

Методи досліджень. Математичне моделювання деформацій та напружень в елементах каркасу виконувалось в програмному середовищі ANSYS Student. Аналіз напружено-деформованого стану елементів моделі з урахуванням ортотропних властивостей матеріалу. Модальний аналіз конструкції будинку.

Наукова новизна. В результаті досліджень отримав подальший розвиток метод математичного моделювання конструкцій виготовлених з ортотропних матеріалів. Виявлені особливості розподілення напружень та деформацій в конструкціях з CLT панелей.

Практичне значення. Моделювання напружено-деформованого стану конструкцій з ортотропного матеріалу дозволяє виконувати розрахунки та оптимізацію конструкції будинків та споруд з деревини за допомогою програмного комплексу ANSYS. Показано, що CLT панелі є перспективними для застосування в багатоповерховому будівництві в Україні.

Результати. В результаті досліджень виявлені особливості роботи багатоповерхового будинку з CLT панелей. Панелі мають високу міцність та жорсткість і можуть бути використані для будівництва багатоповерхових будинків. Проведено підбір оптимальної товщини міжповерхового перекриття. Виявлено особливості роботи силового каркасу першого поверху який складається з колон та балок з клеєної деревини та центральним ядром з CLT панелей. Найбільші відносні деформації спостерігаються у колонах першого поверху та у місцях примикання стінових панелей до перекриття. Найбільші напруження виникають у конструкції покрівлі, колонах першого поверху та у місцях з'єднання міжкімнатних перегородок верхнього поверху з підвітряної сторони будівлі. Показано, що CLT панелі забезпечують достатню стійкість конструкції при зменшенні її загальної ваги. Модальний аналіз будинку показав, що форма коливань та амплітуда відхилень конструкції значною мірою залежить від жорсткості колон першого поверху. Результати досліджень показують, що найбільш небезпечними є четверта та п'ята форми коливань із частотами, відповідно 16,9 та 17,2 Гц.

Ключові слова: деревина, метод скінчених елементів, деформації, міцність, CLT панелі

Sakhno S.I., Yanova L.A., Pishchikova O. V., Manko A.Ye., Pishchikova K. S.

Analysis of the stress-strain state of a five-storey building with CLT panels by finite element method

Purpose. Investigation of the features of the stress-strain state of the frame of a multi-storey building made of glued wood by the finite element method.

Research methods. Mathematical modelling of deformations and stresses in the frame elements was performed in the ANSYS Student software system. Analysis of the stress-deformed state of the elements of the model, taking into account the orthotropic properties of the material. Modal analysis of the design of the house.

Scientific novelty. As a result of research, the method of mathematical modelling of structures made of orthotropic materials was further developed. Peculiarities of stress and strain distribution in CLT panel constructions are revealed.

Practical significance. Modelling the stress-strain state of orthotropic structures allows performing calculations and optimization of buildings and structures made of wood using the software package ANSYS. It is shown that CLT panels are promising for use in multi-storey construction in Ukraine. The results of the studies show that the most dangerous are the fourth and fifth forms of oscillations with frequencies of 16.9 and 17.2 Hz, respectively.

Results. As a result of research, features of the work of the Multi-storey house from CLT panels are revealed. The panels have high strength and rigidity and can construct multi-storey buildings. The selection of the optimal thickness of the floor slab was carried out. The peculiarities of the operation of the power frame of the first floor, which consists of columns and beams of glued wood and the central core of CLT panels. The most significant relative deformations are observed in the first-floor columns and at the junctions of wall panels to the floor. The most considerable stresses arise in the construction of the roof, columns of the first floor and at the intersection of interior partitions on the upper floor on the leeward side of the building. It is shown that CLT panels are promising for use in multi-storey construction in Ukraine. Modal analysis of the structure showed that the shape of the oscillations and the amplitude of the deviations largely depend on the stiffness of the first-floor columns.

Key words: timber, finite element method, deformation, strength, CLT panels

УДК 624.153.524

Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Савенко В.О., Болотніков А.В. Особливості рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються

Мета. У зв'язку з підвищенням дефіциту вільних земельних ділянок під забудову, в умовах зростання обсягів капітального будівництва, виникає необхідність використання територій зі складними інженерно-геологічними умовами. Неоднорідність деформаційно-міцнісних властивостей ґрунтових основ призводить до перенапруження в розрахункових перерізах конструкцій фундаментів та нерівномірності їх осідань, відповідно зменшуючи міцність та довговічність окремих частин та будівлі в цілому. При проектуванні будівель та споруд у таких інженерно-геологічних умовах передбачаються спеціальні заходи, що забезпечують необхідні експлуатаційні якості та довговічність об'єктів. Метою досліджень є аналіз існуючих та пошук нових конструктивних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями, які зводяться на основах, що нерівномірно деформуються.

Методи дослідження. В даний час можна виділити низку загальних принципів розвитку, вдосконалення та оптимізації фундаментних конструкцій: зниження маси фундаментів та витрати матеріалів на одиницю несучої здатності; зниження трудомісткості їх улаштування; створення конструкцій, що дозволяють залучити до роботи максимальний обсяг ґрунту та отримати більш рівномірний напружено-деформований стан масиву ґрунту в основі фундаментів та знизити концентрацію напружень на кордоні «фундамент – основа»; розробка та уточнення розрахункових схем ґрунтових основ.

При виконанні досліджень були застосовані методи аналізу, синтезу та порівняння сучасних технічних рішень фундаментів з вирівнювальними властивостями.

Наукова новизна. Актуальність даної роботи пов'язана із розв'язанням поставленої задачі. Її результатом є вибір найбільш оптимального технічного рішення фундаменту, який має вирівнювальні властивості на основах, що нерівномірно деформуються.

Практична значимість. Розроблення або вдосконалення нового конструктивного рішення фундаментів із вирівнювальними властивостями і подальше його застосування у промисловому та цивільному будівництві в умовах нерівномірних осідань, що викликані деформаціями основи у складних інженерно-геологічних умовах і зазвичай значно перевищують відповідні величини, що мають місце у звичайних інженерно-геологічних умовах.

Результати. Проведені аналітичні дослідження дозволили виявити слабкі сторони існуючих технічних рішень фундаментів із вирівнювальними властивостями, що дозволить в подальшому розробити нові або вдосконалити існуючі конструктивні рішення.

Ключові слова: фундаменти з вирівнювальними властивостями, аналітичні методи, конструктивні рішення

Timchenko R.O., Krishko D.A., Savenko V.O., Bolotnikov A.V. Solutions for foundations with leveling properties, which are erected on unevenly deformed bases.

Purpose. In connection with the increase in the shortage of free land plots for development, in the context of an increase in the volume of capital construction, it becomes necessary to use territories with complex engineering and geological conditions. The heterogeneity of the deformation-strength properties of soil foundations leads to overstress in the calculated sections of foundation structures and uneven subsidence, respectively, reducing the strength and durability of individual parts and the building as a whole. When designing buildings and structures in such engineering and geological conditions, special measures are provided to ensure the necessary performance and durability of objects. The purpose of the research is to analyze existing and search for new design solutions for foundations with leveling properties, which are built on unevenly deformed foundations.

Research methods. At present, a number of general principles for the development, improvement and optimization of foundation structures can be distinguished: reducing the mass of foundations and the consumption of materials per unit of bearing capacity; reducing the complexity of their device; creation of structures that make it possible to involve the maximum volume of soil in the work and obtain a more uniform stress-strain state of the soil mass at the base of the foundations and reduce the stress concentration at the «base - foundation» boundary; development and refinement of design schemes for soil foundations. When performing research, methods of analysis, synthesis and comparison of modern technical solutions for foundations with leveling properties were applied.

Scientific novelty. The relevance of this work is related to the solution of the problem. Its result is the choice of the most optimal technical solution for the foundation, which has leveling properties on unevenly deformed foundations.

Practical significance. Development or improvement of a new constructive solution for foundations with leveling properties and its subsequent application in industrial and civil construction under conditions of uneven settlement caused by deformations of the foundation in difficult engineering and geological conditions and usually significantly exceeding the corresponding values that occur in ordinary engineering and geological conditions.

Results. The conducted analytical studies made it possible to identify the weaknesses of the existing technical solutions for foundations with leveling properties, which will make it possible to develop new or improve existing design solutions in the future.

Key words: foundations with leveling properties, analytical methods, constructive solutions

УДК 621.867.522.2

Горбачов Ю.Г., Громадський А.С., Кривенко О.Ю., Чумак Ю.І. Дослідження можливості створення конструкції легкого вібротранспортного модулю універсального призначення

Мета. Метою роботи є обґрунтування конструктивного рішення та раціональних параметрів уніфікованого вібротранспортного модулю легкого типу для використання в якості засобів вібраційного випуску та транспортування сипких матеріалів. Потреба у такому обладнанні відчувається у багатьох технологічних процесах гірничого виробництва, пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин, у тому числі рудних. Використання універсального модульного пристрою для механізації різних транспортних операцій дасть змогу підвищити рівень уніфікації

гірничого устаткування та скоротити номенклатуру об'єктів виробництва гірничого машинобудування. З огляду на це важливість та актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. За допомогою аналітичного методу дослідження джерел науково-технічної інформації обґрунтовано та сформульовано вимоги до подібного обладнання. Розглянуто умови роботи засобів механізації для вібраційного випуску сипких матеріалів з різного роду ємностей та вібраційного транспортуванні їх на малі і середні відстані. Шляхом використання методу динамічного аналізу з'ясовано особливості робочих навантажень, що діють на машини у кожному конкретному випадку, та визначено межі раціональних параметрів режимів вібрації. За допомогою експериментальних досліджень підтверджено працездатність запропонованого технічного рішення. Зроблено висновок про можливість поєднання в одній конструкції пристроїв для виконання різних технологічних операцій.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання єдиного уніфікованого вібротранспортного модуля легкого типу для механізації технологічних операцій випуску і доставки масових вантажів, у тому числі гірничої маси та продуктів її переробки.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить розширити технологічні можливості вібротранспортного обладнання за рахунок поєднання різних функцій в одному пристрої, причому за умови високоєфективного їх виконання.

Результати. Обґрунтовано та експериментально підтверджено раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри уніфікованого вібротранспортного модуля універсального призначення.

Ключові слова: випуск сипких матеріалів з ємностей, вібраційне транспортування гірничої маси, вібротранспортна установка.

Horbachov Iu.G, Hromadskyi A.S, Krivenko O.Yu, Chumak Yu. I. Study of the possibility of creating the structure of the lung vibrotransport module for universal purpose

Purpose. To substantiate the design solution and rational parameters of a unified light-type vibrotransport module for use as a means of vibration release and transportation of bulk materials. The need for such equipment is felt in many technological processes of mining associated with the extraction and processing of minerals, including ore. The use of a universal modular device for the mechanization of various transport operations will increase the level of unification of mining equipment and reduce the range of mining engineering production facilities. Given this, the importance and relevance of the research topic is beyond doubt.

Research methods. With the help of the analytical method of researching sources of scientific and technical information, the requirements for such equipment are substantiated and formulated. The operating conditions of mechanization means for vibratory release of bulk materials from various containers and their vibrational transportation over short and medium distances are considered. By using the method of dynamic analysis, the features of the workloads acting on the machines in each specific case were clarified, and the limits of the rational parameters of the vibration modes were determined. With the help of experimental studies, the operability of the proposed technical solution was confirmed. It is concluded that it is possible to combine devices in one design to perform various technological operations.

Scientific novelty. It consists in the development of the idea of using a single unified light type vibrotransport module for mechanization of technological operations for the release and delivery of bulk cargo, including rock mass and products of its processing.

Practical significance. The practical implementation of the idea will expand the technological capabilities of vibro-transport equipment by combining various functions in one device, and with their highly efficient implementation.

Results. Rational design and operational parameters of a unified vibrotransport module for universal purposes are substantiated and experimentally confirmed.

Key words: release of bulk materials from containers, vibratory transportation of rock mass, vibrotransport unit

УДК 621.771.001

Чубенко В.А., Дмитрієв І. Дослідження раціональних режимів обробки при прокатуванні прямокутної смуги

Мета роботи полягає у тому, що на ефективність прокатного виробництва цілком впливає продуктивності процесу, яка в свою чергу залежить від кількості проходів на прокатному стані при виготовленні виробу. Встановлення раціональних режимів обтиснення для прокатування прямокутної смуги 65x15 мм є задача актуальна, що забезпечить зменшення кількості проходів

Методи дослідження базуються на використанні фундаментальних положень теорії і технології обробки металів тиском. В роботі використовувалися розрахункові методи визначення режимів обробки та калібрування прокатних валків за способом Чекмарєва А.П., було виконано моделювання допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН – Системи проектування»

Наукова новизна роботи полягає у встановленні науково обґрунтованих раціональних режимів обтиснення для виготовлення прямокутної смуги 65x15 мм.

Практичне значення роботи полягає у розробці удосконаленої технології прокатування прямокутної смуги, яка дозволяє скоротити кількість проходів з 13 до 8, що забезпечує підвищення ефективності процесу за рахунок збільшення продуктивності та зменшення собівартості процесу.

Результати. Виконано дослідження технологічного процесу прокатки смуги гарячекатаної загального призначення, розміром 15 x 65 мм із квадратної сталєвої заготовки 80 x 80 мм та запропоновано його удосконалення. Було досліджено і обрано обладнання, на якому можливо виготовити даний продукт. В якості такого обладнання було запропоновано безперервний багатоклітьовий прокатний стан ДС 250. Визначено його характеристики, розміри робочих валків, швидкість обробки, встановлено потрібну кількість робочих клітей та виявлено необхідну форму і розміри калібрів прокатних валків. Розрахунок калібрувань прокатних валків стану дозволяє виготовити виріб високої точності. За отриманими даними за допомогою системи САД «Компас 3D» v20 виробництва ТОВ «АСКОН –

Системи проектування» було побудовано профілі розкатів та моделі калібрування валків, а також креслення перерізів, що допомогло обґрунтувати запропоновані режими обтиснення.

Розроблена технологія дозволила скоротити кількість проходів при виготовленні прямокутної смуги 65x15 з 13 до 8, що забезпечує зменшення часу на прокатування, збільшення продуктивності процесу, зниження собівартості виготовлення продукції.

Ключові слова: прокат, смуга гарячекатана, прокатний стан, режими обтиснення, робоча кліть, валки, калібрування, швидкісний режим, ребровий калібр

Chubenko V.A., Dmytriiev I. Study of rational processing modes during rectangular rolling

Purpose of research is that the efficiency of rolling production is fully affected by the productivity of the process, which, in turn, depends on the number of passes on the rolling state in the production of the product. Installing rational modes of compression for rolling rectangular band 65x15 is the task is relevant, which will reduce the number of passages

Research methods. Fundamental provisions of the theory and technologies of processing of metals by pressure. The calculation methods for determining the processing modes and calibration of rolling mills by the Method of Cekmarev AI, were used, Modeling was performed using the CAD "Compass 3D" system V20 production of LLC "Askon - Designing Systems".

Scientific novelty of the work is established scientifically grounded rational modes of compression for the manufacture of a rectangular strip 65x15 mm.

Practical significance. An improved rectangular bandwidth technology that allows to reduce the number of passes from 13 to 8, which provides increased process efficiency by increasing productivity and reduce the cost of the process.

Results. Study of the technological process of rolling hot rolling of general purpose band, size 15 x 65 mm from square steel billets 80 x 80 mm and its improvement. The equipment that it is possible to make this product was investigated and selected. As such equipment, a continuous multifaceted rolling state of DS 250 was proposed. Its characteristics are determined, the size of working rolls, processing speed, set the required number of working cages and identified the necessary form and size of the rolling rolls of rolling rolls. Calculation of calibration of rolling rolls of the state allows you to make high accuracy products. According to the data with the data of the CAD "Compass 3D" V20 production, LLC "Askon - Designing" LLC has been built and the calibration of rollers, as well as drawings of sections, which helped to substantiate the proposed compression regimes.

The technology has allowed to reduce the number of passes in the manufacture of a rectangular strip 65x15 of 13 to 8, which provides a decrease in time to rolling, increase the productivity of the process, reducing the cost of manufacturing products.

Key words: hot rolled metal, rolling condition, compression modes, working clebs, rolls, calibration, speed mode, rib caliber

УДК 691.32

Астахова Н.В. Дослідження деформативних властивостей цементного каменю з використанням активованих відходів ГЗК

Бетони, що використовуються для ремонту будівельних конструкцій, повинні мати високу швидкість формування фізико-механічних властивостей. Крім того, в процесі виготовлення, твердіння та експлуатації в бетоні відбуваються об'ємні зміни, виникають деформації матеріалу. Їх величина залежить від властивостей складових бетону, його структури, особливостей технології та інших факторів. Деформативні властивості бетону враховуються при проектуванні конструкцій, і вони здійснюють великий вплив на якість та довговічність бетонних та залізобетонних споруд.

Мета. Отримання цементного каменю зі зниженими деформативними властивостями під дією навантаження, шляхом модифікації його структури активованим наповнювачем з відходів ГЗК.

Методи дослідження. У якості основних методів досліджень використані руйнуючі методи оцінки міцності при стиску стандартних зразків.

Наукова новизна. Експериментально підтверджена можливість модифікації властивостей портландцементу введенням до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що призводить до утворення меншої кількості гелю та більшої кількості кристалічних новоутворень в продуктах гідратації цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження.

Практичне значення. Отриманий цементний камінь, який володіє підвищеною швидкістю формування деформативних властивостей, за рахунок введення до його складу активованого наповнювача з відходів ГЗК і водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами, що розширює сировинну базу будівельних матеріалів, знижує вартість будівельних виробів та конструкцій та скорочує витрати на ремонт будівель та споруд.

Результати. На основі виконаних досліджень було виявлено, що введення активованого наповнювача з відходів ГЗК в кількості 20 % та водного колоїдного розчину з залізовмісними комплексами в кількості 0,5 % від маси цементу, призводить до зниження деформативних властивостей цементного каменю під дією навантаження. При цьому швидкість формування деформативних властивостей даного цементного каменю вища в порівнянні з бездодавочним.

Ключові слова: відходи ГЗК, водний колоїдний розчин з залізовмісними комплексами, деформації усадки цементного каменю.

Astakhova N.V. Study of stress-strain properties of the cement stone with activated GZK wastes

Concretes for repairing building structures should have a high rate of physical and mechanical properties formation. In addition, while manufacturing, hardening and during service, concrete undergoes volumetric changes; there occur strains of the material. Their size depends on properties of components of concrete, its structure, features of technology and other factors. The stress-strain properties of concrete are considered when designing structures and they have a great impact on quality and durability of concrete and reinforced concrete structures.

Purpose. Obtaining the concrete stone with reduced stress-strain properties under the load through modifying its structure by the activated aggregate made of GZK wastes.

Research methods. The main methods of research include destructive methods for assessing strength when compressing standard samples.

Scientific novelty. There has been experimentally confirmed a possibility of modifying properties of Portland cement by introducing an activated aggregate made of GZK wastes and the aqueous colloidal solution with iron-containing complexes that leads to formation of a smaller amount of gel and more crystalline newgrowths in cement hydration products, a decrease in the stress-strain properties of the cement stone under the load.

Practical significance. The resulting cement stone characterized by an increased rate of formation of stress-strain properties due to introduction of the activated aggregate made of GZK wastes and the aqueous colloidal solution with iron-containing complexes expands the raw material base of building materials, reduces the cost of building products and structures and expenditures for repairing buildings and structures.

Results. Based on the studies performed, it has been found that introduction of the activated aggregate made of GZK wastes and the aqueous colloidal solution with iron-containing complexes (20% and 0.5% of the cement mass respectively) leads to a decrease in the stress-strain properties of the cement stone under the load. At the same time, the rate of formation of stress-strain properties of this cement stone is higher compared to the plain one.

Key words: GZK wastes, aqueous colloidal solution with iron-containing complexes, cement stone shrinkage strain.

УДК 681.518

Кіянівський М.В., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О. Обґрунтування параметрів інструментального забезпечення виробництва в умовах функціонального аутстафінгу або аутсорсингу

Мета. Мета даної роботи полягає в досягненні ефективності процесів аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення, при співпраці з профільними інжиніринговими компаніями, за рахунок наукового обґрунтування параметрів угод інструментального оснащення, які відповідають ресурсним характеристикам всіх видів інструментів та властивостям матеріалів, що піддаються обробці.

Методи дослідження. Результати роботи по обґрунтуванню параметрів інструментального забезпечення виробництва отримані шляхом теоретичних, статистичних і експериментальних досліджень. Для раціонального використання коштів обсяги і терміни замовлень в системах аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення здійснюються за схемою «мінімум-максимум запасів». В якості експериментальних досліджень використано дані обробки броні конусних дробарок, де фіксувались граничні спрацювання ріжучих пластин, та проведена подальша перевірка гіпотези про вид закону розподілу ймовірності значень стійкості ріжучих пластин з надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору.

Наукова новизна. Організація процесів підготовки і керування виробничими процесами у машинобудуванні залежить від ефективності інструментального забезпечення виробничих операцій. Виходячи із великої витратності процесів підготовки виробництва, потреби підприємств інвестувати власні кошти і значної відстані до моменту отримання прибутку, стає актуальним розробка ефективних бізнес-процесів підготовки виробництва на засадах умов аутстафінгу або аутсорсингу послуг інструментального забезпечення із значним скороченням системних (організаційних) і цільових (об'єктно-орієнтованих) витрат на придбання інструментального оснащення.

Практичне значення. Мінімальні витрати у сучасному виробництві досягаються при правильному поєднанні ефективності різних форм зовнішньої інжинірингової допомоги, яка може надаватись у формах аутстафінгу або аутсорсингу, що є управлінською технологією, яка скоротить витрати фірми, а може збільшити її доходи. Це досягається за рахунок концентрації грошових, тимчасових і трудових ресурсів на веденні основної бізнес-діяльності, що істотно підвищує її продуктивність

Результати. Було виявлено, що встановлення обґрунтованих параметрів замовлень інструменту, термінів отримання, раціональних витрат досягається без додаткових витрат, завдяки системному накопиченню статистичних даних про стійкість інструменту з подальшою обробкою за допомогою доступного програмного забезпечення.

Ключові слова: інструментальне оснащення, бізнес-процеси, підготовки виробництва, аутстафінг, аутсорсинг, ефективність процесів інструментального забезпечення.

Kiyanovskiy M.V., Tsyvinda N.I., Ryazancev A.O. Substantiation of parameters of instrumental provision of production in the conditions of functional outstaffing or outsourcing

Purpose. To achieve efficiency of outstaffing or outsourcing of software services, in cooperation with specialized engineering companies, through the scientific substantiation of the parameters of tooling agreements that meet the resource characteristics of all types of tools and properties of materials to be processed.

Research methods. The results of work on substantiation of parameters of instrumental provision of production are received by theoretical, statistical and experimental researches. For the rational use of funds, the volumes and terms of orders in the systems of outstaffing or outsourcing of tooling services are carried out according to the scheme «minimum-maximum stocks». As experimental studies, the data of armor processing of cone crushers were used, where the limit actions of cutting plates were recorded, and further hypothesis testing of the type of law of probability distribution of stability values of cutting plates made of superhard materials based on cubic boron nitride was performed.

Scientific novelty. The organization of processes of preparation and management of production processes in mechanical engineering depends on the effectiveness of instrumental support of production operations. Based on the high cost of production preparation processes, the need for companies to invest their own funds and a considerable distance to the moment of profit, it becomes important to develop effective business preparation processes on the basis of outstaffing or outsourcing tooling services with significant reduction of system (organizational) and target (object-oriented) costs for the purchase of tooling.

Practical significance. The preparation and management of production processes in mechanical engineering depends on the effectiveness of instrumental support of production operations. Based on the high cost of production preparation processes,

the need for companies to invest their own funds and a considerable distance to the moment of profit, it becomes important to develop effective business preparation processes on the basis of outstaffing or outsourcing tooling services with significant reduction of system (organizational) and target (object-oriented) costs for the purchase of tooling.

Results. It was found that the establishment of reasonable parameters of tool orders, deadlines, rational costs is achieved without additional costs, due to the systematic accumulation of statistics on the stability of the tool with further processing using available software.

Key words: tooling, business processes, production preparation, outstaffing, outsourcing, efficiency of tooling processes.

УДК 338.24.021.8

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

Мета. Метою є визначення ролі і сили впливу стратегії, корпоративного управління й людського капіталу на такі важливі аспекти для сучасного сану функціонування суб'єктів господарювання, як економічна стратагема, економічна девіація і фінансово-економічна безпека.

Методи дослідження. Результати і наукові положення отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії тощо.

Наукова новизна. Удосконалено і переглянуто підходи стосовно принципового співвідношення між змістом й ієрархією категорій «інтелектуальний капітал» і «людський капітал» в результаті чого зазначено, що категорія «людський капітал» є більш ємною, базовою і головною по відношенню до категорії «інтелектуальний капітал».

Уточнено класифікацію і термінологічний апарат категорії «людський капітал» у вигляді безпосередньо людського капіталу, удосконалено структуру людського капіталу через розкриття змісту базових його складових, що в єдності розкривають головну сутність даної категорії.

Запропоновано в процесі управління персоналом з метою підвищення його ефективності враховувати такі важливі явища в діяльності підприємства, як економічна стратагема і економічна девіація.

Практична значимість. Відмічено, що врахування в загальній системі управління персоналом підприємства всіх аспектів і складових, які впливають на рівень реалізації його потенціалу є об'єктивною необхідністю. Визначено зміст і значимість у процесі забезпечення ефективності системи управління персоналом, фінансово-економічної безпеки підприємства таких чинників, як економічна стратагема і економічна девіація. Показано зростаючу актуальність проблеми економічної стратагеми і економічної девіації для сучасного розвитку суб'єктів господарювання.

Результати. Запропоновано і введено в науково-економічний оборот терміни «економічна стратагема» і «економічна девіація», надано загальний підхід до їх змістовного трактування. Показано зв'язок економічної стратагеми і економічної девіації з ключовими аспектами діяльності підприємства: формуванням і реалізацією стратегії розвитку підприємства; рівнем реалізації потенціалу людського капіталу підприємства; ефективністю корпоративного управління; рівнем фінансово-економічної безпеки підприємства тощо і відзначено необхідність їх обов'язкового врахування в процесах планування розвитку персоналу підприємства.

Ключові слова: стратегія, управління, людський капітал, економічна стратагема, економічна девіація, фінансово-економічна безпека.

Turylo A.M., Turylo A.A., Korolenko R.V., Korolenko S.M. Strategy of development, corporate management and human capital in relation to economic stratagema, economic deviation and financial-economic safety in the enterprise

Purpose. A purpose is determination of influence of strategy, corporate management and human capital on such important aspects for modern dignity of functioning of subjects of menage, as economic stratagema, deviation and financial-economic safety.

Research methods. Generalization of results of previous researches, complex analysis and synthesis, logic-structural and logic-dynamic to the analysis, scientifically analytical, comparison and analogies.

Scientific novelty. Approaches are improved and revised in relation to an of principle betweenness by maintenance and hierarchy of categories a «intellectual capital» and «human capital» as a result of that category a «human capital» is more capacious, base and main in relation to a category «intellectual capital».

Classification and terminology of a specified «human capital» as a directly human capital, a human capital structure is improved through opening of maintenance of his base constituents, that in unity expose main essence of this category.

It is suggested in the process of management a personnel with the purpose of increase of his efficiency to take into account such important phenomena in activity of enterprise, as economic stratagema and economic deviaciya.

Practical meaningfulness. It is marked, that account in the general system of management of enterprise and constituents which influence on the realization of its potential is an objective necessity of a personnel. Certainly maintenance and meaningfulness in providing of efficiency control system by a personnel, financial-economic safety of enterprise of such factors, as economic stratagema and economic deviation. Growing actuality of problem of economic stratagema is rotined and economic deviation for modern development of subjects of menage.

Results. In scientific economics it is identified turn terms «economic stratagema» and «economic deviation», the general going is given near their rich in content interpretation. It is rotined economic stratagema and economic deviation with the key aspects of activity of enterprise: forming and realization strategies of development of enterprise; by achieving human capital of enterprise; by efficiency of corporate management; by financial-economic strength of enterprise security and a necessity is marked them obligatory account in planning of development of personnel of enterprise.

Key words: strategy, management, human capital, economic stratagema, economic deviation, financial-economic safety.

УДК 699.841:624.014

Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Савенко В.О., Коваль С.А. Застосування енергопоглиначів у металевих каркасах будівель

Мета. Розробка способів посилення сейсмозахисту, розрахункової оцінки та прогнозу очікуваного ефекту деформаційного впливу на основі динамічних систем є важливим напрямом науки про сейсмостійке будівництво.

Методи дослідження. Набули розвитку розробка та практичне застосування пристроїв сейсмозахисту та сейсмоізоляції різних видів будівель, споруд, обладнання, що знижують інтенсивність сейсмічних навантажень та підвищують їх сейсмостійкість. Запропоновано різноманітні конструкції сейсмоізоляції, що відрізняються принципом дії, характером роботи. Для низки конструкцій сейсмоізоляції проведено численні дослідження теоретичного та експериментального характеру, в результаті яких отримано дані про їх ефективність, яка зазвичай оцінюється за двома критеріями: ступенем зниження інерційних сейсмічних навантажень на споруду та величиною відносних зсувів об'єкта, що захищається, щодо основи або фундаменту. Проблема підвищення сейсмостійкості споруд різного призначення (енергетичних, транспортних, об'єктів промислового та цивільного будівництва) пов'язана з використанням різних засобів сейсмоізоляції та сейсмозахисту. Досвід досліджень розрахунково-теоретичного та експериментального характеру, переконливо доводить ефективність та перспективність методів підвищення сейсмостійкості.

Наукова новизна. Здатність елементів поглинати енергію зовнішніх впливів під час роботи на різних стадіях є основним критерієм сейсмостійкості металевих каркасів будівель та споруд.

Практична значимість. При проектуванні будівель та споруд, призначених для будівництва в сейсмічних районах, рекомендується застосовувати активні системи сейсмозахисту, які знижують сейсмічні навантаження. Звичайні заходи з сейсмозахисту (пасивні системи) зводяться в основному до підвищення несучої здатності елементів і конструкцій. Такі заходи не знижують сейсмічних навантажень на будівлі та споруди, а лише враховують їх. Застосування енергопоглиначів зменшує енергію сейсмічного впливу на каркас будівлі. В цьому випадку зусилля в основних елементах каркасу зменшуються, що призводить до економії сталі та підвищення сейсмостійкості будівель. Елементи енергопоглиначів повинні виготовлятися із сталі з високими пластичними властивостями.

Результати. Розглядаються основні конструктивні рішення енергопоглиначів для каркасних будівель та споруд, а також запропоновано альтернативне конструктивне рішення енергопоглинача удосконаленої конструкції.

Ключові слова: металеві каркаси; енергопоглиначі; гасителі коливань; сейсмостійкість.

Timchenko R.O., Krishko D.A., Savenko V.O., Koval S.A. The use of energy absorbers in the metal frames of buildings

Purpose. The development of methods for strengthening seismic protection, the calculation estimate and prediction of the expected effect of deformation effects based on various dynamic systems is an important area of science of earthquake-resistant construction.

Research methods. The development and practical application of devices for seismic protection and seismic isolation of various types of buildings, structures, and equipment that reduce the intensity of seismic loads and increase their seismic resistance have been widely developed. A variety of seismic isolation designs are proposed, differing in the principle of operation, the nature of work. For a number of seismic isolation structures, numerous studies of a theoretical and experimental nature have been carried out, as a result of which data have been obtained on their effectiveness, which is usually evaluated according to two criteria: the degree of reduction of inertial seismic loads on the structure and the magnitude of the relative displacements of the protected object relative to the base or foundation. The problem of increasing the seismic resistance of structures for various purposes (energy, transport, industrial and civil construction) is associated with the use of various means of seismic isolation and seismic protection. The experience of research of a theoretical and experimental nature, convincingly proves the effectiveness and prospects of methods for improving seismic resistance.

Scientific novelty. The ability of elements to absorb the energy of external influences during operation at different stages is the main criterion for the seismic resistance of metal frames of buildings and structures.

Practical significance. When designing buildings and structures intended for construction in seismic areas, it is recommended to use active seismic protection systems that reduce seismic loads. Conventional seismic protection measures (passive systems) are reduced mainly to increasing the bearing capacity of elements and structures. Such measures do not reduce seismic loads on buildings and structures, but only take them into account. The use of energy absorbers reduces the energy of seismic impact on the building frame. In this case, the forces in the main frame elements are reduced, which leads to savings in steel and an increase in the seismic resistance of buildings. Elements of energy absorbers should be made of steel with high plastic properties.

Results. The main design solutions for energy absorbers for frame buildings and structures are considered, and an alternative design solution for an energy absorber of an improved design is proposed.

Key words: steel frames; energy absorbers; vibration dampers; earthquake resistance

УДК 622.271.0123.004.15

Жуков С. О., Костянський О.М. Прогнозування змін параметрів вантажопотоків ДПП конвейєрних підйомників в наступному періоді їх експлуатації

Мета. Необхідність обліку обсягів руди транспортованої на ДПП конвейєрного підйомника у наступний період відпрацювання кар'єру ставить питання про встановлення залежностей, що дозволять прогнозувати на розрахунковий період показники, які визначають обсяги транспортування руди на ДПП та оцінювати формування вантажопотоків автомобільно-конвейєрного комплексу, достатні для забезпечення потужності збагачувальної фабрики.

Методи досліджень: для вирішення поставленого завдання у дослідженні використовуються: метод аналізу (виділення та вивчення окремих показників); аналітичний метод дослідження; системний підхід (розгляд об'єкта як системи); метод дедукції (загальна залежність функції характеризує також її окрему ділянку); метод абстрагування (при використанні залежності розподілу обсягів руди); метод моделювання (встановлення функціональної залежності глибини положення центру тяжкості даної рудної ділянки).

Наукова новизна. Обґрунтовано взаємозв'язок між функціональною залежністю, що описує розподіл руди за глибиною кар'єру та показниками, що характеризують рудні вантажопотоки. При цьому розроблено методичний підхід для визначення показників формування вантажопотоків на ДПП конвеєрних підйомників розташованих усередині робочої зони кар'єру на основі встановленої залежності положення центру тяжкості видобувної ділянки, що обслуговується даним ДПП. Враховуючи, що в сучасних глибоких кар'єрах обсяги руди, що видобувається і транспортується автомобільно-конвеєрним комплексом протягом року можуть становити 30 млн. т, одне з важливих завдань проєктувальників полягає в пошуку шляхів збільшення пропускної спроможності транспортних комплексів шляхом вдосконалення вантажопотоків.

Практичне значення. Враховуючи узагальнюючий характер методики дослідження, викладені рекомендації прийнятні та можуть застосовуватися при екстремній оцінці вантажопотоків очікуваних обсягів руди автомобільним транспортом на ДПП конвеєрних підйомників у кар'єрі за період, що розглядається. Цей підхід дозволить отримати технологічний ефект за рахунок підвищення завантаження ДПП конвеєрних підйомників.

Область використання даного дослідження може бути поширена на всі ГЗК Кривбаса: ПівнГЗК, ІнГЗК, ЦГЗК, АрселорМіттал Кривий Ріг, а також на інші залізородні кар'єри.

Результати. Отримано величину висоти підйому руди до досліджуемого ДПП конвеєрного підйомника, розрахунку відстань перевезення руди на ДПП, визначено орієнтовну величину річного завантаження ДПП. При цьому зроблено порівняння обсягу завантаження ДПП рудой транспортуємою з забою кар'єра та продуктивності дробарки, що застосована в конструкції ДПП.

Ключові слова: кар'єр, технологія, ЦПТ, технологічні процеси, обладнання, параметри.

Zhukov S.O., Kostiansky O.M. Forecasting changes in parameters of ore flows of conveyor COPs in subsequent operation periods

Purpose. To consider the volume of ore hauled to the conveyor COP that raises the problem of establishing dependencies to predict indicators of a given period that determine the volume of ore hauled at the COP and estimate the volume of ore flows forming at the automotive and conveyor complex sufficient enough to provide efficiency of the concentration plant.

Research methods. To solve the set task, the following methods are used: analysis (distinguishing and studying individual indicators), analytical research; the systematic approach (considering an object or a phenomenon as a system), deduction (a general dependence of a function characterizing its separate area), abstraction (using a dependence of ore volumes distribution without considering other characteristics), modelling (establishing the functional dependence of the depth of the center of gravity of the ore area).

Scientific novelty. The relationship between the functional dependence describing distribution of ore by the mining depth and indicators characterizing ore flows is substantiated. At the same time, there is a methodical approach developed to determine indicators of forming ore flows at the conveyor COP located inside the working zone of an open pit on the basis of the established dependence of the center of gravity position of a mined area served by this COP.

Practical significance. Taking into account a generalizing nature of the research methodology, it can be stated that the set recommendations are acceptable and can be applied to emergency estimates of ore flows of expected volumes hauled by motor vehicles to the conveyor COP in an open pit for the period under consideration. This approach will allow obtaining a technological effect by increasing the COP loading capacity. The scope of this research can be extended to all mining and concentration enterprises (GZKs) of Kryvyi Rih iron ore basin - PivnGZK, InGZK, TsGZK, ArcelorMittal Kryvyi Rih as well as other iron ore open pits.

Results. The height of lifting of ore to the investigated COP of the conveyor lift, the estimated distance of transportation of ore on PPP is received, the approximate size of annual loading of COP is defined. Done the comparison of the volume of PPP loading with ore transported from the face to the crusher and the productivity of the crusher used in the design of COP.

Key words: quarry, technology, CFT, technological processes, mining equipment parameters.

УДК 622.342.349.0: 622.627.2

Горбачов Ю.Г., Громадський В.А., Ліфенцов О.С., Трішин Д.В. Розробка пристрою для безупинного завантаження потягу віброживильником під час очисного виймання руди

Мета. Метою роботи є скорочення непродуктивних витрат часу у процесі завантаження рухомого складу електровозного транспорту гірничою масою, що поступає з очисного блоку або з рудозвальної акумуляційної виробки. Невідповідність розмірів вагонів і робочих органів віброживильників, а також наявність проміжків між вагонами потягу змушують вести процес завантаження з постійними перервами, потрібними для перестановки вагонів. Забезпечення безперервного режиму завантаження потягу дасть можливість значно скоротити ці витрати і суттєво підвищити продуктивність процесу. З огляду на це актуальність теми дослідження не викликає жодних сумнівів.

Методи дослідження. Проведений аналіз науково-технічної інформації дав можливість сформулювати вимоги до подібних пристроїв. Хронометражні дослідження свідчать про значні втрати часу на допоміжні операції під час завантаження вагонів електровозної відкатки. Аналіз цих втрат показує доцільність скорочення часу завантаження потягу. Зроблено висновок про можливість реалізації поставленої мети дослідження за рахунок реалізації режиму безупинного завантаження потягу.

Наукова новизна. Полягає у розробці ідеї використання проміжної накопичувальної ємності між віброживильником і вагонами потягу електровозної відкатки для безупинного завантаження останніх у процесі їх руху під навантажувальним пристроєм.

Практична значимість. Практична реалізація ідеї дозволить суттєво скоротити непродуктивні втрати робочого часу на зупинки віброживильника і перестановки вагонів.

Результати. Отримано залежності для визначення конструктивних та експлуатаційних параметрів пропонованого навантажувального пункту у вигляді пристрою для безупинного завантаження електровозного потягу віброживильником.

Ключові слова: завантаження транспортних засобів рудою, віброживильник, безупинний режим завантаження потягу.

Horbachov Yu.G., Hromadskyi V.A, Liffentsov O.S., Trishin D.V. Development of a device for continuous composition loading vibrating feeder during ore cleaning

Purpose. To reduce the unproductive time spent in the process of loading the rolling stock of electric locomotive transport with rock mass coming from a treatment block or from an ore dump accumulating riser. The discrepancy between the dimensions of the wagons and the working bodies of the vibrating feeders, as well as the presence of gaps between the wagons of the train, makes it necessary to carry out the loading process with constant interruptions necessary for rearranging the wagons. Ensuring a continuous mode of train loading will significantly reduce these costs and significantly increase the productivity of the process. Given this, the relevance of the research topic is beyond doubt.

Research methods. The analysis of scientific and technical information made it possible to formulate requirements for such devices. Chronometric studies indicate significant time losses for auxiliary operations when loading electric locomotive haulage cars. The analysis of these losses shows the expediency of reducing the train loading time. The conclusion is made about the possibility of realizing the goal of the research by implementing the mode of non-stop loading of the train.

Scientific novelty. It consists in the development of the idea of using an intermediate storage tank between the vibratory feeder and the cars of the electric locomotive haulage train for continuous loading of the latter in the process of their movement under the loading device.

Practical significance. The practical implementation of the idea will significantly reduce unproductive losses of working time for stopping the vibratory feeder and rearranging the cars.

Results. Dependences are obtained to determine the design and operational parameters of the proposed loading point in the form of a device for continuous loading of an electric locomotive train with a vibration feeder.

Key words: loading vehicles with ore, vibrating feeder, continuous mode of train loading.

УДК 622.2

Шепель О.Л., Худик М.В., Косенко А.В. Дослідження питання зниження гірничого тиску при випуску руди за різних умов, що впливають

Мета. Метою даної роботи є аналіз досліджень основного процесу підземних гірничих робіт, такого як випуск руди, від якого залежать показники вилучення руди.

Методи. У роботі використано такі методи: аналіз та дослідження питань пов'язаних з проблемами зниження гірського тиску на днищі блоків при випуску відбитої руди, що актуальні на теперішній час; дослідження процесу випуску руди та вплив на величину й характер розподілу тиску, що викликане вагою обвалених порід; експериментальні дослідження випуску руди в лабораторних умовах на моделях максимально приближених до реальних умов; методи аналізу та оброблення результатів експериментів.

Наукова новизна. В результаті експериментальних досліджень режимів випуску руди встановлено найбільш сприятливий з погляду величини гірського тиску на днищі та ефективну інтенсивність і порядок випуску руди із блоку. Встановлено закономірності перерозподілу тиску на днищі блоку при випуску руди. Зазначено, що збільшення довжини панелі (блоку) вхрест простягання при незмінних ширині за простяганням, інтенсивності й порядку випуску руди призводить до зростання величини максимального тиску на днищі панелі (блоку). Обґрунтовано залежність між найбільш доцільним режимом випуску руди з погляду зменшення гірського тиску.

Практична значимість. Пропонується ефективна технологія підземної розробки системами підповерхового обвалення руди та вмщувальних порід з відбійкою руди віялами глибоких свердловин та доставкою відбитої руди навантажувально-доставочною технікою.

Результати. На підставі виконаних лабораторних досліджень випуску руди встановлено, що при підвищенні інтенсивності, а, отже, і частоти випуску руди з окремих отворів тиск на виробки днища зменшується. Величина тиску, як мінімального, так і максимального зі збільшенням дози випуску збільшується. За рахунок підвищення інтенсивності відпрацювання підповерху підвищується в цілому ефективність відпрацювання запасів, тому що знижуються строки їхньої служби. Напряму подальших досліджень полягає у проведенні додаткових лабораторних досліджень випуску руди для більш точного визначення впливу гірничого тиску на нижню частину блоку, що відпрацьовується.

Ключові слова: руда, технологія, випуск, відбійка, гірський тиск, дослідження.

Shepel O.L., Khudyk M.V., Kosenko A.V. On decrease of the rock pressure at the ore drawing under different influences
Purpose. The analysis of researches of the basic process of underground mining operations, such as an ore drawing on which indicators of extraction of ore depend is the purpose of the given operation.

Research methods. In operation such methods are used: the analysis and research of questions connected with problems of a decrease of a rock pressure on the bottom of blocks at release of broken ore which are actual for present time; research of process of an ore drawing and influence on size and character of distribution of pressure which is caused by weight of broken-down rocks; ore drawing experimental researches in laboratory conditions on models as much as possible approached to real conditions; methods of the analysis and processing of results of experiments.

Scientific novelty. As a result of experimental researches of modes of an ore drawing it is established optimum from the point of view of rock pressure size on the bottom both effective intensity and an order of an ore drawing from the block. It is established laws of redistribution of pressure upon the block bottom at an ore drawing. The increase in length of the panel (block) an across the strike at invariable is specified, that to width along the strike, intensity and an ore drawing order leads to growth of size of the maximum pressure upon the bottom of the panel (block). Dependence between the most expedient modes of an ore drawing from the point of view of rock pressure reduction is proved.

Practical significance. The effective technology of underground extraction systems of a sublevel caving of ore and adjacent strata with breaking of ore by fans of deep wells and delivery of broken ore loading and delivery by technics is offered.

Results. On the basis of the executed laboratory researches of an ore drawing it is established, that at intensity increase, and so, and frequencies of an ore drawing from separate apertures pressure upon bottom developments decreases. The pressure size, both minimum, and maximum with increase in a dose of release increases. At the expense of increase of intensity of working of a sublevel efficiency of working of reserves as terms of their service decrease increases as a whole. The direction of the further researches consists in carrying out of additional laboratory researches of an ore drawing for more exact definition of influence of a rock pressure on the bottom part of the block which is fulfilled.

Key words: ore, technology, release, breaking, a rock pressure, research.

УДК 624.012.45:691.322+621.182.94:621.182.95

Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О. Визначення можливості використання відходів видобутку та збагачення залізних руд при будівництві автошляхів в кар'єрі та на відвалах

Мета. Визначення фізико-механічних та експлуатаційних характеристик розкривних порід та хвостосховищ відходів збагачення залізних руд з метою подальшої утилізації в якості сировини для проведення робіт по улаштуванню автошляхів в кар'єрі та на відвалах.

Методи дослідження. Використано комплекс методів досліджень, який охоплює аналіз та узагальнення літературних джерел відповідно до мети роботи, лабораторні методи визначення фізико-механічних характеристик щебеню, піску, щебеново-піщаної суміші з відходів видобутку та збагачення залізних руд відповідно до чинних методик проведення випробувань.

Наукова новизна. Експериментальним шляхом були отримані фізико-механічні показники, дані про хімічний та гранулометричний склад щебеню та піску з відходів збагачення залізних руд методом сухої магнітної сепарації, «хвостів» рудозбагачувальної фабрики, мінералів розкривних порід – кварцитів окислених, мігматитів, амфіболітів, сланців, аркозових метапіщаників, джеспілітів окислених.

Практична значимість. Встановлено, що за хімічним та гранулометричним складом, показниками міцності, насипної щільності, пустотності, сумарної активності природних радіонуклідів, морозостійкості, стиранності, лещадності, водопоглинення щебінь, пісок та піщано-щебенові суміші з відходів збагачення залізних руд та мінералів розкривних порід можуть бути використані тією чи іншою мірою, при будівництві автошляхів в кар'єрі і на відвалах.

Результати. Встановлено, що за показниками міцності чинні норми обмежують використання щебеню та піску з некондиційних кварцитів, окислених кварцитів, аркозових метапіщаників лише використанням для додаткових шарів основи доріг I – III категорій та шарів дорожнього одягу доріг IV – V категорій загального призначення. В зв'язку з цим їх не бажано використовувати при будівництві автошляхів в кар'єрі та на відвалах. Показники якості, міцності та довговічності доріг з використанням цих матеріалів будуть низькими, що призведе до частих ремонтів, зниження ефективності використання автосамоскидів, збільшення витрат на утримання доріг та транспортування гірської маси. При цьому немає жодних застережень до використання щебеню та піску зі сланців, відходів збагачення амфіболітів, мігматитів, джеспілітів окислених.

Ключові слова: щебінь, пісок, відходи збагачення, розкривні породи, міцність, автошляхи в кар'єрах.

Valovoi O.I., Yeremenko O.Yu., Valovoi M.O. On the possibility to use the mining and enrichment iron-ore waste for the highway construction in quarry and open dumps

Purpose. To determine physical and mechanical and operational characteristics of waste tailing pits, repositories of iron-ore enrichments with a purpose of further substrate utilization as a substrate for highways in quarries and open dumps arrangements.

Research methods. The complexity of research methods, such as analysis and synthesis of literature resources according to the aim of the work, laboratory methods of determination of physical and mathematical characteristics of gravel, sand, gravel and sand mixture of waste mining and enrichment of iron-ore according to current testing methods.

Scientific novelty. Physical and mathematical figures, chemical and granulometric composition of gravel and sand waste data, enrichment of iron ore by dry magnetic separation, tailings of ore dressing plant, uncovered soles materials oxidized quartzites, magmatites, amphibolites, shales, arcotic meta-sandstones, jespilites oxidized were received in experimental way.

Practical significance. Due to chemical and granulometric composition, strength indicators, bulk density, void area, the total activity of natural radionuclides, low -temperature resistance, abrasion, water absorption by gravel, sand and gravel mixture of iron-ore and uncovered materials waste was established that road construction in quarries or open dumps can be used to extend one or another.

Results. According to the current norms of strength indicators it was established that the usage of gravel and sand within substandard quartzites, oxidized quartzites, arcotic sandstones are used just for the first layer of the I-III categories for the main roads and layers of the IV-V categories for the Road Surface for general purpose. According to this fact it is inadvisable to use it for constructing the roads in quarries. Regarding to the Quality indicators of strength and durability the exploitation of these materials will be low. It will cause frequent road repairs, the reduction in the quality of autoselfoxidized, increase the cost of road maintenance and removing mined rock. With all of this there is no reservations for use of shale gravel and sand, enrichment waste, amphibolites, magmatites, jespilites oxidized.

Key words: gravel, sand, enrichment waste, uncovered materials, strength, highways in quarries

УДК 62-192:621.333

Данилейко О.К., Коломіц Г.В. Розробка пристрою для визначення груп з'єднання обмоток трифазних трансформаторів

Мета. Дослідження та розробка на базі сучасного мікроконтролера пристрою для визначення групи трифазних трансформаторів. Розробити мікроконтролерну систему для виміру часу між точками переходу через нуль синусоїд напруги первинної та вторинної обмоток, який однозначно пов'язаний з кутом зсуву фаз напруг. Розробити, перевірити практично та налаштувати програму мікроконтролерного пристрою.

Методи дослідження. При вирішенні задачі використовуються загальні методи дослідження електромеханічних систем та побудови програм керування для мікроконтролерів, побудови локальних мереж промислової автоматизації.

Наукова новизна. Проаналізовано та обґрунтовано необхідність перевірки групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора. Обґрунтовано обраний метод визначення групи трифазного трансформатора оснований на безпосередньому вимірі кута зсуву фаз. У роботі розроблена схема та програма мікроконтролерного пристрою для визначення групи трифазного трансформатора. Розроблена модель в програмному середовищі *NI Multisim* для перевірки принципів роботи схеми вимірювання фази.

Практична значимість. При ремонті трансформаторів в електроремонтних цехах при невисокій кваліфікації персоналу можливі помилки в маркуванні обмоток. При тривалій експлуатації можлива втрата паспортного шильдику або спотворення інформації на ньому. Більшість трансформаторів живить споживачів паралельними групами. Для включення на паралельну роботу трансформатори обов'язково повинні мати однакові групи з'єднання обмоток. Якщо групи з'єднання різні між трансформаторами виникне зрівняльний струм, який може значно перевищувати номінальний. Таким чином персонал електротехнічних лабораторій повинен при випробуваннях перевіряти групу з'єднань обмоток трансформатора.

Пристрій призначений для використання при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Електричні машини» з метою закріплення теоретичних знань, отриманих студентами на лекціях, та придбання навичок експлуатації обладнання, роботи з трифазними трансформаторами. Розроблені відповідні лабораторні роботи.

Результати. В роботі розглянуто пристрій для автоматизації перевірки груп з'єднань обмоток трансформатора на основі одноплатного мікроконтролера STM32. Можливість використання мікроконтролера дозволяє розширювати функціональність пристрою в сторону вимірів інших параметрів трансформаторів.

Ключові слова: мікроконтролерна система, трифазний трансформатор, група з'єднання обмоток трансформатора
Danilevko O., Kolomits H. Development of a device for determining groups of winding connection of three-phase transformers

Purpose. Research and development on the basis of a modern microcontroller of a device for determining a group of three-phase transformers. Develop a microcontroller system for measuring the time between zero crossing points of the voltage sinusoids of the primary and secondary windings, which is uniquely related to the voltage phase shift angle. Develop, practically test and configure the microcontroller device program.

Research methods. When solving the problem, general methods of studying electromechanical systems and building microcontroller control programs, building local networks of industrial automation are used.

Scientific novelty. The necessity of checking the winding connection group of a three-phase transformer is analyzed and substantiated. The reasonably chosen method for determining the group of a three-phase transformer is based on the direct measurement of the phase displacement angle. In this work, a circuit and a program of a microcontroller device for determining the group of a three-phase transformer have been developed. A model has been developed in the NI Multisim software environment to test the principles of operation of the phase measurement circuit.

Practical significance. When repairing transformers in electrical repair shops with low qualification of personnel, errors in marking the windings are possible. With prolonged use, the nameplate may be lost or the information on it may be distorted. Most transformers feed consumers in parallel groups. To be included in parallel operation, transformers must necessarily have the same winding connection groups. If the connection group between the transformers has an circulating current, which can significantly exceed the rated current. Thus, the personnel of electrical laboratories must check the group of connections of the transformer windings during testing.

The device is intended for use in performing laboratory work in the discipline "Electrical Machines" in order to consolidate the theoretical knowledge gained by students in lectures and acquire skills in operating equipment, working with three-phase transformers. Based on this device, practical laboratory classes were developed.

Results. The paper considers a device for automating the verification of groups of connections of transformer windings based on a single-board STM32 microcontroller. The possibility of using a microcontroller allows you to expand the functionality of the device in the direction of measuring other parameters of transformers.

Key words: microcontroller system, three-phase transformer, transformer winding connection group.

УДК 699.86

Тімченко Р.О., Кришко Д.А., Савенко В.О., Яблонська В.М. Використання сучасних ефективних утеплювачів для підвищення енергоефективності громадських будівель

Мета. Впровадження енергозберігаючих технологій та обладнання можливе шляхом створення передумов для докорінного зменшення енергоемності вітчизняної продукції за рахунок впровадження нових технологій, прогресивних стандартів, сучасних систем контролю, управління та обліку на всіх етапах виробництва, транспортування та споживання енергетичних продуктів; розвиток ринкових механізмів стимулювання енергозбереження у всіх галузях економіки. Метою досліджень є аналіз існуючих видів утеплення, вибір оптимального варіанту для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Методи дослідження. Для підвищення енергетичної ефективності будівель застосовують: розробки проектів, що передбачають можливе більше енергозбереження в порівнянні з нормативними вимогами; підвищення рівня якості будівельно-монтажних робіт; обов'язковий контроль реальних теплозахисних характеристик будівель, що експлуатуються і реконструюються. Існуючими в даний час методами дослідження теплозахисту захистних конструкцій є: теоретичні дослідження (заміна фізичного процесу математичною моделлю) та експериментальні дослідження (вимірювання величин досліджуваного фізичного процесу). При виконанні досліджень були застосовані аналітичні

методи, методи синтезу та узагальнення при виборі оптимального сучасного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі.

Наукова новизна. Вибір найбільш оптимального і ефективного утеплювача для підвищення енергоефективності громадської будівлі. Запропоновано використання сучасних утеплювачів в розроблених вузлах громадської будівлі з дотриманням показників теплоізоляції.

Практична значимість. Призначенням теплоізоляційних матеріалів є скорочення споживання енергії. Крім того, ізоляція сприяє скороченню забруднення довкілля, викликаного збільшенням вироблення енергії для будівель і промисловості. Вибір сучасного утеплювача із подальшим впровадженням у процес проектування капітального ремонту громадської будівлі з метою підвищення енергоефективності будівлі. Оцінка ролі утеплювача у загальному підвищенні енергоефективності будівлі.

Результати. Проведені теоретичні дослідження дозволили обрати оптимальний утеплювач для підвищення енергоефективності громадської будівлі, впровадити у процес проектування та зробити оцінку ефективності утеплення.

Ключові слова: енергоефективність, сучасні утеплювачі, оптимізація вибору, оцінка ефективності утеплення.

Timchenko R.O., Krishko D.A., Savenko V.O., Yablonskaya V.M. The use of modern efficient heaters to improve the energy efficiency of public buildings.

Purpose. The introduction of energy-saving technologies and equipment is possible by creating prerequisites for a radical reduction in the energy intensity of domestic products through the introduction of new technologies, progressive standards, modern control, management and accounting systems at all stages of production, transportation and consumption of energy products; development of market devices for stimulating energy saving in all sectors of the economy. The purpose of the research is to analyze the existing types of insulation, to choose the best option for improving the energy efficiency of a public building.

Research methods. To improve the energy efficiency of buildings, the following is used: development of projects that provide for possible greater energy savings in comparison with regulatory requirements; improving the quality of construction and installation works; obligatory control of the real heat-shielding characteristics of operated and reconstructed buildings. The currently existing methods for studying the thermal protection of protective structures are: theoretical studies (replacing the physical process with a mathematical model) and experimental studies (measurement of the magnitudes of the physical process under study). When performing research, analytical methods, methods of synthesis and generalization were used when choosing a good modern insulation to improve the energy efficiency of a public building.

Scientific novelty. Choosing the most optimal and efficient insulation to improve the energy efficiency of a public building. It is proposed to use modern heaters in the developed units of a public building in compliance with thermal insulation indicators.

Practical significance. The purpose of thermal insulation materials is to reduce energy consumption. In addition, insulation helps reduce environmental pollution caused by increased energy production for buildings and industry. The choice of modern insulation with the subsequent introduction into the design process of a major overhaul of a public building in order to increase the energy efficiency of the building. Assessment of the role of insulation in the overall increase in the energy efficiency of the building.

Results. The theoretical studies carried out made it possible to choose the optimal insulation to improve the energy efficiency of a public building, introduce it into the design process and evaluate the effectiveness of insulation.

Key words: energy efficiency, modern heaters, choice optimization, evaluation of insulation efficiency

UDC 004.9:502.1

Rumiantseva O. P., Shvets D. V., Karabut N. O. Influence of information technologies on the environment and support for green computing as a solution to ecological problems

Purpose. Research of the impact of information technology on the environment, analysis of ways to solve ecological problems by Green Computing, consideration of the largest IT companies' participation in the implementation of "green technologies".

Research methods. Methods of analysis of literature sources on the issue, scientific articles and publications were used during researching the problem of the impact of information technologies on the environment.

Scientific novelty. A list of Green Computing areas that have a significant impact on reducing energy consumption and environmental pollution through the spread of information technologies has been defined.

Practical significance. The conducted research demonstrates that today, companies, which produce computer equipment, pay a lot of attention to reducing environmental pollution by recycling components with completed life cycle. Minimization of emissions into the environment, decreasing energy consumption and implementing virtualization and cloud technologies in workflows.

Results. It has been determined that significant carbon emissions into the atmosphere occur due to the manufacturing computing equipment and the production of the energy required for the functionality of data centers. The technological cycle of computer production causes the problem of toxic waste electrical and electronic equipment, which deteriorates the hydrosphere and lithosphere. Green Computing is responsible for the design, manufacture, use and disposal of computers, servers and their hardware to consume energy efficiently with minimal environmental impact. Modern IT corporations introduce new methods of computer equipment development, which improve ecological security and increase manufactory productivity. Green Computing includes virtualization and cloud computing. Throughout the analysis of the participation of IT corporations in the implementation of "green technologies", the achievements of Facebook, Google and Microsoft in setting up data centers in different parts of the world and even underwater were considered. Apple, Intel, AMD companies are to improve the environmental friendliness of products and production.

Key words: Green Computing, information technologies, energy consumption, environment, data center, virtualization, cloud technologies.

О. П. Румянцева, Д. В. Швець, Н. О. Карабут. Вплив сфери інформаційних технологій на навколишнє середовище та підтримка Green Computing як шляху до вирішення екологічних проблем

Мета. Дослідження впливу сфери інформаційних технологій на навколишнє середовище, аналіз шляхів вирішення екологічних проблем, які пропонує напрям Green Computing, розгляд участі найбільших компаній ІТ-сфери у впровадженні «зелених технологій».

Методи дослідження. В ході дослідження питання впливу сфери інформаційних технологій на навколишнє середовище використовувалися методи аналізу літературних джерел за даною тематикою, наукових статей та публікацій.

Наукова новизна. Визначено перелік напрямків Green Computing, які реалізують значний вплив на зменшення енергоспоживання та забруднення навколишнього середовища через розповсюдження інформаційних технологій.

Практичне значення. Проведені дослідження демонструють, що сьогодні значна увага компаній з випуску комп'ютерного обладнання приділяється зменшенню засмічення навколишнього середовища шляхом повторної переробки елементів обладнання, цикл експлуатації якого завершився. Також значна увага приділяється зменшенню викидів в навколишнє середовище, зменшенню енергоспоживання та імплементації технологій віртуалізації та хмарних технологій в робочі процеси.

Результати. Встановлено, що відбуваються значні викиди вуглекислого газу до атмосфери внаслідок роботи підприємств, що виробляють обчислювальну техніку, та через виробництво електроенергії, необхідної для функціонування дата-центрів. Технологічний цикл виробництва комп'ютерів зумовлює проблему утворення токсичних відходів, що погіршують стан гідросфери та літосфери. Робота дата-центрів провокує додаткове шумове засмічення. Встановлено, що Green Computing відповідає за проєктування, виробництво, використання та утилізацію комп'ютерів, серверів та їх апаратного забезпечення, щоб ефективно споживати енергію з мінімальним впливом на навколишнє середовище. З урахуванням цього наряду сучасні ІТ-корпорації впроваджують нові методи розробки комп'ютерного забезпечення, що, крім підвищення екобезпечності, одночасно сприяє підвищенню продуктивності виробництва. Green Computing також включають в себе віртуалізацію та хмарні обчислення. Віртуалізація усуває потребу в апаратному забезпеченні, замінюючи фізичні сервери на віртуальні машини. Хмарні обчислення використовують концепцію віртуалізації, переміщуючи сервери в Інтернеті, що дозволяє компаніям зменшити потребу в енергоспоживаючих серверах. Хмарні обчислення можуть використовуватися в мережах, сховищах даних, операційних системах і програмних додатках, що зменшує споживання обладнання та пов'язане з ним енергоспоживання. Під час аналізу участі ІТ-корпорацій у впровадженні «зелених технологій», були розглянуті досягнення корпорацій Facebook, Google та Microsoft у встановленні центрів обробки даних у різних частинах світу та навіть під водою, а також плани та цілі щодо підвищення екологічності продукції та процесу виробництва компаній Apple, Intel, AMD.

Ключові слова: Green Computing, інформаційні технології, енергоспоживання, навколишнє середовище, віртуалізація, хмарні технології.

УДК 331.101.262:338.2

Шахно А.Ю., Турило А.А. Підвищення ролі цінності людини на інноваційний розвиток підприємства

Мета. Метою даної статті є визначення підвищення ролі цінності людини і вплив фінансово-економічних аспектів формування людського капіталу на такі важливі аспекти для сучасного стану функціонування суб'єктів господарювання, як: інноваційний розвиток підприємства, корпоративне управління і економічна ефективність.

Методи дослідження. Результати і наукові положення отримані з використанням певних методів (різних за напрямом і масштабом охоплення предмету дослідження): узагальнення результатів попередніх досліджень, комплексного аналізу та синтезу, логіко-структурного й логіко-динамічного аналізу, науково-аналітичний, порівняння й аналогії.

Наукова новизна. Аналіз зарубіжних і вітчизняних літературних джерел показує, що до теперішнього часу чітких, узгоджених міркувань і положень стосовно змісту, тлумачення, методології та методики оцінювання категорій «цінність людини» і «людський капітал» у їх єдності і підпорядкованості не існує.

В ході дослідження визначено ключовий аспект цінності людини в суспільному житті, удосконалено концептуальну модель підвищення ролі людського капіталу в умовах інноваційного розвитку підприємств, визначено роль держави та запропоновано комплекс заходів, спрямованих на формування людського капіталу, де головний акцент на інтелектуальній складовій, здатності особистості до інноваційної праці, творчості та саморозвитку.

Практична значимість. На сучасному етапі розвитку ринкових відносин кожен суб'єкт господарювання не може обійтись без врахування таких складових його функціонування, як людський капітал, інновації, якість, інноваційний менеджмент, конкуренція і конкурентні переваги тощо. В роботі представлено основні елементи за критерієм значимості їх впливу на фінансово-економічний стан підприємства. Показано роль людського капіталу в діяльності підприємства і його вплив на формування системи менеджменту, рівня інноваційності, якості, інфраструктури, іміджу та конкурентоспроможності підприємства.

Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню якості людського капіталу, що позитивно вплине на інноваційний розвиток підприємств й зростання конкурентоспроможності національної економіки в умовах глобальних змін.

Результати. В науковому дослідженні викладено авторський підхід до визначення ролі цінності людини як ключового фактору розбудови інноваційно-інвестиційної моделі економіки України. Обґрунтовано й розроблено концептуальні і методико-прикладні засади розвитку та державного регулювання відтворення людського капіталу в ринкових умовах.

Існуючий науково-практичний досвід та аналіз змісту категорій «цінність людини» і «людський капітал» дозволяють сформулювати нам концептуальні підходи до системної взаємопов'язаної їх оцінки для підвищення рівня інноваційного потенціалу в цілому.

Ключові слова: людський капітал, інноваційний розвиток, ефективність, підприємство, держава, управління.

Shakhno A.Y., Turilo A.A. Increasing the role of the human value on the enterprise's innovative development

Purpose. This article is to determine the human value's increasing role and the impact of financial and economic aspects of the formation of human capital on such important aspects of the current functioning of business entities as innovative development of the enterprise, corporate governance and economic efficiency.

Research methods. The results and scientific statements were obtained using certain methods (different in direction and scope of the research subject): generalization of the previous studies' results, complex analysis and synthesis, logical-structural and logical-dynamic analysis, scientific and analytical, comparisons and analogies.

Scientific novelty. An analysis of foreign and domestic literary sources shows that, to date, there are no clear, consistent arguments and provisions on the content, interpretation, methodology and methodology for evaluating the categories of "human value" and "human capital" in their unity and subordination.

The study determined the key aspect of human value in public life, improved the conceptual model of increasing the role of human capital in the conditions of innovative development of enterprises, determined the role of the state and proposed a set of measures aimed at the formation of human capital, where the main emphasis is on the intellectual component, the ability of the individual to innovate, work, creativity and self-development.

Practical significance. At the present stage of development of market relations, each enterprise cannot do without taking into account such components of its functioning as human capital, innovation, quality, innovation management, competition and competitive advantages. The paper presents the main elements of the criterion of the significance of their impact on the financial and economic state of the enterprise. The role of human capital in the activity of the enterprise and its influence on the formation of the management system, the level of innovation, quality, infrastructure, image and competitiveness of the enterprise are shown.

The proposed measures will help improve the quality of human capital, which will have a positive impact on the innovative development of enterprises and the growth of the competitiveness of the national economy in the context of global changes.

Results. The scientific study outlines the author's approach to determining the role of human value as a key factor in the development of the innovation-investment model of the Ukrainian economy. The conceptual and methodological-applied foundations for the development and state regulation of the reproduction of human capital in market conditions have been substantiated and developed.

The existing scientific and practical experience and analysis of the content of the categories "human value" and "human capital" make it possible to form conceptual approaches to their systemic interconnected assessment in order to increase the level of innovative potential in general.

Key words: human capital, innovative development, efficiency, enterprise, government, management.

УДК 621.7.022.6

Кравченко О.М. Дослідження параметрів функцій приналежності тривимірного інтервального нечіткого контролера для ультразвукового очищення

Мета. Визначити оптимальні значення для параметрів функцій приналежності тривимірного нечіткого інтервального контролера для підвищення енергоефективності процесу ультразвукового очищення.

Методи дослідження. Моделювання за допомогою наявних програмних засобів імітації розповсюдження високоінтенсивних ультразвукових хвиль.

Наукова новизна. На основі аналізу даних результатів моделювання процесу ультразвукового очищення отримано оптимальні значення для параметрів функцій приналежностей тривимірного нечіткого інтервального контролера, що керує процесом ультразвукового очищення.

Практична значимість. Встановлено залежності між параметрами функцій приналежностей тривимірного нечіткого інтервального контролера та коефіцієнтами інтенсивностей випромінювачів і сумарним значенням максимального тиску у забрудненій ділянці.

Результати. Було досліджено вплив параметрів верхньої та нижньої функцій приналежностей, які задані як експоненційні залежності із максимальним значенням при мінімальній відстані між випромінювачем та датчиком. Під час аналізу отриманих даних виявлено наступні закономірності: на перших етапах очищення спостерігаються максимальне та мінімальне значення вихідних коефіцієнтів інтенсивностей для одних і тих же випромінювачів (для найближчого випромінювача – 1, для найдальшого – 0), але спостерігаються незначні коливання для інших. Але за рахунок цих коливань є ефект накопичування різниці і на останньому етапі очищення основний випромінювач для різних значень параметрів функцій приналежностей не завжди співпадає. За основний критерій ефективності ультразвукового очищення було прийнято сумарне значення максимального тиску у забрудненій області. Оптимальним виявилися значення для параметрів функцій приналежностей $\sigma_1 = 0.1$ та $\sigma_2 = 4$. Зменшення σ_1 спотворювало роботу алгоритму взагалі, бо відбувалося ділення на число близьке до 0. Розширення інтервалу шляхом збільшення σ_2 призвело до зменшення прийнято сумарне значення максимального тиску у забрудненій області. Таким чином, параметри σ_1 та σ_2 знаходяться на значному інтервалі, при цьому σ_1 досить близько до 0, а значення σ_2 треба визначати в залежності від співвідношення кількості випромінювачів та датчиків, бо збільшення різниці між σ_1 та σ_2 після певного значення ефекту не має.

Ключові слова: тривимірний нечіткий інтервальний контролер, функція приналежності, моделювання, ультразвукове очищення

Kravchenko O.M. Investigation of membership functions parameters of three-dimensional interval fuzzy controller for ultrasound cleaning

Purpose. Determine the optimal values for the membership function parameters of a three-dimensional fuzzy interval controller to improve the energy efficiency of the ultrasonic cleaning process.

Research methods. Modeling using available software to simulate the propagation of high-intensity ultrasonic waves.

Scientific novelty. Based on the analysis of the simulation results of the ultrasonic cleaning process, the optimal values for the parameters of the membership functions of the three-dimensional fuzzy interval controller are obtained.

Practical significance. The dependences between the parameters of the membership functions of the three-dimensional fuzzy interval controller and the intensity coefficients of the emitters and the total value of the maximum pressure in the contaminated area were identified.

Results. The influence of the parameters of the upper and lower memberships functions given as exponential dependences with the maximum value at the minimum distance between the emitter and the sensor was investigated. When analyzing the data obtained, the following regularities were revealed: at the first purification the maximum and minimum values of initial coefficients of intensities for the same emitters are observed, but insignificant fluctuations are observed for others. Due to these fluctuations there is an effect of difference accumulation, and in the last stage of cleaning the main emitter for different values of the accessory function parameters does not always coincide. The main criterion for the effectiveness of ultrasonic cleaning was the total value of the maximum pressure in the contaminated area. The optimal values for the parameters of the membership functions $\sigma_1 = 0.1$ and $\sigma_2 = 4$. Decreasing σ_1 distorted the operation of the algorithm in general, because there was a division by a number close to 0. Extending the interval by increasing σ_2 led to a decrease in the total value of maximum pressure in the contaminated region. Thus, the parameters σ_1 and σ_2 are in a significant range, with σ_1 close enough to 0, and the value of σ_2 should be determined depending on the ratio of the number of emitters and sensors, because increasing the difference between σ_1 and σ_2 after a certain value has no effect.

Key words: three-dimensional fuzzy interval controller, membership functions, modeling, ultrasonic cleaning

УДК 550.34.013

Бровко Д.В., Романенко А.О., Сидоренко В.Д. Визначення відстані до сейсмічного явища в межах кар'єрного поля на основі звукометричних методів контролю

Мета. Розробка способу визначення відстані до геофізичного явища з однієї віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмосонда.

Методика дослідження базується на методах математичної статистики, системному аналітичному підході щодо розробки оптимального методу визначення відстані до сейсмічного явища на основі відомих теорій.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи математичної статистики та логіки, системно-структурного та порівняльного аналізу, узагальнення, систематизації та класифікації.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у розробці алгоритму проведення досліджень з визначення відстані до сейсмічного явища, використовуючи лише один трохканалний зонд.

Практична значимість: Визначення та інтерпретація результатів замірів трьохканалним зондом, в перспективі, дає можливість не тільки ідентифікувати явище, але й визначити відстань до нього, що дає змогу контролювати перерозподіл напружень в гірському масиві.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих даних можна характеризувати порушеність структури масиву та інтенсивність внутрішнього руйнування масиву у шахтних виробках, які знаходяться в межах кар'єрного поля. Завдяки сукупності відомих і нових суттєвих ознак стало можливим визначити відстань до геомеханічного явища з тільки однієї доступної віддаленої точки вимірювання, відповідно з використанням тільки одного трикоординатного сейсмосонда. Це дає можливість прогнозувати всплиття пустоти або вихід воронки на поверхню.

Результати: використання відношення тривалості сигналу до амплітуди сигналу дозволяє компенсувати вплив енергії явища на залежності тривалості і амплітуди від відстані, що в свою чергу дозволяє забезпечити точність визначення відстані відповідну точності вимірювань протяжності і амплітуди при широкому діапазоні коливань енергії явищ. Технічним результатом є можливість визначити відстані до гіпоцентрів сейсмічних подій за сигналами одного сейсмічного зонда.

Ключові слова: : сейсміка, мікросейсми, зонд, визначення відстані, звукометрія

Brovko D.V., Romanenko A.O., Sidorenko V.D. Determination of the distance to a seismic event within the limits of the quarry field on the basis of soundometrical control methods

Goal. Development of a method for determining the distance to a geophysical phenomenon from one remote measurement point, respectively, using only one three-coordinate seismic probe.

The research methodology is based on the methods of mathematical statistics, a systematic analytical approach to the development of the optimal method of determining the distance to a seismic phenomenon based on known theories.

Research methods. During the research, methods of mathematical statistics and logic, system-structural and comparative analysis, generalization, systematization and classification were used.

Scientific novelty of the obtained results. It consists in the development of an algorithm for conducting research on determining the distance to a seismic phenomenon, using only one three-channel probe.

Practical significance: Determination and interpretation of the results of measurements with a three-channel probe, in the future, makes it possible not only to identify the phenomenon, but also to determine the distance to it, which makes it possible to control the redistribution of stresses in the rock massif.

The practical significance of the obtained results is that, based on the obtained data, it is possible to characterize the disturbance of the structure of the rock massif and the intensity of the internal destruction of the massif in mine processing located within the limits of the quarry field. Due to the combination of known and new essential features, it became possible to determine the distance to a geomechanical phenomenon from only one available remote measurement point, respectively, using only one three-coordinate seismic probe. This makes it possible to predict the emergence of a void or the exit of a funnel to the surface.

Results: the use of the ratio signal duration to the amplitude of the signal makes it possible to compensate for the effect of the phenomenon that the energy dependence of the duration and amplitude on the distance, which in turn allows to ensure the accuracy of the distance determination corresponding to the accuracy of the length and amplitude measurements with a wide

range of energy fluctuations of the phenomena. The technical result is the possibility to determine the distances to the hypocenters of seismic events based on the signals of one seismic probe.

Key words: seismicity, microseisms, probe, distance determination, soundometry

УДК 528.482.4+681.518

Куліковська О.Є., Переметчик А.В., Катусков В.О., Ісаєв О.П. Порівняльний аналіз програмних систем SinergyMap і ЗЕМПРО (Spliterw)

Мета. У зв'язку з появленням новітніх правил стосовно забезпечення потрібними даними органів державної влади та органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій, а також громадян із ціллю регулювання земельних та інших взаємовідносин постала мета порівняти можливості, зручність, простоту функціоналу двох різних ГІС, зокрема ЗЕМПРО (Spliterw) та SinergyMap під час опрацювання матеріалів для виконання ідентичної роботи.

Методи. Сформульовані мета та задачі дослідження зумовили застосування загальнонаукових підходів, логічних правил побудови висновків, спеціальних методів пізнання. Інформаційним підґрунтям проведення роботи слугували збірники наукових праць, періодичні фахові видання, Інтернет-ресурси, нормативні документи.

Наукова новизна. Означено відбір результативних методів практики організації опрацювання матеріалів для виконання ідентичної роботи із застосуванням ГІС ЗЕМПРО (Spliterw) та SinergyMap.

Практична значимість. Цільове спрямування виділяється практичною значимістю даного дослідження для потреб професіоналів для землевпорядників, геодезичної галузі та для фахівців інших напрямів, що займаються організацією ефективної роботи щодо методів та способів збирання просторових даних, які можуть забезпечити оперативне автоматизоване отримання картографічної інформації з заданою точністю і необхідним обсягом інформації як для потреб країни, так і зацікавлених користувачів.

Результати. Встановлено, що ГІС SinergyMap має всі потрібні засоби для використання у різноманітних областях, і набула щонайбільшого розповсюдження у землеустрої, архітектурі, сільському, лісовому і водному господарствах, земельному кадастрі тощо. Подібне об'єднання вдосконалює структурування показників, додає ефективність їх аналізу та опрацювання, а віддзеркалення цих даних у звичайному для людського розуміння візуальному вигляді добре облегує та модернізує механізм прийняття адміністративних рішень. Існуючі сьогодні ГІС, як платні, так і з відкритим кодом, дозволяють виконувати практично будь-які камеральні роботи для кадастру та землеустрою. Головне розуміти користувачу зміст поставленого завдання і враховувати корпоративні стандарти на інформаційні системи в організаціях, які беруть участь у таких спільних роботах, або для яких ці роботи виконуються.

Ключові слова: геоінформаційна система, ЗЕМПРО (Spliterw), SinergyMap, опрацювання матеріалів, автоматизація, функціональні можливості

Kulikovskaya O.Ye., Peremetchyk A.V., Katushkov V.A., Isaev A.P. Comparative analysis of SinergyMap and ZEMPRO software systems (Spliterw)

Goals. In connection with the emergence of the latest rules regarding the provision of the necessary data to public authorities and local governments, enterprises, institutions and organizations, as well as citizens in order to regulate land and other relationships, there was a goal to compare the capabilities, convenience, simplicity of the functionality of two different GIS, in particular ZEMPRO (Spliterw) and SinergyMap during the processing of materials to perform identical work.

Methods. The formulated purpose and objectives of the study led to the use of general scientific approaches, logical rules for drawing conclusions, and special methods of cognition. The information basis of the work was collections of scientific papers, periodical professional publications, Internet resources, regulatory documents.

Scientific novelty. The selection of effective methods of the practice of organizing the processing of materials for performing identical work using GIS ZEMPRO (Spliterw) and SinergyMap is indicated.

Practical significance. The target area is highlighted by the practical significance of this study for the needs of land surveyors, specialists in the geodetic industry and other areas involved in organizing effective work on methods and methods of collecting spatial data that can provide operational automated receipt of cartographic information with a given accuracy and the necessary amount of information for both the needs of the country and interested users.

Results. It has been established that the SinergyMap GIS has all the necessary tools for use in various fields, has become the most widespread in land management, architecture, agriculture, forestry and water management, land cadastre, etc. Such an association improves the structuring of indicators, adds efficiency to their analysis and processing, and the reflection of these data in a visual form that is normal for human understanding is good facilitates and modernizes the mechanism of administrative decision-making. Existing GIS today, both paid and open source, allow you to perform almost any desk work for the cadastre and land management. The main thing is for the user to understand the content of the task and take into account corporate standards for information systems in organizations that participate in such joint work or for which these works are performed.

Keywords: geoinformation system, ZEMPRO (Spliterw), SinergyMap, material processing, automation, functionality

УДК 332.54

Перович Л.М., Перович І.Л., Сидоренко В.Д., Паламар А.Ю. Універсальний підхід до оцінки територій

Мета. Оцінка якості окремих частин земної поверхні (територій) завжди викликає певний науковий і практичний інтерес і є базисом життєдіяльності людей. Звідси, дослідження процесів і розробка методик оцінки якості територій завжди залишаються важливою проблемою і, особливо, коли настає процес функціонального зонування території України. Метою даної публікації є розробка методичного підходу, здатного уніфікувати процедуру оцінки територій різного функціонального призначення.

Методика дослідження базується на методах математичної статистики, системному аналітичному підході щодо вибору індикаторів впливу на індекс цінності територій.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи математичної статистики та логіки, системно-структурного та порівняльного аналізу, узагальнення, систематизації та класифікації, методика кадастрових знімальних робіт.

Наукова новизна результатів. полягає у розробці універсального алгоритму оцінки територій на основі визначення індексу її якості та можливості використання його для встановлення вартості територій у грошовому еквіваленті. В процесі функціонального зонування території особливо актуальною проблемою постає оцінка якості території, і зокрема, земельних ресурсів для задоволення функціональних вимог.

Практична значимість: результати досліджень, запропонований методичний підхід до оцінки якості територій можуть ефективно використовуватись органами державної влади і місцевого самоврядування при розробці проектів функціонального зонування територій, а також при встановленні нормативів грошової ціни територій певного функціонального призначення.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, щоб застосовувати результати дослідження в державних або приватних організаціях при розробленні проектів землеустрою щодо відведення земельних ділянок різної категорії, кадастровому зонуванні та при оцінці будь-якої категорії земель.

Результати: методика та алгоритм визначення індексів цінності територій різного функціонального використання. Запропонований методичний підхід є універсальним, що дозволяє використовувати його для територій різного функціонального призначення, в тому числі різних категорій земель, що значно спрощує процедуру оцінки.

Ключові слова: індекс якості, індикатор, територія, функціональне зонування, оцінка території, індекс цінності території.

Perovych L.M., Perovych I.L., Sidorenko V.D., Palamar A. Yu. Universal approach to territory assessment

Goal. Assessment of the quality of individual parts of the earth's surface (territories) always causes a certain scientific and practical interest and is the basis of people's daily life. Therefore, the study of processes and the development of methods for assessing the quality of territories always remain an important problem, especially when the process of functional zoning of the territory of Ukraine begins. The purpose of this publication is to develop a methodical approach capable of unifying the procedure for evaluating territories of different functional purposes.

The research methodology is based on the methods of mathematical statistics, a systematic analytical approach to the selection of indicators of influence on the territory value index.

Research methods. During the research, the methods of mathematical statistics and logic, system-structural and comparative analysis, generalization, systematization and classification, and the method of cadastral surveying were used.

Scientific novelty of the obtained results. consists in the development of a universal algorithm for the evaluation of territories based on the definition of the index of its quality and the possibility of using it to establish the value of territories in monetary terms. In the process of functional zoning of the territory, the assessment of the quality of the territory, and in particular, land resources to meet functional requirements, becomes a particularly urgent problem.

Practical significance: the results of the research, the proposed methodical approach to the assessment of the quality of territories can be effectively used by state authorities and local self-government bodies when developing projects for functional zoning of territories, as well as when establishing norms for the monetary price of territories of a certain functional purpose.

The practical significance of the obtained results is to apply the research results in public or private organizations when developing land management projects regarding the allocation of land plots of different categories, cadastral zoning, and when evaluating any category of land.

Results: method and algorithm for determining value indices of territories of different functional uses. The proposed methodological approach is universal, which allows you to use it for territories of various functional purposes, including different categories of land, which greatly simplifies the evaluation procedure.

Key words: quality index, indicator, territory, functional zoning, territory assessment, territory value index.

Збірник наукових праць

В і с н и к
Криворізького національного університету

Випуск 54

Комп'ютерний набір, верстка

Підпригора Н.П.

Підписано до друку 26.04.22 за рекомендацією Вченої Ради
Криворізького національного університету, протокол № 2.
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 28,13 Тираж 100 прим.
Замовл. № 6. Укр., англ.

Адреса видавництва:
вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027

Криворізький національний університет, 2022.
Вип. 54, С. 3-222