

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Криворізький національний університет

ГІРНИЧИЙ ВІСНИК

Науково-технічний збірник

Заснований у 1966 році

Випуск 108

Кривий Ріг, 2020

Редакційна колегія: **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф. (головний редактор); **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора); **Азарян А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Андрєєв Б.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Бережний М.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Березовський А.А.**, д-р геол. наук, проф.; **Блізнюков В.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Бровко Д.В.**, канд.тех.наук., доц.; **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Голік В.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Гурін А.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф., Охрид, Македонія; **Ільяс Ніколає**, доктор-інженер, 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; **Комашенко В.І.**, д-р техн. наук, проф., Владікавказ, Росія; **Лапшин О.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун Н.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Перегудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Рудь Ю.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Самуся В.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Стороженко Л.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Титюк В.К.**, канд.техн. наук, доц.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.

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 наук. Розглянуто шляхи підвищення ефективності промислових виробництв, автоматизації, контролю та керування технологічними процесами. Важливе місце займають питання енергозбереження, надійності охорони праці, техніки безпеки, захисту довкілля.

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

Випуск № 108 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 3 від 03.11.2020 року).

Адреса редакції: Криворізький національний університет
вул. Пушкіна, 44, Кривий Ріг, 50002,
Тел. (056) 409 61 29
e-mail: naukaknu@ukr.net
web-сайт: iomining.in.ua/ua/homeua

З м і с т

<i>Аблєєва І. Ю., Пляцук Л. Д., Зінченко В. Ю., Луценко С. В., Бережна І. О., Янченко І. О.</i> Оцінка ефективності розділення бурового шламу у полі дії відцентрових сил	3
<i>Власов С.Ф., Тимченко С.Є., Молдаванов Є.В.</i> Результати аналізу фізико-механічних властивостей пісковиків, що залягають у покрівлі розроблюваних вугільних пластів в умовах шахт Західного Донбасу	9
<i>Котов І.А.</i> Оцінка економічного ефекту як відверненого збитку від аварії в енергосистемі при впровадженні інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень	15
<i>Шимко В.А.</i> Інклюзія в освітньому просторі закладів вищої освіти Криворіжжя: архітектурно-планувальний аспект	20
<i>Сахно С.І., Люльченко Є.В., Янова Л.А., Пищикова О.В.</i> Аналіз нелінійних деформацій залізобетонних балок методом скінчених елементів	27
<i>Рубан С. А., Маринич І. А., Федоров М. Є.</i> Адаптивне керування процесами підготовки шихти для виготовлення залізорудних котунів на базі методів теорії гіперстійкості	34
<i>Савицький О.І., Тимошенко М.А., Грамм О. О.</i> Вибір способу автоматизованого регулювання продуктивності процесу мілкого дроблення залізної руди зі змінними параметрами	39
<i>Завсєгдашніа І.В., Рубан С.А., Пилипенко О.В., Завсєгдашніа О.О., Филипова І.О.</i> Інформаційна система управління товарними запасами для умов малого бізнесу у сфері e-commerce	44
<i>Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю.</i> Елементи біологічної рекультивації узбіч, як спосіб зменшення пилового навантаження на працівників	50
АНОТАЦІЇ ..	
<i>А н о т а ц і ї</i>	57

І. Ю. АБЛЕСВА, канд. техн. наук, ст. викл., Л. Д. ПЛЯЦУК, д-р техн. наук, проф.,
В. Ю. ЗІНЧЕНКО, інж., С. В. ЛУЦЕНКО, І. О. БЕРЕЖНА, І. О. ЯНЧЕНКО, аспіранти
Сумський державний університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗДІЛЕННЯ БУРОВОГО ШЛАМУ У ПОЛІ ДІЇ ВІДЦЕНТРОВИХ СИЛ

Мета статті полягає у визначенні ступеня ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950, що супроводжується одержанням твердої фази з властивостями, необхідними для використання як товарного продукту.

Методи. Дослідженням підлягали зразки бурового шламу, одержаного у процесі буріння свердловин на Семиренківському газоконденсатному родовищі, яке знаходиться на території Шишацького району Полтавської області. Для встановлення закономірностей осушення шламу в ОВШ-950 для аналізу використовували буровий шлам різного генезису, тобто утворений у результаті буріння різних свердловин та на різних глибинах. Вологість зразків бурового шламу визначали згідно із стандартними методиками відповідно до ДСТУ Б В.2.1–17:2009 та ДСТУ ISO 11465–2001.

Наукова новизна. Встановлені науково обґрунтовані закономірності процесу осушення бурового шламу в осушувачі ОВШ-950, що дозволяє інтенсифікувати процес залежно від природи бурового розчину, який використовується у процесі буріння.

Практична значимість. Розділення бурових шламів, одержаних під час буріння свердловин, дозволяє зменшити кількість утворених бурових відходів та знизити витрати на приготування бурового розчину, завдяки повторному використанню рідкої фази.

Результати. Виходячи з отриманих результатів ступеня осушки бурового шламу на глиняно-полімерній основі та вуглеводній основі слід зазначити, що ступінь осушки шламу вища на глиняно-полімерній основі і складає майже 82 % в порівнянні з майже 56 %. Це обумовлюється хімічними та фізичними властивостями глиняно-полімерної основи шламу, а також водовіддачею. Показано результативність розділення бурових шламів, одержаних під час буріння свердловин із застосуванням різних основ для бурових розчинів, на центрифугі, та осушення осаду в осушувачі ОВШ-950. На підставі проведених досліджень щодо визначення ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950 встановлено, що обладнання забезпечує ступінь осушення бурового шламу залежно від типу бурового розчину, що використовувався, на рівні від 51 % до 81 % для ІЕР Witer II та глиняно-полімерної основи відповідно.

Ключові слова: бурові відходи, центрифугування, осушувач вертикальний, відпрацьований буровий розчин, рециклінг.

doi:10.31721/2306-5435-2020-1-108-3-9

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Кожного року в Україні утворюється велика кількість бурових відходів, зокрема під час буріння однієї свердловини утворюється понад 1000 м³ відходів, з них бурового шламу – 355 м³, відпрацьованого бурового розчину – 371 м³, бурових стічних вод – 728 м³, які потребують подальшої переробки або утилізації [1]. Оскільки цей вид відходів різнокомпонентний, то і вибір способу та технології утилізації буде відрізнятися. Відходи буріння здебільшого складаються з бурового шламу, бурового розчину та домішок пробуреної геологічної породи на місці видобутку. На різних глибинах видобутку та на різних ділянках ці відходи мають різний склад та морфологію. Не зважаючи на 4 клас небезпеки відходів буріння [2], їх складування та подальше накопичення в амбарах негативно впливає на стан навколишнього середовища та його компонентів. Такі об'єкти є джерелом додаткового негативного техногенного навантаження на навколишнє природне середовище та ризиків настання потенційної техногенної аварії.

Таким чином, вбачається доцільним не захоронення чи складування, а переробка відходів буріння, зокрема бурових шламів, оскільки у своєму складі вони містять ресурсоцінні компоненти, які можуть бути використані як сировина в інших технологічних процесах.

Аналіз досліджень і публікацій. У світовій практиці існує кілька способів та методів утилізації бурових шламів, а саме: термічні – обробка високою температурою або спалювання, з подальшим отриманням бітумінозних залишків; фізичні – примусове розділення або сепарація у відцентровому полі, відстоювання, фільтрування; хімічні – екстрагування за допомогою розчинників, затвердіння за допомогою додавання органічних та неорганічних реагентів; фізико-хімічні – спеціальна обробка додатковими реагентами, які змінюють фізико-хімічні властивості (коагулянти, флокулянти) [3]; біологічні – мікробіологічне чи біотермічне розкладання нафтових вуглеводнів за допомогою мікроорганізмів та з додаванням спеціальних біопрепаратів [4].

Кожна технологія, що ґрунтується на тому чи іншому методі, має як переваги, так і недоліки, тому наукові дослідження вчених спрямовані на вирішення актуальних питань їх удосконалення згідно з вимогами екологічної безпеки та з урахуванням кінцевого практичного результату. З огляду одержання цінних продуктів, які можуть бути використані повторно під час буріння та в якості будівельної сировини чи складової палива, найбільш перспективною, екологічно та економічно ефективною технологією переробки нафтових шламів є їх сепарація та розділення у відцентровому полі на окремі фази з подальшим фізико-хімічним обробленням та отриманням корисних компонентів. З цією метою оптимальним є використання трикантеру, у якому відбувається трьохфазне розділення, тобто одночасне розділення суспензії на дві незмішувані рідини (воду та нафту), які роздільно поступово вивантажуються, та тверду фазу (механічні домішки), що і становить основну відмінність від декантера та звичайної центрифуги [5, 6].

Під час розділення шламів на фази отримують нафтовмісну суміш, яку в подальшому можна використовувати як сировину та тверду фазу. Тверду фазу піддають осушуванню в осушувачах горизонтальних чи вертикальних залежно від необхідної продуктивності, після чого сухий шлам можна використовувати в якості сумішей для виробництва будівельних матеріалів та дорожнього покриття [7].

На території України виробником центрифуг для розділення бурових шламів, та осушувачів, які використовуються в подальшій переробці шламів, є ТОВ «Укрнафто-запчастина» [8]. Новітньою та інноваційною розробкою підприємства для нафтопромислової галузі є установка-осушувач ОВШ-950. Ця установка призначається для осушення бурового шламу з метою запобігання забруднення навколишнього середовища та суттєвого зниження витрат на приготування бурового розчину. Дорогі промивні рідини можуть відновлюватися з бурового шламу. За допомогою установки забезпечується висока продуктивність 30–50 тонн/год і висока ефективність осушення (концентрація твердої фази 3–5 %).

Вивчаючи іноземний досвід у галузі розділення та осушення шламів, відцентрове устаткування на світовий ринок поставляють такі виробники: німецькі фірми «Хіллер», «Вестфалія Сепаратор», «Флотвег», «КХД», шведська фірма «Альфа Лаваль», французька фірма «Гінард», японські «Чорі», «Куріта», російські «СЕТКО», американська «Decanter Machine Inc.» [9]. Установки ТОВ «Укрнафтозапчастина» не поступаються за якістю закордонним аналогам, однак нове обладнання потребує випробування та детального дослідження ефективності застосування на практиці для розв'язання конкретних задач.

Процес зневоднення й розділення бурового шламу на компоненти, та осушення шламу в осушувачах потребує детального дослідження для кожної нової установки, що і становить актуальність теми статті та визначило предмет і задачі дослідження.

Постановка задачі. Для очищення обважнених і необважнених бурових розчинів від надмірного вмісту твердої фази і регенерації обважнювача з обважнених бурових розчинів у процесі буріння нафтових і газових свердловин найбільш ефективними є центрифуги безперервної дії із шнековим вивантаженням осаду різного типу.

Мета дослідження полягає у визначенні ступеня ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950, що супроводжується одержанням твердої фази з властивостями, необхідними для використання як товарного продукту.

Для досягнення мети поставлено такі завдання дослідження:

охарактеризувати принцип дії центрифуги та осушувача, та можливість розділення бурових шламів, утворених у результаті використання бурових розчинів на різній основі;

встановити та проаналізувати зміну показників вологості для досліджуваних зразків;

оцінити ступінь осушення як параметр ефективності роботи осушувача ОВШ-950.

Ефективність роботи центрифуги визначається ступенем вилучення твердих часток з бурового шламу, що дозволяє повторно використовувати регенований відпрацьований буровий розчин, довівши його до необхідної якості за необхідності додаванням відповідних реагентів. Такий спосіб поводження з буровими відходами повністю відповідає вимогам раціонального природокористування за рахунок економії на хімічних реагентах та воді для приготування бурового розчину та заміни природних ресурсів для приготування різних композицій для широкого спектру будівництва одержаною сухою твердою фазою. З позицій ефективного подальшого використання сухого залишку з урахуванням необхідності транспортування та специфіки цільового застосуван-

ня ступінь осушення виступає функцією оптимізації, яка прагне до максимуму. При цьому криві ступеня осушення та затрат енергії будуть взаємопротилежні, і саме на їх перетині досягається максимальний ефект. У зв'язку з цим головною задачею дослідження є оптимізація процесу осушення твердої фази з урахуванням екологічних та економічних факторів.

Викладення матеріалу та результати.

1. Характеристика та опис родовища.

Дослідженням підлягали зразки бурового шламу, одержаного у процесі буріння свердловин на Семиренківському газоконденсатному родовищі, яке знаходиться на території Шишацького району Полтавської області. В адміністративному відношенні Семиренківське ГКР розташоване у Шишацькому та Миргородському районі Полтавської області за 25 км на північний схід від м. Миргород (рис. 1).

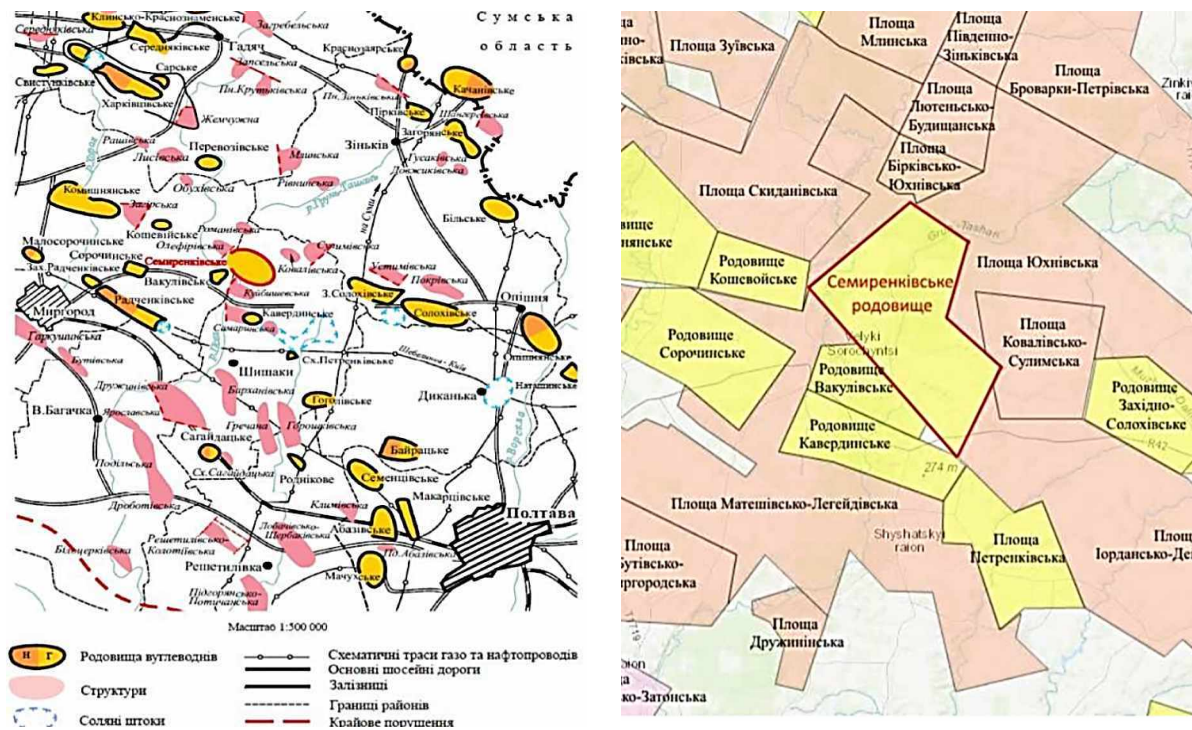


Рис. 1. Оглядова карта Семиренківського родовища та карта-схема району розташування Семиренківського родовища [10]

У геологічній будові Семиренківського родовища, розташованого в межах приосьової зони центральної частини ДДЗ, беруть участь породи палеозойської, мезозойської та кайнозойської систем, загальною товщиною до 8,5 км. Колекторами є пісковики кварцові дрібно-середньозернисті тріщинуваті, з невисокими ємнісно-фільтраційними параметрами – пористість коливається у межах 7–10 %, проникність за лабораторними дослідженнями керну – $0,8–114 \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$. Тип колекторів визначається як поровий, тріщино-поровий [11].

У геоморфологічному відношенні Семиренківське родовище розміщене в Придніпровській низовині в долині р. Псел, лівої притоки р. Дніпро. Водозабезпечення бурових робіт здійснюється за рахунок вод буцацького водоносного горизонту [11].

2. Характеристика зразків бурового шламу

Дослідженням підлягали зразки бурового шламу, відібрані на свердловинах № 77 Семиренківського родовища (№№ 1, 2, 5, 6), Мачухи № 54 (№№ 3 та 4) та на свердловинах з використанням бурового розчину на основі ІЕР Witer II (№№ 7–10), які наведено в табл. 1.

Об'єктом досліджень були зразки бурового шламу, які відбиралися на свердловинах, для буріння яких використовували буровий розчин на основі ІЕР Witer II. Хімічний склад такого розчину наведений на рис. 2, призначення якого полягає у первинному і вторинному розкритті продуктивних пластів, бурінні в аварійних зонах будь-якої складності, проведенні капітального ремонту свердловин, використанні як спеціальних рідин для тампонажу свердловин. ІЕР відрі-

зняється від інших розчинів застосуванням вуглеводневої рідини в якості дисперсійного середовища, а води або розчинів солей – як дисперсна фаза [12].

Таблиця 1

Досліджувані зразки бурового шламу

№ зразку	Розшифрування зразків
1	Зразок шламу № 1 на вході у центрифугу шламу на глино-полімерній основі
2	Зразок шламу № 2 на виході з центрифуги сухої фракції шламу на глино-полімерній основі
3	Зразок шламу № 3 на виході з центрифуги сухої фракції шламу на вуглеводневій основі
4	Зразок фугату № 4 на виході з центрифуги фугату на вуглеводневій основі
5	Зразок шламу № 5 на вході у центрифугу на глино-полімерній основі
6	Зразок шламу № 6 на виході з центрифуги сухої фракції шламу на глино-полімерній основі
7	Зразок шламу № 7 на вході у центрифугу шламу на основі IEP Witer II
8	Зразок шламу № 8 (без промивки)
9	Зразок шламу № 9 (з промивкою)
10	Зразок шламу № 10 на виході з центрифуги сухої фракції шламу на основі IEP Witer II

Вуглеводнева рідина утворює фільтрат розчину, що забезпечує повне виключення проблеми втрати стійкості гірських порід на стінках свердловин і набухання глинистих мінералів у пластах-колекторах внаслідок їх гідратації. Таким чином, використання цього бурового розчину забезпечує оптимальні умови для безаварійного буріння і якісного розкриття продуктивних горизонтів.

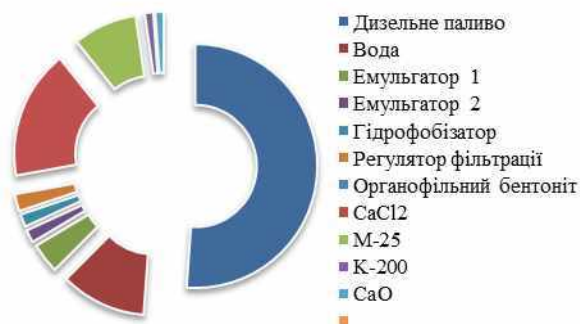


Рис. 2. Хімічний склад бурового розчину

3. Параметри центрифуги

Осушувач вертикальний шламовий – вертикальна скидна центрифуга безперервної дії призначена для прийому бурового розчину зі свердловини і очищення його від вибуреної породи при бурінні нафтових і газових свердловин, в складі циркуляційних систем бурових установок. Є можливість використовувати центрифугу як при амбарному так і безамбарному

(маловідходному) бурінні, тому що він дозволяє одержати вихід шламу низької вологості. Осушувач має сучасну конструкцію, яка дозволяє обробляти різні об'єми шламу, в середньому до 50 тонн. Уміст вуглеводневої суміші в осушеному шламі, яка скидається з осушувача, зазвичай становить < 5–6% від початкової ваги.

Осушувач вертикальний шламовий ОВШ-950 – це вертикальна скидна центрифуга безперервної дії, технічні характеристики якої наведені в табл. 2. Вона призначена для очищення бурових розчинів від надмірного вмісту твердої фази і регенерації обважнювача із обважнених бурових розчинів в процесі буріння нафтових і газових свердловин, для зневоднення стічних вод, для очищення масел та інших матеріалів від механічних домішок.

Вертикальний осушувач, до складу якого входить високошвидкісна вертикальна центрифуга, яка забезпечує максимальну сепарацію рідини і твердої фази у великих обсягах, використовується для повернення бурового розчину з бурових шламів у системі з утилізації бурових шламів. ОВШ-950 забезпечує максимізацію переробки бурових розчинів, і мінімізацію відходів буріння з метою економії витрат для операторів. Вертикальний осушувач використовується для бурових розчинів як на вуглеводній, так і на водній основі. При цьому, існують істотні переваги ОВШ:

для бурового шламу на вуглеводній основі вміст органіки може бути зменшено до 3–5 %;

для бурового шламу на водній основі вміст вологи знижується до рівня нижче 50 % зазвичай, що полегшує його транспортування;

повернення бурових розчинів для повторного використання задовольняє вимогам раціонального природокористування та є економічно ефективним підходом за рахунок економії коштів на закупівлю сировинних матеріалів для приготування бурових розчинів, оскільки дорогі промивні рідини можуть відновлюватися з шламу, як і весь буровий розчин, втрачений через втрату вмісту;

зменшення кількості бурових відходів, що є економічно виправданим з точки зору подальшої утилізації.

Таблиця 2

Технічні характеристики осушувача вертикального шламового ОВШ-950

Технічні характеристики	Значення	Технічні характеристики	Значення
Продуктивність, тонн/год	30–50	Тиск пневмоножа, МПа	0,7
Діаметр макс., мм	950	Подача пневмоножа, м ³ /хв	1,8
Щілинний зазор сита, мм	0,3–0,9	Насос очисний, шт	1
Швидкість обертання, об/хв		Потужність, кВт	
сита	1200	двигуна	55
ротора	1180	масляного насоса	0,55
двигуна	1500	очисного насоса	4
Відцентровий фактор поділу	764	Габарити, мм	2724×1882×2171
Об'єм масляного бака, л	47	Вага, кг	4400

4. Методика дослідження

Проби відбирали у трьох кратному повторенні для забезпечення статистичної значимості результатів вимірювань. Дослідженням підлягали зразки на всіх етапах розділення бурового шламу, причому первинним був вихідний зразок на вході в центрифугу. Для встановлення закономірностей осушення шламу в ОВШ-950 для аналізу використовували буровий шлам різного генезису, тобто утворений у результаті буріння різних свердловин та на різних глибинах. Оскільки для кожного етапу життєвого циклу буріння свердловини використовується різного складу буровий розчин, то досліджувалися шлами, до складу яких входили відпрацьовані бурові розчини на глиняно-полімерній основі, вуглеводневій основі, зокрема на основі ІЕР Witer II.

Вологість зразків бурового шламу визначали згідно із стандартними методиками відповідно до ДСТУ Б В.2.1–17:2009 та ДСТУ ISO 11465–2001 [13, 14]. Як рекомендовано за методикою [14], оброблені проби зразків відходів зважували з дотриманням вимог щодо похибки вимірювання, яка не повинна перевищувати 0,5–0,7 %.

Абсолютну вологість бурового шламу W у відсотках, яка визначає масову частку вологи у шлам, обчислювали за формулою

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \times 100\% , \quad (1)$$

де m_0 – маса сухого порожнього бюкса з кришкою, г; m_1 – маса закритого бюкса з вологим буровим шламом, г; m_2 – маса закритого бюкса з висушеним у сушильній шафі буровим шламом, г.

Масову частку сухої речовини W_{dm} , % розраховували за формулою

$$W = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100\% . \quad (2)$$

Ефективність ступеню осушення E визначали за формулою

$$E = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% , \quad (3)$$

де W_1 – вологість зразку шламу до осушувача (на вході), %; W_2 – вологість зразку шламу після осушувача (на виході), %.

5. Результати та обговорення

За одержаними даними щодо величини абсолютної вологості бурового шламу розраховували середнє арифметичне відносної вологості трьох паралельних визначень. Результати усередненого значення відносної вологості бурового шламу можна надати у вигляді гістограми, що зображена на рис. 3.



Рис. 3. Вологість досліджуваних зразків бурового шламу

Ефективність ступеня осушки в центрифугі для бурового шламу на глиняно-полімерній основі для зразків № 1 та № 5 становить 81,45 % та 80,55 % відповідно.

Ефективність ступеня осушки в центрифугі для бурового шламу для зразків № 7, № 8 та № 9 становить 51,37 %, 50,63 % та 55,71 % відповідно.

Виходячи з одержаних результатів ступеня осушки бурового шламу на глиняно-полімерній основі та вуглеводній основі слід зазначити, що ступінь осушки шламу вища на глиняно-полімерній основі і складає майже 82 % в порівнянні з майже 56 % на вуглеводній основі. Це обумовлюється хімічними та фізичними властивостями глиняно-полімерної основи шламу, а також водовіддачею. У світовій практиці зустрічається [15] утилізація та поділ бурових шламів у вертикальних та горизонтальних центрифугах.

Для зневоднення шламу в основному застосовуються стрічкові вакуум-фільтри, рідше пульсуючі, осаджувальні або осаджуючо-фільтруючі центрифуги. Всі ці апарати дозволяють одержувати вологу в межах 28–35 % на вакуум-фільтрах і 25–32 % – на центрифугах [9].

Варто зазначити, що ступінь осушення шламу залежить від режиму роботи центрифуги, а саме швидкості обертів та швидкості подачі бурового шламу. Одержані у результаті проведеного дослідження дані відповідають не найбільш осушуючим режимам роботи ОВШ-950. Виходячи з цього, у разі налаштування центрифуги на найбільш осушуючий режим роботи можна одержати більш осушену шламову масу і більш високу концентрацію обважнюючих частин у рідкій фазі розчину.

Також потрібно відмітити, що буровий шлам з вуглеводного розчину з високим вмістом обважнюючих часток, а саме барит, істотно ускладнює процес осушення бурового шламу, та вимагає увімкнення усіх систем внутрішнього очищення центрифуги.

У разі розділення бурового шламу ефективним є застосування комплексного підходу, тобто проведення його розділення та осушення послідовно з використанням різних установок: центрифуг, осушувачів, що сприяє підвищенню ефективності розділення на фази, використання рідкої фази повторно для приготування бурового розчину, та застосування твердої фази як вторинної сировини (дрібного заповнювачу) для виробництва будівельних матеріалів чи композиційних матеріалів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для наочної демонстрації ефективності роботи установки та визначення параметрів розділення бурового шламу було проведено експериментальне дослідження 10 різних зразків шламу та фугату. Оскільки шлами мають різний як хімічний, так і мінералогічний склад, проведено їх осушення на установці ОВШ-950 з подальшим аналізом результатів, встановлення залежностей між складом бурового шламу та його вологовіддачею, а також моделюванням для підвищення ефективності осушення та подальшого використання продукту.

1. Показано результативність розділення бурових шламів, одержаних під час буріння свердловин із застосуванням різних основ для бурових розчинів, на центрифугі, та осушення осаду в осушувачі ОВШ-950.

2. Встановлено, що у разі застосування установки ОВШ-950 для осушення шламу, одержаного після розділення бурового шламу на центрифугі, ефективність осушення варіюється від 51 % для шламу на основі IEP Witer II до 82 % для шламу на глиняно-полімерній основі.

3. На підставі проведених досліджень щодо визначення ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950 встановлено, що обладнання забезпечує ступінь осушення бурового

шламу залежно від типу бурового розчину, що використовувався, на рівні від 51 % до 82 % для IEP Witer II та глиняно-полімерної основи відповідно.

Подяка. Дослідження виконувались у межах договору № 51.16-2020.СП/200 на розробку та передачу науково-технічної продукції на замовлення ТОВ «Укрнафтозапчастина». Проведені дослідження відповідають плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології Сумського державного університету, пов'язаних із тематикою «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (номер держреєстрації 0116U006606).

Список літератури

1. **Рикусова Н. І.** Вплив на навколишнє природне середовище (нпс) бурових робіт та відходів буріння нафтогазових свердловин. Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Сер. : Механіко-технологічні системи та комплекси. Харків : НТУ "ХПІ", 2017. № 20 (1242). С. 98-102.
2. **Ahammad Sharif M. D., Nagalakshmi N. V. R., Srigowri Reddy S., Vasanth G., Uma Sankar K.** Drilling Waste Management and Control the Effects. Journal of Advanced J Chemical Engineering. 2017. Vol. 7, Issue 1. 1000166. DOI: 10.4172/2090-4568.1000166.
3. **Shkop A., Tseitlin M., Shestopalov O.** Exploring the ways to intensify the dewatering process of polydisperse suspensions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 6, Issue 10 (84). P. 35–40. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86085.
4. **Шапоров В. П., Шестопалов О. В., Мамедова О. О., Бахарєва Г. Ю.** та ін. Біологічні методи охорони навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: монографія. Х.: НТУ «ХПІ», 2015. 216 с.
5. **Seader, J.D., Henley, E.J., Roper, D.K.,** Separation Process Principles, Wiley, New York, 2011.
6. **Mersmann, A., Kind, M., Stichlmair, J.,** Thermal Separation Technology, Springer, Berlin, 2011.
7. **Рикусова Н. І.** Сучасні методи переробки та утилізації відходів буріння нафтогазових свердловин. Екологічні науки. 2018. Випуск 1 (20), Том 2. С. 130–135.
8. ТОВ «Укрнафтозапчастина». Режим доступу: <http://ukrnz.com.ua/>
9. **Шкоп А.О.** Закономірності процесів розділення шламових вод з полідисперсною твердою фазою в осаджувальних центрифугах: дисертація ... канд. техн. наук, спец.: 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології; наук. керівник М.А. Цейтлін. Суми: СумДУ, 2017. 136 с.
10. ДНВП «Геоінформ України». Режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua/wp/interaktyvni-karty-spetsdozvoliv.htm>
11. **Грищенко О.Л.** Звіт з оцінки впливу на довкілля планованої діяльності Семиренківського газоконденсатного родовища. Реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планованої діяльності 20187111203. 2018. С. 10, 132.
12. ТОВ «Геосинтез інженіринг». Witer II - інвертний емульсійний буровий розчин. Режим доступу: <http://gse.ua/produksiya/sistemi-promivalnikh-ridin/272-witer-ii-invertnij-emulsiyjnij-burovij-rozchin.html>.
13. Грунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей : ДСТУ Б В.2.1-17:2009. – [Чинний від 2010-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 34 с. – (Національний стандарт України).
14. Якість ґрунту. Визначання сухої речовини та вологості за масою. Гравіметричний метод : ДСТУ ISO 11465–2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держстандарт України, 2002. – IV, 5 с. – (Національний стандарт України).
15. **Cannon R. W., MI-Swaco, Dale Martin.** Reduction of Synthetic Based Fluid Discharges Offshore by the Use of Vertical Basket Centrifuges. Society of Petroleum Engineers Inc., 2001.

Рукопис подано до редакції 02.10.2020

УДК 622.02 : 552.513.1

С.Ф. ВЛАСОВ, д-р техн. наук, професор, С.Є. ТИМЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент,
Є.В. МОЛДАВАНОВ, аспірант
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІСКОВИКІВ, ЩО ЗАЛЯГАЮТЬ У ПОКРІВЛІ РОЗРОБЛЮВАНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ В УМОВАХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Мета. Виконати статистичний аналіз фізико-механічних властивостей пісковиків (щільності, пористості, межі міцності на стиск, тріщинуватості та водопривлыву), як окремої літологічної підсистеми, на підставі комплексу зібраних даних геологічного прогнозу шахт Західного Донбасу і встановити закономірності розподілу випадкових величин.

Методи дослідження. У роботі використано статистичний метод дослідження геологічних даних технічної документації, який спрямовано на збір первинного статистичного матеріалу, обробку, систематизацію та групування,

від характеристик окремих елементів до узагальнюючих показників у формі абсолютних, відносних або середніх величин упорядкування, обробки й інтерпретації даних.

Наукова новизна. В результаті проведення статистичного аналізу вперше встановлено закономірності розподілу випадкових величин. А саме, зміна випадкових величин щільності пісковиків, а також водопрпливу з них, мають експоненційний розподіл. Зміна випадкових величин пористості, межі міцності пісковиків на стиск, а також їх тріщинуватості відповідають розподілу Пуассона. Всі зміни випадкових величин описано рівняннями. Встановлені закономірності дозволять підвищити точність результатів моделювання при обґрунтуванні технологічних параметрів покровового переміщення очисного вибою вздовж виїмкового стовпа.

Практичне значення. Аналіз фізико-механічних властивостей дозволить значно скоротити обсяг розрахунків у моделюванні геомеханічних процесів, підвищити надійність розрахунків шляхом ймовірнісно-статистичних уявлень про природу та механізм посадки основної покрівлі. Цей аналіз у подальшому дозволить виконати моделювання покровового переміщення очисного вибою у просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки з урахуванням мінливої наявності пісковика у покрівлі, задля прогнозу його впливу на технологію очисного виїмання, та підвищити ефективність видобутку кам'яного вугілля на шахтах Західного Донбасу.

Результати. Наведено результати статистичного аналізу щільності, пористості, межі міцності на стиск, тріщинуватості та водопрпливу пісковиків. На підставі виконання статистичних аналізів встановлено закономірності розподілу випадкових величин.

Ключові слова. Водопрплив, межа міцності, пісковики, пористість, тріщинуватість, фізико-механічні властивості, щільність.

doi:10.31721/2306-5435-2020-1-108-9-15

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Однією з передумов проблеми керування породами покрівлі є їх фізико-механічні властивості, а саме: щільність, пористість, межа міцності на одновісний стиск, структурна неоднорідність (тріщинуватість), водопрплив, з урахуванням глибини їх залягання. Ці властивості негативно позначаються на технологічних процесах вуглевидобутку, зокрема можна навести приклади випадку обрізання порід покрівлі на рівні лінії вибою, що призвело до зменшення висоти робочого простору та посадки секцій механізованого кріплення «на жорстку базу» на шахтах «Західно-Донбаська» (863 лава), «ім. Сташкова» (636 – північна лава), «ім. Героїв Космосу» (1174 лава), «Дніпровська» (1099 лава), а також на шахті «Степова» (151 лава), де в основній покрівлі залягали пісковики потужністю 3,2 – 21,0 м.

Аналізуючи причинно наслідкові зв'язки цих явищ, залишаються поза увагою фізико-механічні властивості пісковиків, як окремої літологічної підсистеми, які є одним з вирішальних чинників у появі геодинамічних проявів при веденні очисних робіт.

Потужні пісковики негативно впливають на умови відпрацювання вугільних пластів, особливо, якщо вони залягають у їх покрівлі та мають підвищену тріщинуватість поблизу тектонічних порушень, у зонах «хибної» покрівлі, в місцях руслових розмивів та розщеплення пластів.

Тому, наступним етапом дослідження впливу пісковиків на напружено-деформований стан (НДС) очисних виробок буде виконання статистичного аналізу їх фізико-механічних властивостей.

Аналіз досліджень і публікацій. За весь період розвідки й експлуатації ділянки вугільного родовища, вивченням фізико-механічних властивостей порід займалися Павлоградська гідрогеологічна партія, Богданівська та Петропавлівська ГРП, Павлоградська ГРЗ [1].

Лабораторні дослідження вмісних порід виконувались ТОВ «Укрпівденьгеологія», ІГТМ НАН України, НТУ «Дніпровська політехніка», ДРГП «Донецькгеологія», ТОВ «Відділення геології та екології АГНУ» та ін.

Що ж стосується аналізу досліджень та публікацій вітчизняних вчених стосовно моделювання НДС шаруватого породного масиву, слід відмітити роботу Р.І. Мануйленка, який провів дослідження НДС вуглепородного масиву під час відпрацювання вугільного пласта [2]. На підставі виконаних досліджень та встановлених залежностей О.В. Калініченко визначив зміну НДС масиву в умовах шахтного поля шахти «Гігант-Глибока» [3]. Науковцями з НТУ «Дніпровська політехніка» було виконано чисельне моделювання впливу поверхні тріщин при оцінці міцності породного масиву [4]. А.В. Мартовицький у своїй роботі [5], виконав чисельний аналіз змін НДС гірського масиву при послідовному посуванні очисного вибою від монтажною камери. Групою дослідників УкрНДМІ НАН України було досліджено розподіл НДС масиву гірських порід навколо очисного вибою за допомогою комп'ютерного моделювання [6]. С.Ф. Власов [7] запропонував рішення задачі з обґрунтування технологічних параметрів відпрацювання виїм-

кових стовпів на базі результатів моделювання покрокового переміщення очисного вибою в просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки, розташованої в шаруватому трансверсально-ізотропному масиві гірських порід. Д.В. Бабець визначив зміни НДС гірських порід покрівлі на початковій стадії відходу лави від її місця монтажу, для розрахунку підтримки несучої здатності механізованого кріплення з урахуванням збільшення швидкості посування очисного вибою [8]. В.В. Приходько та Н.П. Уланова запропонували математичний метод визначення первинного кроку посадки основної покрівлі, що базується на аналізі НДС породного масиву [9]. О.М. Шашенком було викладено фізичні основи міцності гірських порід і породного масиву та наведено приклади чисельного моделювання пружно-пластичних задач в геомеханіці [10]. Н.В. Хозяїкіною [11], наведено результати досліджень, які дозволили встановити закономірності граничного напруженого стану у складно-структурній покрівлі, що дозволяють прогнозувати момент руйнування порід основної покрівлі.

Що ж стосується досліджень та публікацій закордонних вчених, то можна відмітити роботу [12], в якій Jiachen Wang та Zhigang Li виконали аналіз розподілу НДС вуглепородного масиву навколо очисної тривимірної моделі виробки виїмкового стовпа в умовах шахт КНР. S.R. Islavath та D. Deb провели дослідження взаємодії механізованого кріплення з породами покрівлі у тривимірній геомеханічній моделі [13]. А.К. Verma розробив двовимірну геомеханічну модель для обґрунтування взаємодії механізованого кріплення з покрівлею вугільного пласта в умовах вугільних шахт Індії з включенням різних варіантів типових гірничотехнічних умов [14] – [15].

У вищезазначених працях автори не врахували у своїх дослідженнях пісковики, як окрему літологічну підсистему, в плані фізико-механічних властивостей, а саме: їх щільність, пористість, межу міцності на стиск, тріщинуватість, а також водоприплив. Тому вирішення цього питання є дуже важливим для подальших досліджень.

Постановка завдання. В роботі досліджується статистичний аналіз фізико-механічних властивостей пісковиків, як окремої літологічної підсистеми, на підставі комплексу зібраних даних геологічного прогнозу шахт Західного Донбасу. Зокрема, необхідно виконати аналіз щільності, пористості, межі міцності на стиск, тріщинуватості пісковиків, а також їх водоприпливу. За результатами виконаного аналізу встановити закономірності розподілу випадкових величин.

Викладення матеріалу та результати. Актуальним завданням прогнозу аварійних випадків у лаві, пов'язаних з посадкою секцій механізованого кріплення «на жорстку базу», є систематизація характеру розподілу щільності пісковиків по досліджуваній ділянці, на якій мали місце бути аварійні ситуації.

Спираючись на теорію ймовірності, з метою побудови ймовірнісної моделі масових випадкових явищ, виконано статистичний аналіз щільності пісковиків, який наведено на рис. 1.

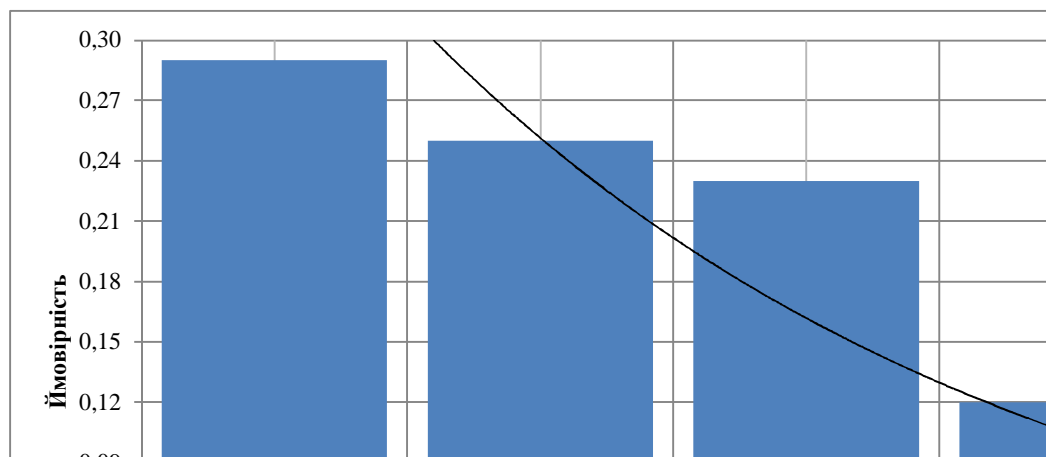


Рис. 1. Статистичний аналіз щільності пісковиків

Дивлячись на рис. 1, можна стверджувати, що зміна випадкових величин коливання потужності пісковиків має експоненційний характер розподілу з $\lambda = 2,34$.

Випадкова величина щільності пісковиків відповідає експоненційному розподілу з параметром $\lambda > 0$, її функція має вигляд

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $\lambda e^{-\lambda x}$ – густина ймовірності, $x \in (0, \infty)$.

Випадкова величина щільності пісковиків є неперервним аналогом дискретного геометричного розподілу.

З рис. 1 видно, що зі збільшенням щільності пісковиків прямопропорційно зменшується їх математичне очікування.

Аналіз показав, що величина щільності пісковиків не виходить за межі 2,24 – 2,84 т/м³, це каже про те, що породи за своєю природою є вельми неоднорідними. Середнє значення щільності пісковиків по досліджуваній площі становить 2,4 т/м³. Відомо, що пісковики в середньому на 2,9 % мають більшу щільність за алевроліти, на 2,5 % за аргіліти, на 7,0 % за вапняки та на 46,0 % більш щільніші за кам'яне вугілля.

Також було виконано статистичний аналіз масових випадкових величин пористості пісковиків, який приведено на рис. 2.

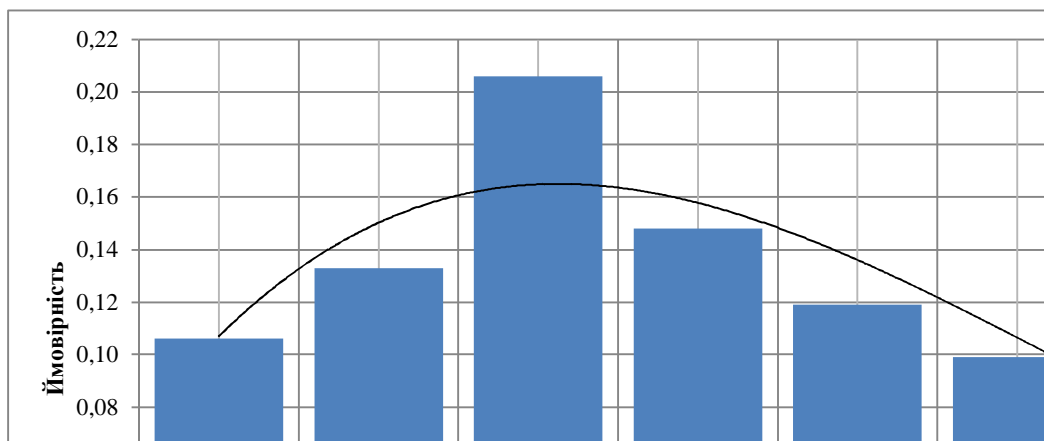


Рис. 2. Статистичний аналіз пористості пісковиків

На рис. 2 показано, що зміна випадкових величин пористості пісковиків відповідає розподілу Пуассона з $\lambda = 13,0$. Ці випадкові величини можна описати таким рівнянням

$$Pr = (X = k) \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, \quad k \in N_0, \quad (2)$$

де λ – математичне очікування випадкової величини (середня кількість подій за фіксований проміжок); $k!$ – факторіал числа k ; e – основа натурального логарифму ($e = 2,71$).

Проаналізувавши вихідні дані, можна стверджувати, що пористість пісковиків на досліджуваній ділянці коливається в межах від 7,0 % до 27,0 %, середнє ж значення становить 16,6 %. Порівнюючи значення пористості пісковиків з іншими вмісними породами, можна стверджувати, що пісковики більш пористі. Так, наприклад, алевроліти та аргіліти в середньому менш пористі за пісковики в середньому на 30,0 %, вапняки – на 50,0 %, кам'яне вугілля – на 38,0 %. Ці факти ясно вказують на те, чому саме пісковики є найбільш водовмісними породами серед інших літологічних різностей.

У процесі дослідження межі міцності пісковиків на одновісний стиск було виконано їх статистичний аналіз за даними шахт Західного Донбасу, який показано на рис. 3.

Відповідно до рис. 3 можна констатувати, що зміна випадкових величин межі міцності пісковиків на одновісний стиск має характер розподілу Пуассона з $\lambda = 30$. Зміну випадкових величин можна описати рівнянням (2).

За результатами дослідження встановлено, що межа міцності пісковиків на шахтах Західного Донбасу коливається в межах від 8,5 МПа до 80,0 МПа, а в одиничних випадках зустріча-

ється значення 144,9 МПа, це стосується пісковиків у вигляді лінз. Середнє значення межі міцності становить 30,0 МПа.

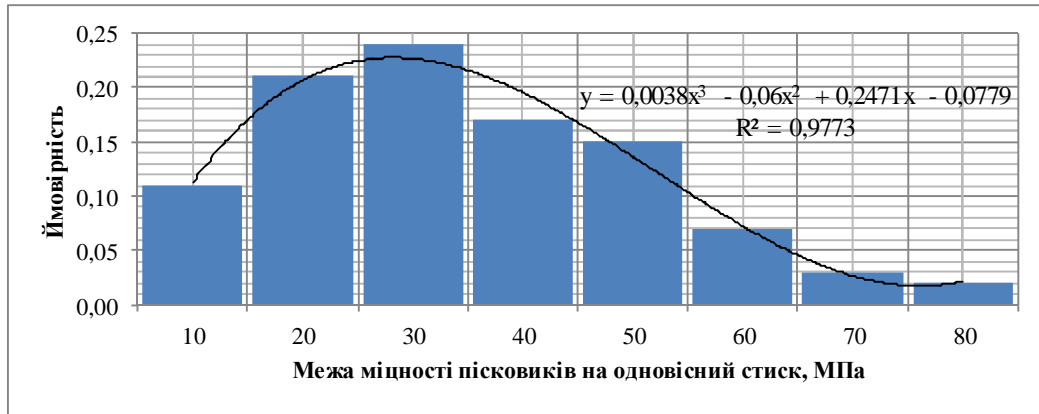


Рис. 3. Статистичний аналіз межі міцності пісковиків на одновісний стиск

З метою побудови ймовірнісної моделі масових випадкових явищ розглянуто статистичний аналіз тріщинуватості пісковиків на основі зібраних даних, який наведено на рис. 4.

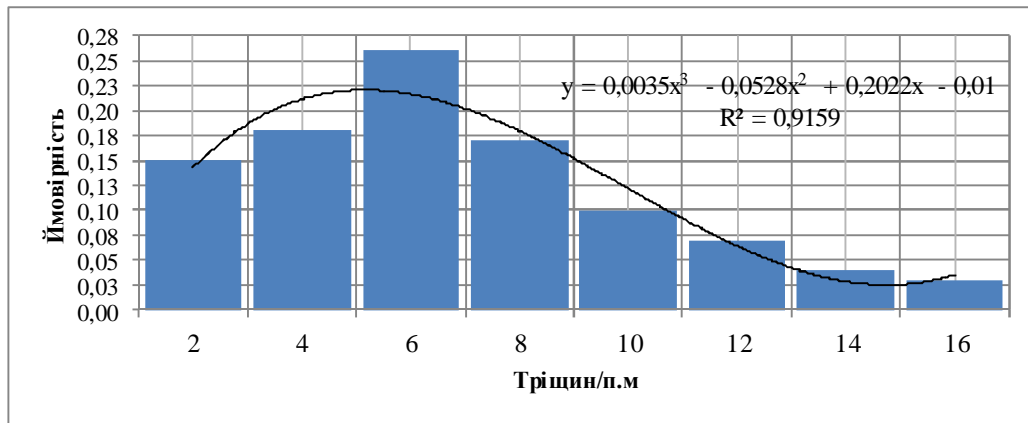


Рис. 4. Статистичний аналіз тріщинуватості (структурної неоднорідності) пісковиків

На рис. 4 показано, що зміна випадкових величин тріщинуватості пісковиків відповідає розподілу Пуассона з $\lambda = 6,0$. Ці випадкові величини можна також описати рівнянням (2).

На ділянці, яка експлуатується ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», показник тріщинуватості (структурної неоднорідності), знаходиться в межах від 0,0 до 16,0 тріщин на погонний метр, а в одиничних випадках зустрічається значення 33,0 тріщини на погонний метр, тому його не прийнято до уваги. Найбільш поширеною на заданій ділянці структурною неоднорідністю є 4,0 – 8,0 тріщин на погонний метр. Середнє ж значення тріщинуватості є 6,8 тріщин на погонний метр.

У процесі дослідження водоприпливів з пісковиків також було виконано статистичний аналіз, який приведено на рис. 5.

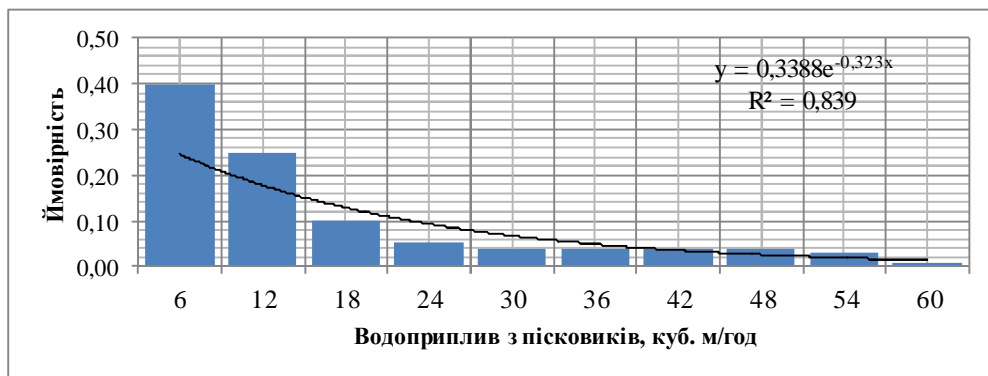


Рис. 5. Статистичний аналіз водоприпливу в лаву з пісковиків

З рис. 5 видно, що зміна випадкових величин коливання водопріпливів з пісковиків має характер експоненційного розподілу з $\lambda = 2,34$.

Випадкова величина водопріпливів з пісковиків відповідає експоненційний розподіл з параметром $\lambda > 0$, її функція має вигляд рівняння (1).

Випадкова величина водопріпливів з пісковиків є неперервним аналогом дискретного геометричного розподілу.

З рис. 5 можна стверджувати, що зі збільшенням водопріпливів з пісковиків, прямопропорційно зменшується їх математичне очікування.

Аналіз вихідних даних показує, що випадкова величина водопріпливів у лаву з пісковиків коливається в межах $0,0 - 60,0 \text{ м}^3/\text{год}$. Середній показник водопріпливів з пісковиків становить $15,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

Висновки та напрям подальших досліджень. У результаті проведення статистичного аналізу було встановлено, що розподіл випадкових величин щільності з $\lambda = 2,34$ та водопріпливів з $\lambda = 6,0$ мають вигляд експоненційного розподілу з параметром $\lambda > 0$. Математичне очікування є неперервним аналогом дискретного геометричного розподілу. З цього приводу можна сказати, що зі збільшенням щільності, а також водопріпливів з пісковиків прямопропорційно зменшується їх математичне очікування. Характер розподілу випадкових величин описано рівнянням.

Також на основі даних було встановлено, що розподіл випадкових величин пористості пісковиків з $\lambda = 13$, межі їх міцності на одновісний стиск з $\lambda = 13$, а також тріщинуватості з $\lambda = 6$, мають характер розподілу Пуассона. Характер розподілу описано рівнянням.

Встановлені закономірності дозволять підвищити точність результатів моделювання при обґрунтуванні технологічних параметрів покрокового переміщення очисного вибою вздовж виймкового стовпа.

Список літератури

1. Геолого-промисловий очерк Западного Донбасса / под. ред. **М. И. Струева**. – Павлоград: Павлоградская геолого-разведочная партия, 1968-1974. – 1974. – 589 с.
2. **Мануйленко Р. И.** Расчет напряженно-деформированного состояния и газонасыщенности массива при выемке угольного пласта / **Р. И. Мануйленко, И. А. Турбор** // Гірничий вісник. - 2014. - Вип. 97. - С. 301 – 305.
3. **Калініченко О. В.** Фізичне моделювання стійкості масиву при формуванні та підтримці підземних гірничих виробок / **О. В. Калініченко** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2018. – Вип. 47. – С. 97 – 102.
4. **Бабец Д. В.** Численное моделирование влияния поверхности трещин при оценке прочности породного массива / **Д. В. Бабец, Е. А. Сдвижкова, Д. О. Сосна** // Вісник Криворізького національного університету. – 2018. – Вип. 47. – С. 169 – 175.
5. **Мартовицкий А. В.** Исследование параметров обрушения сложноструктурного породного массива при движении лавы от монтажной камеры на ПСП «шахта Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» / **А. В. Мартовицкий** // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 31. – С. 54 – 59.
6. **Бугаева Н. А.** Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг длинного очисного забоя. Настройка модели / **Н. А. Бугаева, Ю. М. Селезнева, И. В. Назимко** // Вісник Криворізького національного університету. – 2012. – Вип. 32. – С. 114 – 118.
7. **Власов С.Ф.** Пространственное моделирование геомеханических процессов при подземной разработке месторождений: моногр. / **С.Ф. Власов, А.А. Сидельников**. – Д.: Национальный горный университет, 2012. – 222 с.
8. **Sdvyzhkova O.** Rock state assessment at initial stage of longwall mining in terms of poor rocks of Western Donbass / **O.Sdvyzhkova, D. Babets, K. Kravchenko, A. Smirnov** // New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – 2015. – pp. 65 – 70.
9. **Prykhodko V.** Mathematical modeling of tight roof periodical falling / **V.Prykhodko, N. Ulanova, O. Haidai, D. Klymenko**. // In E3S Web of Conferences. – 2018. – №60. – pp. 1 – 8.
10. **Шашенко О.М.** Деформованість та міцність масивів гірських порід: моногр. / **О.М. Шашенко, О.О. Сдвижкова, С.М. Гапєєв**. - Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 224 с.
11. **Хозяйкіна Н.В.** Обваления пород покрівлі в лавах положистих вугільних пластів: моногр. / **Н.В. Хозяйкіна**. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 126 с.
12. **Jiachen W.** Study on Coal Face Stability and Movement Behavior of the Overlying Rock Strata of Longwall Topcoal Caving in the Soft Coal Seam / **W. Jiachen, L. Zhigang** // Journal of University of Science and Technology Beijing. – 2005. – №27. – pp. 21 – 28.
13. **Islavath S.** Numerical analysis of a longwall mining cycle and development of a composite longwall index / **S. Islavath, D. Deb, H. Kumar** // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. – 2016. – №89. – pp. 43–54.

14. **Verma A.** Numerical Analysis of the Interaction between Hydraulic Powered Support and Surrounding Rock Strata at Indian Longwall Faces / **A. Verma, D. Deb** // The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics. – 2008. – pp. 394 – 402.

15. **Verma A.** Longwall face stability index (LFSI): A novel approach for estimation of chockshield pressure and face convergence / **A. Verma, D. Deb** // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2008. – №108. – pp. 763 – 774.

Рукопис подано до редакції 23.10.2020

УДК 004.896:681.3:621.311

І.А. КОТОВ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ЯК ВІДВЕРНЕНОГО ЗБИТКУ ВІД АВАРІЙ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Метою статті є виклад результатів оцінки економічної ефективності системи підтримки прийняття рішень (СППР) в аварійних режимах експлуатації об'єкта управління. Розроблені метрики оцінки якості СППР і проведена оцінка якості програмного забезпечення розробленої системи підтримки прийняття рішень. Проведена кількісна оцінка економічного ефекту підвищення надійності оперативно-диспетчерського персоналу (ОДП) від використання СППР при ліквідації аварійного порушення режиму електроенергетичної системи (ЕЕС).

Методи дослідження полягають в об'єднанні математичної моделі електричної мережі, моделі функціонування програмної системи підтримки рішень і моделі міжгалузевого балансу виробництва. Сформована оцінка величини збитку від перерв електропостачання і відхилень показників якості електроенергії. У роботі використані методи теорії множин, математичної логіки, теорії автоматів, електроенергетичних систем, теорії графів, математичної статистики.

Наукова новизна полягає в новій моделі розрахунку економічного ефекту від застосування інтелектуальної системи в аварійних режимах. Економічний ефект від впровадження СППР досягається за рахунок автоматизації діяльності диспетчера по оцінці станів енергосистеми. Застосування СППР забезпечує приріст гранично допустимого часу безперервної роботи ОДП при надійній ліквідації аварії. Доведено економічну доцільність впровадження та експлуатації СППР в середовищі діючої автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) в нормальних і аварійних режимах роботи ЕЕС.

Практична значимість роботи полягає в удосконаленні методів розрахунку економічного ефекту від впровадження системи підтримки прийняття рішень в нормальних і аварійних режимах. За результатами порівняльного аналізу метрик оцінки якості СППР, розроблена на основі еволюції інкорпорації професійних онтологій, показала ряд переваг перед аналогами по визначальним критеріям. Оцінка економічної ефективності проведена для двох режимів експлуатації СППР – нормальних і аварійних.

Результатами роботи є практичні показники економічної доцільності впровадження та експлуатації СППР в середовищі діючої АСДУ в нормальних і аварійних режимах роботи ЕЕС. Впровадження та експлуатація СППР в нормальному режимі роботи енергосистеми дозволяє знизити трудові і вартісні витрати, домогтися абсолютного скорочення вартісних витрат, скоротити час виконання типових операцій і підняти продуктивність праці

Ключові слова: аварійний стан, збиток, енергосистема, регулюючий ефект, база знань, автоматизація

doi:10.31721/2306-5435-2020-1-108-15-20

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Аналіз фактичних даних показав, що використання СППР в зв'язці ОДП + СППР при ліквідації аварійних ситуацій в енергосистемі дає значний позитивний ефект, що виражається в підвищенні надійності ОДП і збільшенні гранично допустимого часу безперервної експлуатації ОДП при безумовній ліквідації аварії.

Економічний ефект від впровадження та використання СППР в аварійних ситуаціях, що забезпечується за рахунок підвищення надійності диспетчерського персоналу, може бути виражений вартістю відверненого збитку від аварії конкретного типу в енергосистемах. Тому необхідна оцінка величини збитку від перерв електропостачання і відхилень показників якості електроенергії. До таких базових показників відносяться тривалість перерв електропостачання споживачів, відхилення напруги і частоти в мережі.

З метою виявлення аварійних станів і граничних умов експлуатації аналізувалися електри-

чні мережі ОЕС України в цілому, а також енергосистеми – «ДТЕК Дніпровські електромережі» і ПрАТ "Кіровоградобленерго" [1 – 3]. Узагальнюючи наведені дані аналізу проблемних ділянок або аварійних режимів енергосистем, можна сказати, що наслідки аварій призводять до зниження надійності електропостачання споживачів і небезпечних відхилень параметрів режимів – напруги і частоти. При цьому, оперативний вивід системи в стійкий післяаварійний режим не завжди забезпечує запобігання або безпечну локалізацію збитку.

Аналіз досліджень і публікацій. Зробимо оцінку потенційного збитку від найбільш типових аварійних ситуацій для Дніпровської енергосистеми і Київського енерговузла. Основні положення методик розрахунків використані з [4 – 9].

Прийmemo вихідні дані на 2019 рік згідно з [2]. Енергосистема – Дніпровська енергосистема. Встановлена потужність – 8307 МВт. Електроспоживання – 23563,923 млн. кВт.год.

Оцінимо потенційний збиток енергосистеми від роботи зі зниженою частотою в умовах 2% -го дефіциту потужності, що виник при розвитку можливої аварійної ситуації, і відсутності ефекту від обмеження споживання. Прийmemo, що, з урахуванням регулюючого ефекту навантаження, обмеженню навантаження і електроспоживання в 2% відповідає зниження частоти на 1%.

Постановка завдання. Згідно [10], прийmemo для Дніпропетровської області, значення валового суспільного продукту (ВСП) (в цінах 2019 року і середньорічний курс 26 грн / \$ США) в основних галузях наступними, млн. грн.:

в промисловості (без енергетики) – $W_1^{(0)} = 418932,8$;

в сільському господарстві – $W_2^{(0)} = 63567,4$;

в електроенергетиці – $W_3^{(0)} = 46553,0$.

При невеликому ступені обмеження споживання електроенергії внаслідок аварійної ситуації зменшення вироблення валової продукції в електроенергетичній галузі пропорційне зниженню виробництва електроенергії. Тоді, для аварійного зниження вироблення електроенергії, можна отримати наступний ВСП для галузі електроенергетики, млн. грн.

$$W_3^{(1)} = W_3^{(0)} \frac{\mathcal{E}^{(1)}}{\mathcal{E}^{(0)}} = 46553,00 \frac{23092,645}{23563,92} = 45621,9467. \quad (1)$$

Зниження ВСП для енергетики складе, млн. грн.

$$DW_3^{(1)} = W_3^{(0)} - W_3^{(1)} = 46553,00 - 45621,9467 = 931,0533.$$

Визначимо залежне зниження виробництва валової продукції іншими галузями – промисловістю і сільським господарством – з урахуванням регулюючого ефекту навантаження по частоті.

Для промисловості (без енергетики), млн. грн.

$$W_1^{(1)} = 418932,80(1 - 2,85(1 - 0,99)) = 406993,2152. \quad (2)$$

Зниження ВСП в промисловості, млн. грн

$$DW_1^{(1)} = W_1^{(0)} - W_1^{(1)} = 418932,8 - 406993,2152 = 11939,5848.$$

Для сільського господарства, млн. грн.

$$W_2^{(1)} = 63567,40(1 - 1,1(1 - 0,99)) = 62868,1586. \quad (3)$$

Зниження ВСП в сільському господарстві, млн. грн.

$$DW_2^{(1)} = W_2^{(0)} - W_2^{(1)} = 63567,40 - 62868,1586 = 699,2414.$$

Викладення матеріалу та результати. На основі балансової моделі В.С. Немчинова [8, 11 – 13] визначимо обмеження виробничих галузей, у виробництві продукції, що виникають внаслідок обмеження в споживанні електроенергії. Міжгалузевий баланс (МГБ) для розглянутих галузей промисловості в Дніпропетровській області наведено в табл. 1.

Міжгалузевий баланс виробництва і розподілу продукції основних галузей, млн грн.

Галузь економіки та елементи витрат	Галузь матеріального виробництва, W_i			Виробниче споживання продукції	Споживання кінцевого продукту, Y_i	Ітого ВВП, W_i
	промисловість (без електроенергетики)	сільське господарство	електроенергетика			
Промисловість (без електроенергетики)	110926,54	29543,87	2937,10	143407,51	275525,29	418932,80
Сільське господарство	45283,16	5224,86	0,00	50508,02	13059,38	63567,40
Електроенергетика	16423,63	10814,75	402,46	27640,84	18912,16	46553,00
Разом	172633,33	45583,48	3339,56	221556,37	307496,83	529053,20

Коефіцієнти структури споживання кінцевого продукту – $\gamma_i = Y_i / Y_{\Sigma}$

$$\gamma_1 = 0,89602644, \quad \gamma_2 = 0,042469966, \quad \gamma_3 = 0,061503593.$$

З табл. 1 визначимо матрицю коефіцієнтів розподілу валової продукції $A = [a_{ij}] = \frac{W_i \text{ произв.}}{W_j \text{ потр.}}$, перетворену матрицю $[E-A]$ і зворотну матрицю $d=[E-A]^{-1}$.

Визначимо споживання сумарного кінцевого продукту $Y^{(i)}$, яке лімітується виробництвом кожної i -й галузі, регіональної економіки, що розглядається, млн. грн. [6 – 8]:

в промисловості – $Y^{(1)} = 406993,2152 / (1,4777 \times 0,89602644 + 0,7657 \times 0,042469966 + 0,0940 \times 0,061503593) = 406993,2152 / 1,3623588611 = 298741,5628$;

в сільському господарстві – $Y^{(2)} = 62868,1586 / (0,1740 \times 0,89602644 + 1,1797 \times 0,042469966 + 0,0111 \times 0,061503593) = 62868,1586 / 0,20669310933 = 304161,8504$;

в електроенергетиці – $Y^{(3)} = 45621,9467 / (0,0883 \times 0,89602644 + 0,2327 \times 0,042469966 + 1,0143 \times 0,061503593) = 45621,9467 / 0,15138499012 = 301363,7393$.

$$Y^{(1)} = \min (298741,5628; 304161,8504; 301363,7393).$$

Отже, лімітуюча галузь – промисловість. Тоді на основі системи рівнянь і матриці коефіцієнтів B з [8], обчислимо обсяги виробництва, зумовлені зниженням об'ємом виробництва промислової продукції:

в промисловості, млн. грн. – $W_1^{(2)} = 404201,2298$;

в сільському господарстві, млн. грн. – $W_2^{(2)} = 61872,8284$;

в електроенергетиці, млн. грн. – $W_3^{(2)} = 45315,1201$.

Додатковий недовиробіток продукції складе:

в промисловості, млн. грн. – $W_1^{(f)} = 406933,2152 - 404201,2298 = 2731,9854$;

в сільському господарстві, млн. грн. – $W_2^{(f)} = 62868,1586 - 61872,8284 = 995,3302$;

в електроенергетиці, млн. грн. – $W_3^{(f)} = 45621,9467 - 45315,1201 = 306,8266$.

Разом, сумарний збиток регіональній економіці Дніпропетровської області, обумовлений роботою енергосистеми зі зниженою частотою на 1%, в розрахунку на один рік складе.

Збиток від зниження валового прибутку, млн. грн.

$$DD_{MOB}^{(f)} = \frac{0,378}{1+0,378} (418932,80 - 404201,2298) + \frac{1,1478}{1+1,1478} (63567,40 - 61872,8284) + \frac{0,2143}{1+0,2143} (46553,00 - 45315,1201) = 4041,0258 + 905,5914 + 218,4614 = 5165,0786.$$

Збиток від перевитрати фонду оплати праці, млн. грн.

$$DZ_{MOB}^{(f)} = \frac{\infty}{\infty} - \frac{404201,2298}{418932,80} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 57732,3718 + \frac{\infty}{\infty} - \frac{61872,8284}{63567,40} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 62403,8462 + \frac{\infty}{\infty} - \frac{45315,1201}{46553,00} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 1145,8333 = 2030,1311 + 1663,5537 + 30,4686 = 3724,1534.$$

Збиток від невикористання основних виробничих фондів, млн. грн.

$$DA_{MOB}^{(f)} = \frac{\infty}{\infty} - \frac{404201,2298}{418932,80} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 29519,2308 + \frac{\infty}{\infty} - \frac{61872,8284}{63567,40} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 14366,9872 + \frac{\infty}{\infty} - \frac{45315,1201}{46553,00} \frac{\ddot{o}}{\ddot{o}} 176,2821 = 1038,0295 + 382,9933 + 4,6875 = 1425,7103.$$

Сумарний збиток від роботи енергосистеми зі зниженою на 1% частотою (49,5 Гц), приведений до одного року, млн. грн.

$$Y_{Дн.обл.}^{(f)} = DD_{МОБ}^{(f)} + DЗ_{МОБ}^{(f)} + DA_{МОБ}^{(f)} = 5165,0786 + 3724,1534 + 1425,7103 = 10314,9423.$$

Як видно з отриманих результуючих даних, робота енергосистеми підприємства «ДТЕК Дніпровські електромережі» при аварійному зниженні частоти призводить до збитків, наведених до одного року, – 10315 млн. грн.

Тепер оцінимо збиток від роботи енергосистеми при аварійному зниженні напруги. Згідно з результатами досліджень, наведеними в [14, 15], одним з проблемних місць по напрузі є Центральна енергосистема України і, зокрема, мережі 110 – 330 кВ Київського енерговузла при зниженні генерації електричної енергії київськими ТЕЦ-5 і ТЕЦ-6.

Центральна ЕС є дефіцитною за потужністю. Загальне навантаження обласного енерговузла – 4264 МВт, покриття – 2358 МВт. Аналіз показує деградацію рівнів напруги в мережах 110 – 330 кВ ЦЕС при зниженні генерування електричної енергії київськими ТЕЦ. Максимальна величина дефіциту потужності перевищує 2500 МВт. Причиною є недостатня пропускна здатність мережі ЦЕС (а саме, – АТ-3 ЧАЕС), внаслідок чого утворюється додаткове завантаження Київських ТЕЦ-5, ТЕЦ-6 і Трипільської ТЕС.

Для розв'язання задачі оцінки збитку приймемо наступні умови. Режимні умови – зменшення генерації київських ТЕЦ. Рівні напруг на шинах ПС Центральної ЕС в режимі максимуму навантаження при зниженні генерації на Київських ТЕЦ:

Київська ТЕЦ-5 – 0,875 від номінальної напруги;

Київська ТЕЦ-6 – 0,87 від номінальної напруги;

ПС Північна – 0,86 від номінальної напруги;

ПС Жовтнева – 0,88 від номінальної напруги;

ПС Броварська – 0,875 від номінальної напруги.

Об'єкт розрахунків енерговузла Центральної ЕС – транзит 110 кВ Київська ТЕЦ-6 – ПС Лук'янівська Київської ЕС в режимі максимуму навантаження. Вихідні дані по Київській області в цінах 2019 р. приведені в табл. 2. Прийнято галузевий характер навантаження – змішаний.

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку збитку від зниженої напруги транзиту 110 кВ в Центральній енергосистемі

Зміст параметра	Позначення	Одиниця виміру	Значення параметра
Обсяг виробленої в вузлі валової продукції	$W_{ВП}$	млн. грн/год.	67601
Максимальна електричне навантаження у вузлі	P_{max}	МВт	500
Річне споживання електроенергії	$\Xi_{год}$	млн кВт·ч	1232,1
Число годин використання максимуму навантаження	T_{max}	ч/год	6500
Номінальна напруга у вузлі	$U_{ном}$	кВ	110
Фактичне напруга у вузлі	U	кВ	95,7
Регулюючий ефект навантаження по напрузі	k_p^U	отн. ед.	1,7
Питомий збиток від зниження напруги:			
від зниження продуктивності праці і недовикористання робочої сили	$z_{ущ.р.с.}^U$	грн/(кВт·ч)	0,9361
від недовиробітку продукції	$z_{ущ.пр.}^U$	грн/(кВт·ч)	1,2703
від створення і утримання резерву виробничої, потужності і страхових запасів готової продукції	$z_{ущ.рез.}^U$	грн/(кВт·ч)	3,9064
від організації понаднормових робіт	$z_{ущ.раб.}^U$	грн/(кВт·ч)	1,2703

Розрахунок проведемо за методикою з [8].

Ступінь обмеження навантаження через роботу мережі зі зниженою напругою

$$\epsilon(U^*) = k_p^U (1 - U^*) = k_p^U \left(1 - \frac{U}{U_{ном}}\right) = 1,6 \left(1 - \frac{95,7}{110}\right) = 0,2080, \quad (4)$$

де k_p^U – регулюючий ефект навантаження по напрузі [16, 17]; $U^* = U / U_{ном}$ – відносне поточне значення напруги.

Абсолютне зниження максимального навантаження, МВт

$$\Delta N = \epsilon \cdot P_{max} = 0,2080 \cdot 500 = 104,0000. \quad (5)$$

Тривалість обмеження навантаження протягом доби за емпіричною дослідною залежності, год/д

$$\tau^{\text{гп}}(\varepsilon) = 72,956 \cdot \varepsilon^{0,128} - 38,339 = 72,956 \cdot 0,2080^{0,128} - 38,339 = 21,3333. \quad (6)$$

Щільність обмежуваної частини графіка навантаження, відн. од.

$$\gamma(\varepsilon) = 0,72 \cdot \varepsilon^{0,74} = 0,72 \cdot 0,2080^{0,74} = 0,2253. \quad (7)$$

Зниження електроспоживання протягом року через роботу зі зниженим напругою, млн кВт.ч/год

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{год}} = 365 \cdot \Delta N \cdot \tau^{\text{гп}}(\varepsilon) \cdot \gamma(\varepsilon) \cdot 10^{-3} = 365 \cdot 104,00 \cdot 21,3333 \cdot 0,2253 \cdot 10^{-3} = 182,4507. \quad (8)$$

У частках річного електроспоживання, %

$$D\mathcal{E}_{\text{год}}^{\%} = \frac{D\mathcal{E}_{\text{год}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{182,4507}{1232,1} 100 = 14,8081. \quad (9)$$

Річний збиток споживачам через роботу зі зниженим напругою, млн грн/рік

$$D\mathcal{Z}_{\text{уц}}^U = D\mathcal{E}_{\text{год}} \times D\mathcal{Z}_{\text{уц.пр.}}^U = 182,4507 \times 1,2703 = 231,7671. \quad (10)$$

У частках річної вартості виробленої продукції, %

$$D\mathcal{Z}_{\text{уц}}^{U\%} = \frac{D\mathcal{Z}_{\text{уц}}^U}{W_{\text{ВП}}} 100 = \frac{231,7671}{67601,00} 100 = 0,3428. \quad (11)$$

Таким чином, робота споживачів мережі – транзиту 110 кВ Київська ТЕЦ-6 – ПС Лук'янівська Київської ЕС в періоди максимумів навантаження при аварійному зниженні напруги 0,87% від номінального призводить до збитків, наведених до одного року, близько 232 млн. грн. або 0,34% вартості виробленої продукції.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати наступне. Загальна вартість розробки і впровадження СППР складає 181,008 тис. грн. За результатами порівняльного аналізу метрик оцінки якості СППР, розроблена на основі еволюції інкорпорації професійних онтологій, показала ряд переваг перед аналогами по визначальним критеріям. Оцінка економічної ефективності проведена для двох режимів експлуатації СППР – нормальних і аварійних.

Оцінка економічної ефективності для нормальних режимів. У нормальних режимах роботи ЕС та ОДП економічний ефект від впровадження СППР досягається за рахунок автоматизації діяльності диспетчера по оцінці станів енергосистеми і прийняття управлінських рішень, що виражається в скороченні трудовитрат ОДП. Впровадження та експлуатація розробленої СППР в нормальному режимі роботи енергосистеми дозволяє знизити трудові і вартісні витрати в розрахунку на 1 рік і на одну зміну ОДП в 1,8 рази, домогтися абсолютного скорочення вартісних витрат на 116000 грн на рік, скоротити час виконання типових операцій і підняти продуктивність праці майже в 2 рази. Програмна інновація характеризується коротким терміном окупності і високим коефіцієнтом ефективності – 0,64 при нормативному 0,1 – 0,33.

Оцінка економічної ефективності для аварійних режимів. В аварійних режимах застосування СППР забезпечує наступний приріст гранично допустимого часу безперервної роботи ОДП при надійній ліквідації аварії – 1,5 року (18 міс). Сумарний відвернений збиток від роботи енергосистеми підприємства «ДТЕК Дніпровські електромережі» при аварійному зниженні частоти на 1% (49,5 Гц), приведений до одного року, становить 10315 млн. грн. Сумарний відвернений збиток від роботи транзиту 110 кВ Київська ТЕЦ-6 – ПС Лук'янівська Київської енергосистеми в періоди максимумів навантаження при аварійному зниженні напруги 0,87% від номінального, приведений до одного року, становить 232 млн. грн.

Отже, можна говорити про економічну доцільність впровадження та експлуатації розробленої СППР в середовищі діючої АСДУ в нормальних і аварійних режимах роботи ЕЕС.

Напрямок подальших досліджень полягає в удосконаленні моделей оцінки економічної ефективності системи підтримки прийняття рішень в аварійних режимах експлуатації об'єктів управління.

Список літератури

1. План розвитку системи передачі на 2020 – 2029 роки / ДП «Національна енергетична компанія «Укренерго» – Київ : ДП «Національна енергетична компанія «Укренерго» – 2019 – 208 с.

2. План розвитку системи розподілу АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі» на період 2020 – 2024 роки / «ДТЕК Дніпровські електромережі» – Дніпро: АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі» – 2020 – 455 с.
3. План розвитку системи розподілу ПрАТ «Кіровоградобленерго» на період 2020 – 2024 роки / «Кіровоградобленерго» – Кропивницький: ПрАТ «Кіровоградобленерго» – 2019 – 231 с.
4. Герасимов С.Е., Чекмарев С.Ю. Надежность и оценка ущербов от перерывов электроснабжения // С.Е. Герасимов, С.Ю. Чекмарев – Электроэнергетика – 2008 – №2 – С. 16 – 17.
5. Вакарев А.А. Методические подходы к определению экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций для региональной экономики // А.А. Вакарев – Вестн. Волгогр. гос. ун-та – Сер. 3: Экономическая экология – №1(18) – 2011 – С. 54 – 60.
6. Самойленко И.А. Методика оценки экономического ущерба от низкого качества электроэнергии // И.А. Самойленко – Экономика та право: Проблеми управління виробництвом – №1 – 2010 – С. 97 – 106.
7. Лесных В.В., Тимофеева Т.Б., Петров В.С. Проблемы оценки экономического ущерба, вызванного перерывами в электроснабжении // Лесных В.В., Тимофеева Т.Б., Петров В.С. – Экономика региона – 2017 – Т.13, Вып. 3. – С. 847 – 858.
8. Непомнящий В.А. Экономические потери от нарушений электроснабжения потребителей / В.А. Непомнящий – М.: Издательский дом МЭИ – 2010 – 188 с.
9. Самойленко И.А. Оценка экономического ущерба, обусловленного снижением качества электрической энергии / Научно-технический сборник // И.А. Самойленко – Харьков: Харьковская национальная академия городского хозяйства – 2008 – № 83 – С. 70–75.
10. Інвестиційний паспорт 2020. Дніпропетровська область / Дніпро: Дніпропетровське регіональне інвестиційне агентство (DIA) – 2019 – 65 с.
11. Немчинов В.С. Экономико-математические методы и модели / В.С. Немчинов – М.: Мысль – 1965 – 478 с.
12. Холод Н.И., Кузнецов А.В., Жихар Я.Н. и др. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие для студ. эконом. спец. вузов / Н.И. Холод, А.В. Кузнецов, Я.Н. Жихар и др.; Ред. А.В. Кузнецов – 2-е изд. – Минск: БГЭУ – 2000 – 412 с.
13. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики: монография / Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. – М.: Энергоатомиздат – 1996 – 544 с.
14. Інтелектуальні електроенергетическі системи: елементи і режими: Під общ. ред. акад. НАН України А.В. Кириленко / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України – 2014 – 408 с.
15. План розвитку електричних мереж оператора системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі» на 2020-2024 роки / ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі» – Київ: ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі» – 2019 – 208 с.
16. Михайлов В.В. Тарифы и режимы электропотребления – 2-е изд. перераб. и доп. / Михайлов В.В. – М.: Энергоатомиздат – 1986 – 112 с.
17. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах / С.А. Совалов, В.А. Семенов – М.: Энергоатомиздат – 1988 – 201 стр.

Рукопис подано до редакції 05.10.2020

УДК 37.091

В.А. ШИМКО, ст. викладач
Криворізький національний університет

ІНКЛЮЗИЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОСТОРИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ КРИВОРІЖЖЯ: АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНИЙ АСПЕКТ

Мета. Метою даної роботи є показати необхідність кардинального оновлення об'ємно-просторової та архітектурно-планувальної організації архітектурного середовища закладів вищої освіти з урахуванням інклюзивності освітнього простору, поставити завдання і методи дослідження.

Методи дослідження. Для досягнення сформульованої мети застосовано теоретичні методи: аналіз та узагальнення наукової літератури та робіт з тематики, законодавчої та нормативної бази у сфері інклюзивної освіти в Україні.

Наукова новизна. Проблема, що піднімається в роботі, обґрунтована невідповідністю і суперечностями між положеннями законодавчих актів і нормативів щодо забезпечення рівного доступу до якісної вищої освіти всім громадянам та архітектурно-планувальними рішеннями існуючих будівель закладів вищої освіти. Саме у розв'язанні цієї задачі, у визначенні першочергових шляхів та завдань по реальному впровадженні інклюзії у вишах й полягає наукова новизна даної роботи.

Практична значимість. Практична реалізація створення реального безбар'єрного освітнього простору для осіб з інвалідністю у закладах вищої освіти є однією із першочергових вимог у зв'язку з ратифікацією нашою країною Конвенції ООН про права людей з інвалідністю та Угоди про Асоціацію з ЄС. В той же час розміщення більшості закладів вищої освіти у будівлях та спорудах старої забудови зі старими плануваннями значно ускладнює практичне

вирішення проблеми; потребує ретельного вивчення та аналізу існуючих схем з метою оптимального вибору напрямків модернізації чи реконструкції з урахуванням передусім фізичної інклюзії.

Результати. Створення інклюзії освітнього простору в системі вищої освіти на регіональному рівні дадуть змогу удосконалити державну систему захисту прав молоді з інвалідністю, забезпечити в першу чергу фізичну доступність до здобуття вищої освіти, забезпечити розвиток ефективного та доброзичливого освітнього середовища, спрямованого на розвиток особистості, розумових і фізичних здібностей. Це потребує консолідованих зусиль з боку керівництва закладів вищої освіти, фахівців-проектувальників, громадських організацій, місцевих органів самоврядування, що врешті решт буде сприяти вирішенню порушеної проблеми в найближчій перспективі.

Ключові слова: інклюзія, інклюзивна освіта, освітній простір, архітектурно-планувальні рішення, фізична доступність.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-20-27

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогодні в сучасних умовах розвитку і функціонування освітньої діяльності у закладах вищої освіти (надалі – ЗВО) виникають серйозні проблеми, пов'язані з інклюзією їх освітнього простору, а саме забезпечення передусім фізичної доступності осіб з інвалідністю до основних об'єктів навчального процесу в ЗВО.

Ці проблеми пов'язані з тим, що більшість закладів вищої освіти в Україні в цілому та на Криворіжжі зокрема розміщуються в будівлях та спорудах, що побудовані за радянські часи або у дореволюційну (до 1917р.) добу, а в ті часи проблемами осіб з інвалідністю за різних причин не дуже переймалися. І відповідно архітектурно-планувальна структура цих будівель та споруд в більшості випадків не відображала специфічних потреб осіб з інвалідністю, при чому як в екстер'єрах, так і в інтер'єрах цих будівель.

Але на сьогоднішній день наука і освіта є фундаментом для будівництва сучасного інноваційного світу. Нові підходи, ідеї, різні відкриття та дослідження допомагають вирішити безліч проблем сучасного світу і повноцінне залучення до цього процесу осіб з інвалідністю наш прямий обов'язок, наш цивілізаційний вибір. Для поліпшення якості наукового процесу з урахуванням інклюзії освітнього простору потрібне, а інколи й суттєве, переосмислення архітектурно-планувальних рішень середовища ЗВО як такого. Вдала побудова системи внутрішнього об'ємно-просторового середовища та зовнішнього облаштування території з урахуванням фактору інклюзії неодмінно дадуть значимі результати.

Аналіз досліджень і публікацій. Вже протягом багатьох років проблема інклюзивної освіти турбує багатьох вчених, що займаються дослідженнями, присвяченими можливості інтеграції інвалідів в основні верстви суспільства, а також діячів громадських організацій Криворізького регіону. Було проведено безліч наукових і громадських конференцій, на яких представлялися досягнення у напрямку інклюзії.

Крім того, кардинально оновилася й нормативна база по питанням інклюзії. Перша спроба такого оновлення відбулася, коли наказом Мінбуду від 02.11.2006 р. № 362 з травня 2007 р. набув чинності ДБН В.2.2-17:2006 “Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення”, який в подальшому став базовим нормативним документом, що регламентував забезпечення безперешкодного доступу маломобільних груп населення до об'єктів соціальної інфраструктури [5].

Дотримання зазначених вимог стосувалось не лише людей з інвалідністю, але й інших представників маломобільних груп населення (МГН).

Цими нормами було визначено, що проектування, будівництво та експлуатація житлових та громадських будинків і споруд, а також з урахуванням досвіду експериментального проектування та реконструкції об'єктів з організацією доступності МГН повинні містити наступні переваги: доступність; безпеку; інформативність; зручність.

Крім того також визначалось, що при проектуванні об'єктів, доступних для МГН, повинні бути забезпечені:

доступність місць цільового відвідування і безперешкодність переміщення всередині будинків;

безпека шляхів руху (у тому числі евакуаційних), а також місць проживання, обслуговування і прикладення праці;

своєчасне отримання МГН повноцінної і якісної інформації, яка дозволяє орієнтуватися в просторі, використовувати обладнання (у тому числі для самообслуговування), отримувати послуги, брати участь у трудовому і навчальному процесах;

зручність і комфорт середовища життєдіяльності.

Наказом Мінбуду від 30.11.2018 р. № 327 з квітня 2019 р. набув чинності новий ДБН В.2.2-40:2018 “Інклюзивність будівель та споруд” на заміну ДБН В.2.2-17:2006 “Будинки і споруди. Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення” [6].

У нових нормах вже чітко регламентовано обов’язковість влаштування пандусів для користування людьми з інвалідністю та іншими маломобільними групами. Крім того, прописані обов’язкові вимоги, умови, параметри та технічні характеристики щодо їх встановлення, а також наведені конкретні наочні приклади. Сьогодні за статистикою майже 90% пандусів в Україні побудовані неправильно і не пристосовані для людей з інвалідністю. А це означає, що і всі ті будівлі, на вході або всередині яких вони розташовані, теж є недоступними для них. І це при тому, що на сьогодні не всі громадські будинки взагалі мають пандуси. Усі пандуси, що проектуються, поділяються на зовнішні, розташовані поза будівлями або на вході до них, та внутрішні- всередині будівель. Так, біля входу до будівель та на шляхах руху до них (наприклад, пішохідних переходах або ділянках пішохідного руху з нахилом понад 5%) мають проектуватися зовнішні пандуси. Для забезпечення доступності всередині будівель поряд зі сходами повинні влаштовуватися внутрішні пандуси. Безпечний нахил зовнішнього пандусу не може перевищувати 8%, внутрішнього – 10-12% (рис. 1). При цьому, максимальна висота кожного підйому не повинна складати більше 0,8 м. Після кожного підйому необхідно влаштовувати горизонтальні площадки глибиною не менше 1,5 м. А за висоти підйому 3,0 м і більше пандуси слід замінювати підйомними пристроями. Пандуси повинні обов’язково мати неслизьку шорстку та рівну поверхню, чітко марковану кольором або фактурою, контрастну відносно суміжних горизонтальних поверхонь. Ширина пандуса при однібічному русі має складати 1,2 м, при двобічному - 1,8 м. Також у разі необхідності зовнішні пандуси можна проектувати з підігрівом поверхні або навісом чи укриттям [6].

Крім пандусів обов’язково мають проектуватися ліфти, піднімальні платформи, вертикальні підйомники (рис. 2, 3) та інші спеціальні пристрої. У нормах прописано, що при новому будівництві будівель вертикальне переміщення слід проектувати за допомогою ліфтів, а при реконструкції - пандусів та підйомників. Тобто ці норми вже максимально адаптовані до європейських норм та містять наглядні приклади того, як це має виконуватися на практиці.

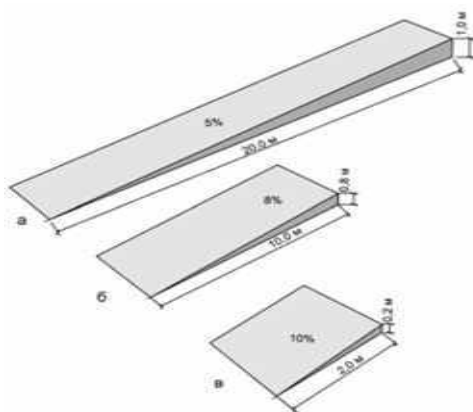


Рис.1. Уклон зовнішніх пандусів: *a* - безпечний уклон, що не потребує додаткових облаштувань; *b* - безпечний уклон в разі перепаду висот більше ніж 0.45м, потребує встановлення бортиків уздовж краю або поручнів; *c* - допускається при перепаді висот поверхонь на шляхах руху до 0,2 м і менше

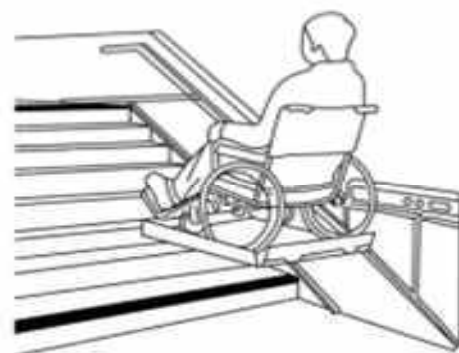


Рис.2. Приклад обладнання сходів підйомником

Також автором статті був проведений аналіз досліджень зарубіжних та вітчизняних вчених, в яких докладно і всебічно описано перспективні напрями впровадження інклюзивної освіти в школах та університетах.

Окремі аспекти проблеми інклюзії також висвітлено в працях українських науковців: Т. Бондара [7], Г. Давиденко [8], А. Колупаєва [9], В. Тимкової [10], К. Кольченко [11] та інших, з урахуванням саме потреб маломобільних груп в роботах Шолуха Н.В. [12]. Однак більшість досліджень спрямовано виключно на педагогічні, соціальні умови реалізації, майже не зачіпаючи архітектурно-планувальні аспекти проблеми. В цьому і полягає невирішена частина проблеми і, відповідно, основна мета даного дослідження.

Постановка завдання. Показати необхідність суттєвого оновлення об'ємно-просторової організації та архітектурно-планувальних рішень середовища вищих навчальних закладів з урахуванням засад інклюзії, поставити завдання і методи дослідження.

Викладення матеріалу та результати. У грудні 2006 року Генеральна Асамблея ООН прийняла Конвенцію про права інвалідів [1]. Дана Конвенція була розроблена за активної участі інвалідів. Конвенція набула чинності 3 травня 2008 р. та на даний час Конвенцію підписали 137 країн, 45 з них її ратифікували. В Україні її ратифікація здійснилася в 2009 році [2]. У Конвенції визнається, що людина є інвалідом не тільки в силу наявних у нього обмежень, але й через тих бар'єрів, які існують в суспільстві. Ратифікація Конвенції знаменує намір держави створювати матеріальне середовище для повноцінного життя інваліда, як повноправного члена суспільства, розвивати систему інклюзивної освіти [3,4].

Суттю інклюзивної освіти у ЗВО є повне залучення студента з інвалідністю в загальний процес здобуття вищої освіти. Тому перед керівництвом конкретного ЗВО ставиться одна з основних проблем - створення сприятливих та оптимальних умов, які гарантують доступність і якість здобуття вищої освіти для осіб з обмеженими фізичними можливостями. Зарубіжна практика інклюзії у вищій освіті має багатий досвід і законодавче закріплення, в той час як в нашій країні вона тільки починає складатися і розвиватися.

Забезпечення доступності до споруд може відбуватися тільки шляхом проведення конкретних заходів, що дозволяють пристосувати навколишнє середовище до потреб людей з інвалідністю з урахуванням індивідуальних особливостей фізичного обмеження і специфіки нозології. Забезпечення таких потреб досягається через дотримання та виконання будівельних норм. Лише через будівельні норми можуть бути забезпечені вимоги щодо доступності людей з інвалідністю на сучасному рівні.

Впровадження першого нормативного документу[5] суттєво вплинуло на модернізацію архітектурно-планувальних рішень вже існуючих ЗВО під час реконструкції та при проектуванні нових. Почались з'являтися на прилеглий території фарбована розмітка, влаштування тактильних плит на доріжках та інформаційні покажчики, на ганках — пандуси, тобто процес рушив з місця. Але це в більшості випадків стосувалося зовнішнього облаштування, а внутрішнє планування залишалося яким й було.

Таким чином, об'ємно-просторова та планувальна організація архітектурного середовища ЗВО в умовах реконструкції, а частіше модернізації повинна обов'язково пройти етап свого оновлення з урахуванням вимог вищезазначеного нового нормативного документу - ДБН В.2.2-40:2018 "Інклюзивність будівель та споруд"[6]. Причому це оновлення повинно обов'язково враховувати стан архітектурно-планувального простору, який вже існує, його особливості, специфічні характеристики оточуючого середовища та внутрішні планувальні якості будівель, в яких проходить навчальний процес. Саме такий ретельний аналіз дозволить обрати найбільш обґрунтовані, а значить найбільш економічно виправдані шляхи архітектурно-планувальних та конструктивних рішень з урахуванням сучасних вимог по інклюзії освітнього простору.

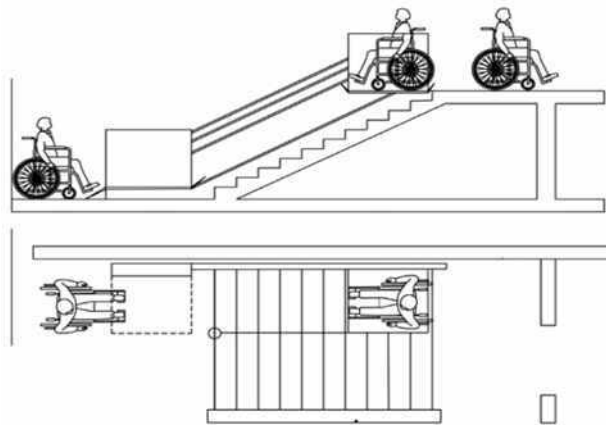


Рис.3. Приклад індивідуального підйомника (похилий)

Основною метою інклюзивної освіти є створення саме безбар'єрного середовища у ЗВО. Досягнення цієї мети являє собою розробку спеціальних методичних навчальних посібників і курсів для студентів, а також комплекс архітектурно-планувального та технічного оснащення будівель і території закладів вищої освіти, які будуть спрямовані на реабілітацію студентів-інвалідів на фізичному й на соціальному рівнях. Для вирішення цієї задачі архітекторам необхідно провести ряд заходів з адаптації існуючих будівель закладів освіти. Першочерговими архітектурно-планувальними та конструктивно-технічними заходами можна вважати наступні:

- встановлення пандусів та поручнів у навчальному корпусі ЗВО і в гуртожитках;
- нанесення на підлогу і стіни спеціальної розмітки;
- приспосабування санітарно-гігієнічних приміщень для людей з будь-якими обмеженнями здоров'я (рис.4);

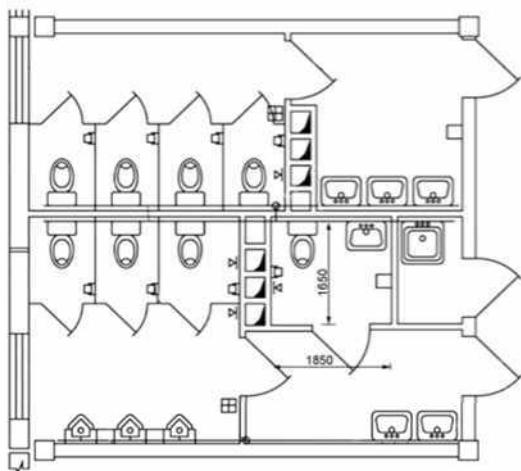


Рис.4. Приклад планування універсальної kabіни у загальному туалеті

- обладнання навчальних приміщень спеціалізованими комп'ютерами, мультимедійними проекторами, підсилювальними пристроями, що поліпшують якість і гучність звуків і т. п.;

- придбання спеціальних підйомників для інвалідів – колясочників;

- установка електронних інтерактивних інформаційних панелей для глухих та слабочуючих людей;

- благоустрій території ЗВО із застосуванням засобів і заходів, що забезпечують безбар'єрне середовище для осіб з інвалідністю будь-яких категорій.

Останнім часом на Криворіжжі надзвичайно різко зросла кількість інвалідів і фізично ослаблених людей в тому числі й серед молодого населення. Якщо в якості прикладу розглядати один з найбільш значущих ЗВО регіону, Криворізький національний університет, то тільки за останні роки кількість абітурієнтів з обмеженими фізичними можливостями, які бажають вступити в університет значно зросла (рис.5). Це обумовлено, в першу чергу, соціально-демографічними змінами, що відбулися в складі населення цього промислового регіону, а також погіршенням екологічного стану навколишнього середовища та зниженням рівня життя. Все це зумовлює актуальність впровадження у ЗВО Криворізького регіону інклюзивного освітнього простору.

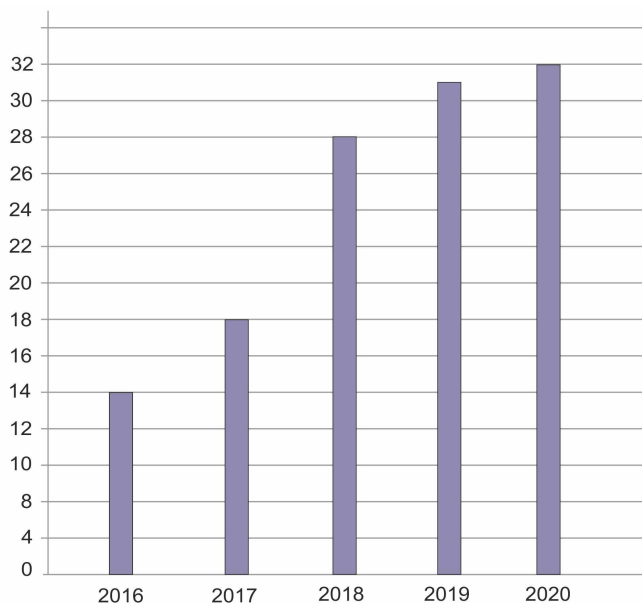


Рис.5. Графік зміни кількості абітурієнтів з обмеженими фізичними можливостями, які бажали вступити у КНУ за минулі 5 років

На Криворіжжі становлення системи інклюзивної освіти стикається з низкою проблем. А саме у майже всіх вишах необхідно створення спеціальних умов, комплексне архітектурне та технічне оснащення будівель і території вищих навчальних закладів, які будуть спрямовані на реабілітацію студентів-інвалідів не тільки на фізичному, але й на соціальному рівні. Для вирішення цієї задачі архітекторам необхідно провести ряд заходів з адаптації існуючих будівель закладів освіти. Конкретними архітектурно-

планувальними та конструктивно-технічними заходами можна вважати наступні:

- встановлення пандусів та поручнів у навчальному корпусі ЗВО і в гуртожитках;
- нанесення на підлогу і стіни спеціальної розмітки;
- приспосовування санітарно-гігієнічних приміщень для людей з будь-якими обмеженнями здоров'я;
- обладнання навчальних приміщень спеціалізованими комп'ютерами, мультимедійними проекторами, підсилювальними пристроями, що поліпшують якість і гучність звуків і т. п.;
- придбання спеціальних підйомників для інвалідів-колясочників;
- установка електронних інтерактивних інформаційних панелей для глухих та слабочуючих осіб;
- благоустрій території вищого навчального закладу із застосуванням засобів і заходів, що забезпечують безбар'єрне середовище для осіб з інвалідністю будь-яких категорій.

Всі перераховані вище архітектурно-планувальні і конструктивно-технічні заходи, безумовно, являють собою неповний спектр робіт, необхідних для створення доступного середовища для студентів-інвалідів, так як важко більш широко розглянути даний аспект в рамках наукової статті, але водночас вони є більш суттєвими та важливими.

Зокрема, достатньо актуальним є питання влаштування зовнішнього пандусу на входах у головні корпуси ЗВО. Більшість з них побудовані за радянську добу та мають цокольні поверхи і тому відмітка підлоги ганків значно вища за рівень тротуарів. Так, для головного корпусу КНУ (Криворізький національний університет) ця різниця становить 1.8м (рис.6), що значно ускладнює влаштування пандусу у відповідності з діючими нормами. Те саме стосується головного корпусу КНЕУ ім. Вадима Гетьмана (рис.7), Автотранспортного технікуму КНУ (рис.8), учбового корпусу будівельного факультету КНУ (рис.9) тощо.



Рис.6. Ганок головного корпусу КНУ



Рис.7. Ганок головного корпусу КНЕУ ім.В. Гетьмана



Рис.8. Ганок головного корпусу Автотранспортного технікуму КНУ



Рис.9. Ганок учбового корпусу будівельного факультету

В той же час влаштування пандусу на ганку головного корпусу КДПУ (Криворізький державний педагогічний університет) (рис.10) та учбового корпусу №2 КНУ (рис.11) не повинно викликати якихось ускладнень.

Те саме стосується внутрішнього планування в навчальних корпусах, яке на сьогодні майже зовсім не відповідає сучасним вимогам інклюзії, а отже потрібно виконувати відповідні проекти реконструкції або модернізації внутрішнього середовища і на все це потрібні достатньо великі кошти.



Рис.10. Ганок головного корпусу КДПУ



Рис. 11. Ганок учбового корпусу №2 КНУ

Те саме стосується внутрішнього планування в навчальних корпусах, яке на сьогодні майже зовсім не відповідає сучасним вимогам інклюзії, а отже потрібно виконувати відповідні проекти реконструкції або модернізації внутрішнього середовища і на все це потрібні достатньо великі кошти.

На сьогодні проектно-конструкторським бюро КНУ з залученням провідних фахівців та студентів розроблено проектну документацію з влаштування трьохмаршевого пандусу на ганку головного корпусу КНУ по вул. Матусевича та ескізи розробки пандусу на ганку учбового корпусу будівельного факультету КНУ і ведеться робота по пошуку фінансування будівельних робіт. А по переді ще більш відповідальні та складні роботи по архітектурно-планувальній модернізації учбових корпусів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Інклюзивна освіта повинна давати кожному можливість отримати освіту незалежно від ступеня та категорії інвалідності. Впровадження інклюзії в освітній простір ЗВО є особливо значущим, оскільки у молодих людей саме в цей період життя формується самооцінка, світогляд, духовний зміст людини, виникають дружні відносини, підвищується впевненість у власних можливостях, виникає готовність до повноцінної інтеграції в суспільство.

Дивлячись на статистику останніх років, можна зробити висновок, що число студентів з обмеженими фізичними можливостями, що надходять до ЗВО нашого регіону стає все більше. У зв'язку з цим потрібно створювати умови для таких студентів не тільки на педагогічному та соціальному рівні, а й на архітектурно-просторовому.

На сьогодні заклад вищої освіти в більшості випадків не готовий приймати студента з інвалідністю, тому що його навчання потребує створення додаткових умов доступності. Причини: консервативність системи освіти, неготовність до змін; недостатнє фінансування галузі; невміння персоналу працювати з новітніми технологіями; ігнорування вимог інклюзії та доступності тощо. Можливе розв'язання: короткотермінові заходи: створення у ЗВО відділів спеціального супроводу, залучення у штат досвідчених фахівців-проектувальників; розробка проектів модернізації; облаштування навчальних та санітарних приміщень відповідно до вимог інклюзії; довготермінові заходи: коригування чинного законодавства; пошук джерел додаткового фінансування на переоблаштування зовнішнього та внутрішнього архітектурно-планувального та навчально-інформаційного середовища закладу.

Підводячи підсумок сказаному, автор висловлює надію, що питання впровадження інклюзії в освітній простір закладів вищої освіти Криворіжжя, отримають необхідну увагу і подальший розвиток.

Список літератури

1. Конвенція о правах инвалидов: Офиц. текст: [принята резолюцией 61/106 Генеральной Ассамблеи от 13.12.2006.]

2. Про ратифікацію Конвенції про права осіб з інвалідністю і Факультативного протоколу до неї / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, N 9, ст. 77.

3. Закон України „Про освіту” від 01.07.2014 № 1556-VII [Е-ресурс]. – URL: <http://vzn.org.ua/zakonodavstvo/110-zakon-ukrayiny-pro-osvitu>.

4. Концепція розвитку інклюзивної освіти. – URL: <http://www.mon.gov.ua/gr/obg/>.

5. Державні будівельні норми України, ДБН В.2.2-17:2006. Будинки і споруди: Доступність будинків і споруд для маломобільних груп населення, Київ Мінбуд України, 2007. – 21 с.

6. Державні будівельні норми України, ДБН В.2.2-40:2018. Будинки і споруди: Інклюзивність будівель та споруд, Київ Мінбуд України, 2019. – 24 с.

7. Бондар Т.І. Створення інклюзивного освітнього середовища в системі вищої освіти України / Т. І. Бондар // Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. – 2014. – Т. II, № 27. – С. 20-24.

8. Давиденко Г.В. Інклюзія у вищих навчальних закладах Європейського Союзу : [моно-графія] / Г.В. Давиденко. – Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. – 314 с.

9. Колупаєва А.А. Інклюзивна освіта: реалії та перспективи: монографія / А. А. Колупаєва. – Київ: „Самміт-Книга”, 2009. – 272 с.

10. Тимкова В.А. Інклюзивне освітнє середовище у вищій школі України / В. А. Тимкова // Збірник наукових праць Хмельницького інституту соціальних технологій Університету "Україна". - 2018. - № 1. - С. 99-101

11. Кольченко К.О. Концептуальні підходи до впровадження інклюзивної освіти у вищих навчальних закладах/К.О. Кольченко, Г.Ф. Нікуліна // Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами. – К.:Університет «Україна», 2013. – № 10 (12). – С. 12-22.

12. Шолух Н.В. Проектирование для нужд маломобильных групп населения в фокусе внимания академической науки: опыт Донбасской национальной академии строительства и архитектуры [Текст]/ Н. В. Шолух, А. В. Анисимов, А. Е. Надьярная, А. В. Бородина/Современное промышленное и гражданское строительство. – 2016. –Том 12, Номер 1. –С. 13–22

Рукопис подано до редакції 12.10.2020

УДК 691.3

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

АНАЛІЗ НЕЛІНІЙНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК МЕТОДОМ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Мета. Виявлення математичної моделі нелінійної поведінки бетону, що в найбільшій мірі відтворює поведінку лабораторних зразків залізобетонних балок при руйнуванні.

Методи досліджень. Дослідження є порівнянням результатів експериментальної частини, що проводилась в лабораторії Криворізького національного університету та результатів математичного моделювання руйнування залізобетону. Математичне моделювання деформацій та руйнування залізобетонних балок виконувалось в програмній системі ANSYS Student. Для виявлення найбільш близької до реальних результатів моделі руйнування бетону, параметри поведінки залізобетонних балок розраховувалися із застосуванням трьох математичних моделей.

Наукова новизна. В результаті досліджень отримав подальший розвиток метод математичного моделювання нелінійного руйнування залізобетону. Виявлені закономірності розподілення еластичних та пластичних деформацій в залізобетонних балках. Отримано дослідницький матеріал для корегування особливих параметрів моделей Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема.

Практичне значення. Той факт, що математичні моделі Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема досить точно відтворюють поведінку реального залізобетону дозволяє застосовувати дані моделі для розрахунків та досліджень складних залізобетонних конструкцій.

Результати. Виявлено та проаналізовано залежності розподілення напружень та деформацій від навантажень для нелінійних моделей руйнування бетону Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема. Проведено порівняння отриманих результатів з результатами лабораторних випробувань. Показано, що обидві нелінійні моделі досить точно описують процес деформацій та руйнування залізобетонних балок, при цьому модель Менетрея — Вілема моделює більш жорстку та крихку поведінку залізобетону. Деформації моделі Менетрея — Вілема нижчі ніж в моделі Друккера — Прагера. Для досягнення повної збіжності в поведінці реального залізобетону та його математичних моделей необхідні попередні випробування відповідних зразків бетону які дозволяють отримати нелінійні характеристики максимально наближені до реальних. Лінійна модель бетону може бути використана тільки в межах пружної поведінки бетону.

Ключові слова: залізобетон, метод скінчених елементів, деформації, міцність, руйнування бетону, модель Менетрея — Вілема, модель Друккера — Прагера.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-27-34

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. За останні кілька років значно зросло застосування 3D аналізу конструкцій методом скінчених елементів (МСЕ).

© Сахно С.І., Люльченко Є.В., Янова Л.А., Пищикова О.В., 2020

Такий аналіз дає можливість більш точно вивчити конструкцію, ніж при використанні традиційних інструментів проектування. Незважаючи на велику кількість досліджень і публікацій щодо застосування МСЕ при проектуванні залізобетонних конструкцій, реально МСЕ частіше використовується як інструмент перевірки, але не для проектування. Для використання МСЕ в повсякденній практиці проектування, необхідно вирішити ряд критичних питань. Ці питання пов'язані або з самим МСЕ — моделюванням (геометрія, граничні умови, щільність сітки і т. і.), або з подальшою обробкою отриманих результатів (концентрації напружень, вибір критичних ділянок, ширини розподілу і т. ін.). Для нелінійних моделей бетону також важливі параметри, пов'язані з пластичністю і ділатансією. Як правило, дані параметри визначаються експериментальним шляхом і похибки в їх значеннях можуть привести до значних помилок в розрахунках. Тому зіставлення даних, отриманих при лабораторних випробуваннях і даних розрахованих методом скінчених елементів залишається актуальним і сьогодні.

Аналіз досліджень і публікацій. Вперше метод скінчених елементів для аналізу армованих балок був застосований в 1967 р Д. Нго і А. Скорделісом [1]. Згодом було розроблено велику кількість підходів моделювання поведінки бетону як самостійного матеріалу, так і в складі залізобетонних конструкцій [2 – 13]. У процесі численних досліджень було виявлено багато аспектів незвичайної поведінки бетону, таких як прояв нелінійності як при розтягу, так і при стиску, залежність поверхні руйнування від всіх інваріантів напружень та ін. В результаті було розроблено критерії руйнування бетону [13] і моделі бетону на базі пластичності. Ряд моделей знайшли своє застосування в таких програмних комплексах, як ABAQUS і ANSYS.

Постановка задачі. Метою даної статті є перевірка збіжності результатів реальних випробувань залізобетонних балок і їх математичних моделей в програмній системі ANSYS.

Викладення матеріалу та результати. Для перевірки різних моделей руйнування бетону була проведена серія випробувань залізобетонних балок. Балки випробовувались після досягнення проектної міцності, відповідно до методик ДСТУ Б В.2.7-214: 2009. Нелінійний аналіз методом скінчених елементів проводився в ANSYS Student. При цьому, для виявлення найбільш близької до реальних результатів моделі руйнування бетону, параметри поведінки залізобетонних балок розраховувались із застосуванням трьох математичних моделей:

- модель лінійної поведінки бетону з лінійними параметрами модуля Юнга (ЛМ);
- модель Друккера — Прагера (ДП);
- модель Менетрея — Вілема (МВ).

Моделі Друккера — Прагера і Менетрея — Вілема описують непружне деформування бетону і засновані на теорії пластичної течії. Для моделювання руйнування бетону застосовується феноменологічний підхід який складається в описі утворення тріщин за допомогою пластичних деформацій. Він дозволяє уникнути проблем безпосереднього моделювання розвитку тріщин в структурно неоднорідному середовищі і одночасно описувати процес деформування виконаних з крихких матеріалів конструкцій. Моделі бетону ДП і МВ відрізняються одна від іншої перш за все математичним описом поверхонь плинності. У моделі ДП поверхню плинності побудовано шляхом комбінації двох поверхонь Друккера — Прагера, а в моделі МВ використано поверхню Вілема — Варнке.

Обидві моделі базуються на основі функції поверхні плинності, яка будується в просторі головних напружень і описується відповідним рівнянням. Аргументами функції є змінні, що характеризують напружені стани. Для побудови початкової поверхні плинності в обох моделях використовується три параметра: межа міцності матеріалу при одноосьовому розтягу, межа міцності при одноосьовому стиску і межа міцності при двохосьовому стиску. При виникненні пластичних деформацій, поверхні плинності починають змінюватися. Відбувається або зміцнення, або знеміцнення матеріалу. Цей процес описується за допомогою відповідних функцій. Функція поверхні плинності Друккера-Прагера (рис. 1)

$$f_{DP}(s_c, s_m) = 0, f_{DPt} = \frac{s_c}{\sqrt{3}} - b_t s_m - s_{yt}, f_{DPc} = \frac{s_c}{\sqrt{3}} - b_c s_m - s_{yc}, b_t = \frac{\sqrt{3}(R_c W_c - R_t W_t)}{R_c W_c + R_t W_t},$$

$$b_c = \frac{\sqrt{3}(R_b - R_c)}{2R_b - R_c}, 0 \leq W \leq 1, s_{yt} = \frac{2R_c W_c R_t W_t}{\sqrt{3}(R_c W_c + R_t W_t)}, s_{yc} = \frac{2R_b R_c}{\sqrt{3}(2R_b - R_c)},$$

де σ_e – еквівалентні напруження; σ_m – середні напруження; $\beta_t, \beta_c, \sigma_{yt}, \sigma_{yc}$ – константи, які визначаються межею міцності при одноосьовому розтягу R_t , межею міцності при одноосьовому стиску R_c і межею міцності при двохосьовому стиску R_b ; Ω_c, Ω_t – функції зміцнення/зменшення при стиску і розтягу.

Функція поверхні плинності Менетрея – Вілема (рис. 2)

$$f_{MW}(I_1, J_2, J_3) = 0, \quad f_{MW} = \frac{c_2}{c_3} \sqrt{2x + rr} + r^2 - \frac{1}{c_3}, \quad c_2 = f(\bar{R}_t, \bar{R}_c, \bar{R}_b), \quad c_3 = f(\bar{R}_c), \quad \bar{R}_t = R_t W_{tc},$$

$$\bar{R}_c = R_c W_c, \quad \bar{R}_b = R_b W_c, \quad W_{tc} = \begin{cases} W_t, & \text{якщо } k_c \leq k_{cm} \\ W_t W_c, & \text{якщо } k_c > k_{cm} \end{cases}, \quad x = f(I_1), \quad r = f(J_2), \quad r = f(J_2, J_3),$$

де I_1, J_1, J_2 – інваріанти тензора напружень; k_c – параметр зміцнення; k_{cm} – константа матеріалу.

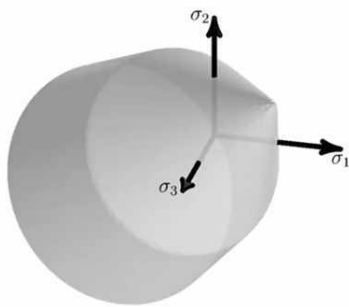


Рис. 1. Поверхня плинності Друккера - Прагера

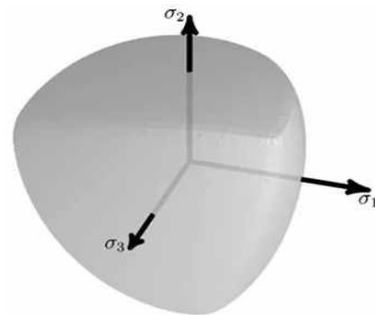


Рис. 2. Поверхня плинності Менетрей - Вілема

Функція пластичного потенціалу, що описує розвиток пластичних деформацій може відрізнятися від форми поверхні плинності. У цьому випадку використовується неасоційований закон пластичної течії. Це, наприклад, необхідно в тих випадках, коли необхідно врахувати ділатансію — зміну обсягу матеріалу при зсувній деформації. У моделі ДП можна використовувати або асоційований, або неасоційований закон пластичної течії. А в моделі МВ використовується тільки неасоційований закон. Якщо використовується неасоційований закон течії, матриця жорсткості стає несиметричною.

Дослідження балок. Лабораторні випробування залізобетонних балок (рис. 3, 4) проводилися з урахуванням вимог ДСТУ Б В.2.7-214: 2009.



Рис. 3. Залізобетонна балка готова до випробувань



Рис. 4. Залізобетонна балка після руйнування

Результати випробувань наведено в табл. 1.

Математична модель для випробування залізобетонних балок (рис. 5) включає в себе бетонний паралелепіпед розміром $1000 \times 220 \times 100$ мм і два елементи армування довжиною 1000 мм і діаметром 12 мм кожен. Механічні характеристики матеріалів, що були використані в розрахунках залізобетонних балок наведено в табл. 2 [14].

Таблиця 1
Прогини залізобетонної балки при різних величинах навантажень

Навантаження [Н]	Прогини [м]
12262,50	0,00006
15328,13	0,00012
18393,75	0,00020
21459,38	0,00031
24525,00	0,00042
27590,63	0,00055
30656,25	0,00070
33721,88	0,00084
36787,50	0,00101
39853,13	0,00110
42918,75	0,00130

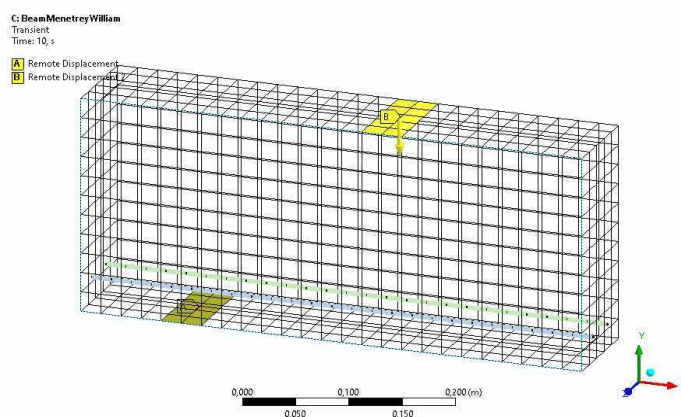


Рис. 5. Розрахункова модель балки

Механічні характеристики використаних в розрахунках матеріалів [14]

Таблиця 2

Параметр	Значення
Загальні параметри лінійної та нелінійної моделі бетону	
Модуль Юнга	3E+10, Pa
Коефіцієнт Пуасона	0,18000
Модуль об'ємного стиску	1,5625E+10, Pa
Модуль зсуву	1,2712E+10, Pa
Гранична міцність на стиск	2,5E+07, Pa
Гранична міцність на розтяг	2,1E+06, Pa
Загальні параметри для нелінійних моделей бетону	
Одноосьова гранична міцність на стиск	2,5E+07, Pa
Одноосьова гранична міцність на розтяг	2,1E+06, Pa
Двохосьова міцність на стиск	3,0E+07, Pa
Пластична відносна деформація при одноосьовому стиску	0,0015000
Максимальна ефективна пластична відносна деформація при стиску	0,0035000
Відносне напруження на початку нелінійного зміцнення	0,90000
Залишкове відносне стискуєче напруження	0,20000
Гранична відносна пластична деформація при розтягу	0,00015000
Граничне відносне напруження при розтягу	0,100000
Особливі параметри моделі Друккера-Прагера	
Розтягнута і стисло-розтягнута ділатансія	0,25000
Ділатансія стиску	1,0000
Особливі параметри моделі Менетрея-Вілема	
Кут ділатансії	10 Градусів
Енергія утворення тріщин	100,00, Дж/м ²
Арматурна сталь	
Модуль Юнга	2E+11, Pa
Коефіцієнт Пуасона	0,30000
Модуль об'ємного стиску	1,6667E+11, Pa
Модуль зсуву	7,6923E+10, Pa
Гранична міцність на стиск	0, MPa
Межа плинності на стиск	2,5E+08, Pa
Гранична міцність на розтяг	4,6 E+08, Pa
Межа плинності на розтяг	2,5, E+08, Pa

При побудові розрахункової СЕ моделі для чисельного аналізу враховано симетрію розрахункової області. При створенні моделі використано скінченні елементи: для бетону (B35) – SOLID186, для арматури (сталь А-300) – REINF264.

SOLID186 – тривимірний твердий елемент, що складається з 20 вузлів, який демонструє поведінку квадратичного зміщення. Елемент визначається 20 вузлами, що мають три ступені свободи зрушення на вузол в вузлових напрямках x, y і z. Елемент підтримує пластичність, гіпереластичність, повзучість, зміцнення напруженням, великі відхилення і великі деформації.

REINF264 застосовується в аналізах структурного посилення 3D – балок, оболонок і твердих елементів. Елемент підходить для моделювання волокон армування з довільною орієнтацією. Кожне волокно моделюється окремо як елемент, який має тільки одноосову жорсткість. Елемент REINF264 має властивості пластичності, зміцнення напруженням, повзучості, і великих деформацій.

Для створення сітки арматури використовувався елемент MESH200.

Для покращання збіжності розрахунку та раціонального використання розрахункових ресурсів завантажування математичних моделей балок виконувалась шляхом переміщення зони прикладання навантаження в напрямку (-Y). Максимальна величина переміщення склала 1 мм. При цьому максимальні вертикальні деформації (прогини) в центрі прольоту балок склали 1,25 мм, 1,38 мм, 1,43 мм відповідно в ЛМ, моделі ДП і моделі МВ. Необхідні для таких переміщень зусилля визначалися шляхом введення в розрахунок параметра Force Reaction (сила реакції) який знімався безпосередньо в зоні прикладання деформацій до балки.

Розподіл еквівалентних напружень в напівбалках з різними моделями поведінки показано на рис. 6 – 8. Добре видно, що лінійна модель має напруження, які значно перевищують межу міцності бетону як на стиск, так і на розтяг. У реальних умовах при одноосових і двохосових завантаженнях такі значення не можливі.

На рис. 7 і 8 видно відмінність як в максимальному досягнутих напруженнях, так і в безпосередньому розподілі полів напружень в моделях ДП і МВ.

Модель МВ точніше показує вужчу зону еквівалентних напружень по лінії «навантаження - опора» яка краще відповідає характеру руйнування балки. При лабораторних випробуваннях руйнування залізобетонної балки відбулося в зоні максимальних поперечних напружень (рис. 4).

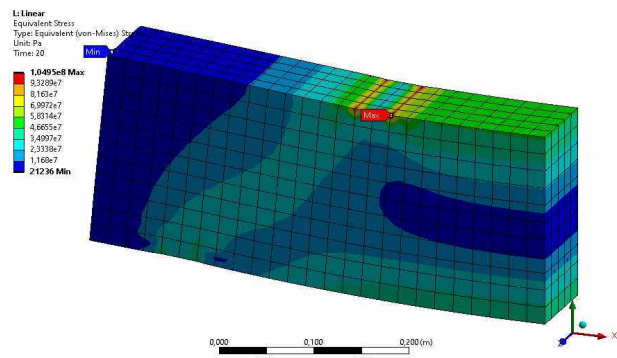


Рис. 6. Розподіл еквівалентних напружень в залізобетонній балці з лінійною моделлю бетону

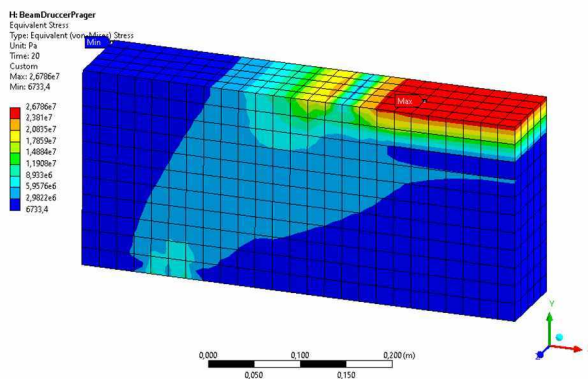


Рис. 7. Розподіл еквівалентних напружень в залізобетонній балці модель Друккера — Прагера

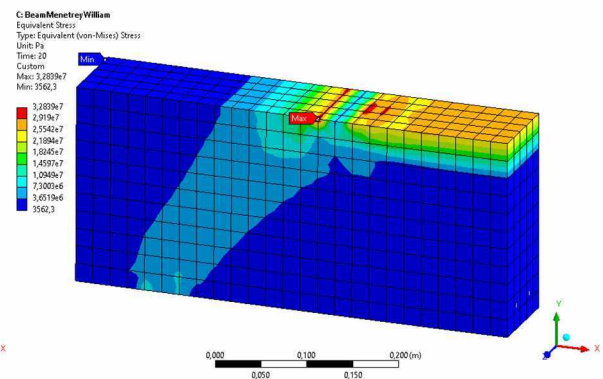


Рис. 8. Розподіл еквівалентних напружень в залізобетонній балці модель Менетрея — Вілема

Дотичні напруження в даній зоні з деякими відмінностями добре відображають обидві нелінійні моделі бетону (рис. 9, 10).

Розподіл поздовжніх напружень в моделях ДП (рис. 11) і МВ (рис. 12) відрізняється не суттєво за винятком кількох локальних зон в зоні прикладання навантаження. Як і очікувалося, лінійна модель (рис. 13), дає неприйнятні значення як за максимальними значеннями поздовжніх напружень, так і за їхніми розподіленням

Розподіл поздовжніх напружень в арматурі показано на рисунках 14 – 16.

Максимальні поздовжні напруження в арматурі моделі ДП становлять 80,6 МПа, моделі МВ – 82,6 МПа. Ці відмінності підтверджують більш жорстку поведінку бетону в моделі МВ. У лінійної моделі бетону поздовжні напруження в арматурі досягають 229 МПа, що пов'язано з відсутністю в даній моделі пластичних деформацій.

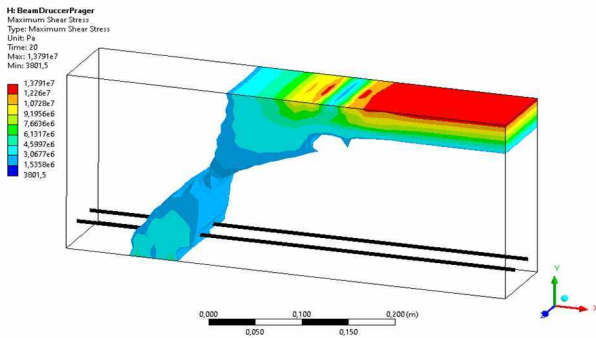


Рис. 9. Ізоповхні максимальних дотичних напружень в залізобетонній балці. модель Друккера — Прагера

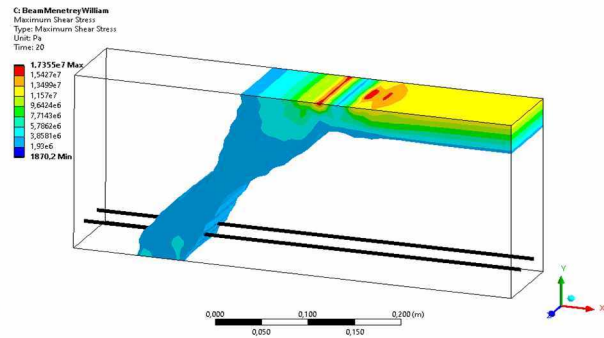


Рис. 10. Ізоповхні максимальних дотичних напружень в залізобетонній балці модель Менетрея — Вілема

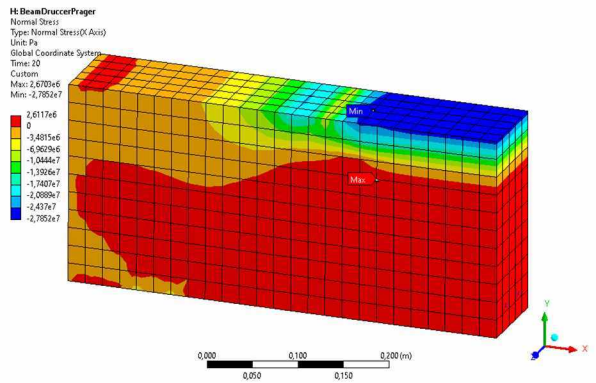


Рис. 11. Нормальні напруження в залізобетонній балці, модель Друккера — Прагера

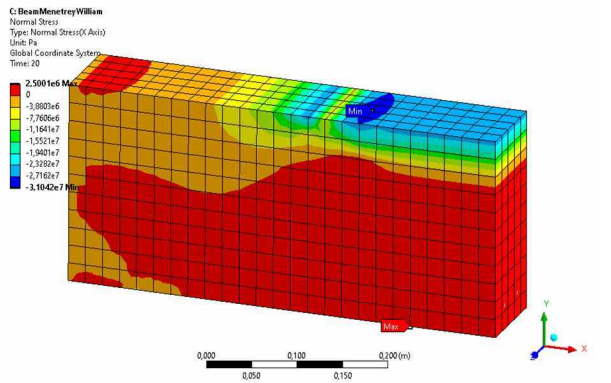


Рис. 12. Нормальні напруження в залізобетонній балці, модель Менетрея — Вілема

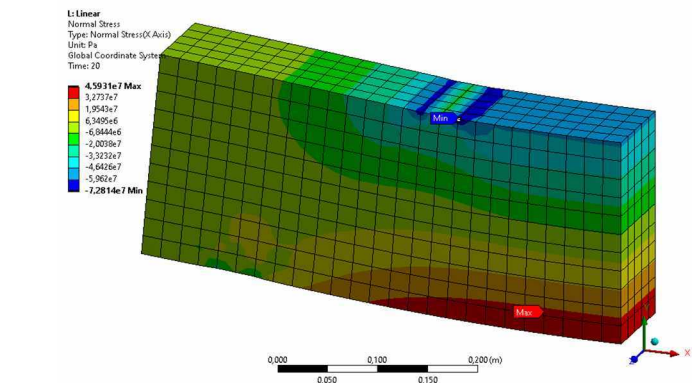


Рис. 13. Нормальні напруження в залізобетонній балці, лінійна модель

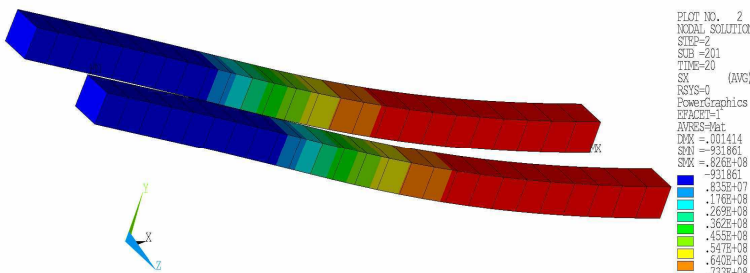


Рис. 14. Повздовжні напруження в арматурі в моделі Друккера-Прагера

При порівнянні прогинів математичних моделей балок і балок, випробуваних в лабораторії (рис. 17) помітний більш лінійний характер деформацій останніх. Однак в цілому, значення досить близькі. Для отримання більшої збіжності результатів математичної і реальної моделі бетону, в ДП і МВ моделях необхідно провести корекцію параметрів пластичної деформації і ділатансії. На графіку також видно що модель ДП дає більші прогини.

На рис. 18 показані графіки максимальних еквівалентних напружень в нелінійних моделях бетону. З графіків видно, що до моменту утворення тріщин обидві моделі ведуть себе практично однаково. Проте все змінюється з початком утворення тріщин. У моделі ДП утворення тріщин починається при менших напруженнях. На графіку

ДП чітко видно утворення п'яти тріщин. Модель МВ показує утворення лише двох тріщин, проте втрати напружень від даних тріщин набагато більші, ніж в моделі ДП. Даний факт ще раз підкреслює більш жорсткий характер поведінки бетону в моделі МВ.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Порівняння результатів експериментальної частини, що проводилась в лабораторних умовах та результатів математичного моделювання показало ефективність як моделі Друккера – Прагера так і моделі Менетрея – Вілема. Модель Менетрея – Вілема моделює більш жорстку та крихку поведінку бетону при менших деформаціях. Для досягнення повної збіжності в поведінці реального залізобетону та його математичних моделей необхідні попередні випробування відповідних зразків бетону. Це дозволить отримати нелінійні характеристики максимально наближені до реальних. Лінійна модель бетону може бути використана тільки в межах пружної поведінки бетону. Подальші роботи повинні бути направлені на накопичення експериментальних та розрахункових даних які б дозволили стандартизувати специфічні характеристики бетонів для розрахунків їх поведінки за межею лінійності.

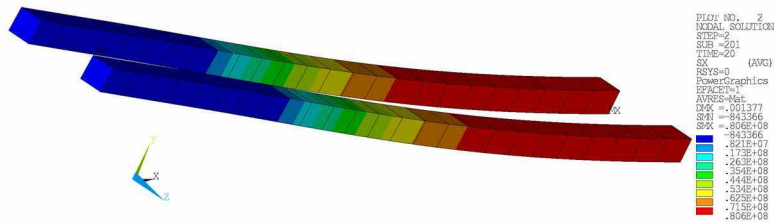


Рис. 15. Повздовжні напруження в арматурі в моделі Менетрея-Вілема

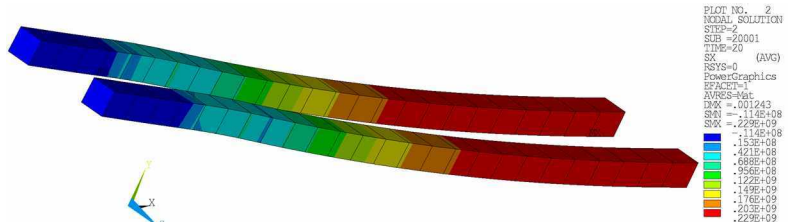


Рис. 16. Повздовжні напруження в арматурі лінійної моделі

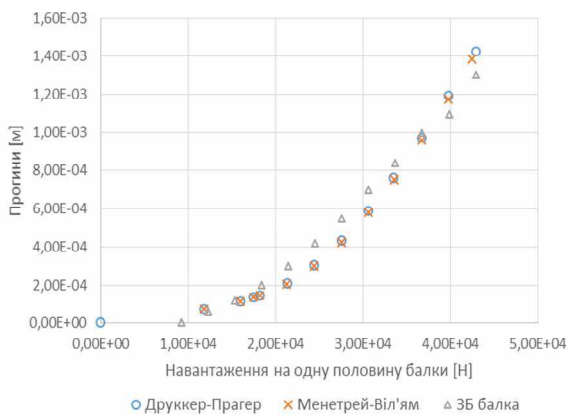


Рис. 17. Прогини математичних моделей та реальних залізобетонних бал

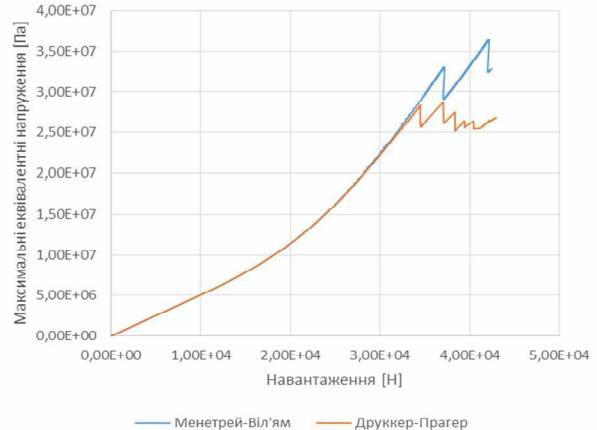


Рис. 18. Еквівалентні напруження в нелінійних математичних моделях балок

Список літератури

1. Ngo, D., & Scordelis, A. C. Finite element analysis of reinforced concrete beams. *ACI Journal*, 64(3), 1967, 152–163.
2. Sakhno S., Liulchenko Y., Chyrva T., Pischikova O. Determination of bearing capacity and calculation of the gain of the damaged span of a railway overpass by the finite element method, *Topical scientific researches into resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph.* — Sofia: Publishing House “St.Ivan Rilski”, 2020. , p. 326 — 340.
3. An, X., & Maekawa, K. Computer aided reinforcement design of RC structures. *Computers and Concrete*, 1(1), 2004, 15–30.
4. de Borst, R. Fracture in quasi-brittle materials: A review of continuum damage-based approaches. *Engineering Fracture Mechanics*, 69, 2002, 95–112.
5. Hu, H. T., & Lin, Y. Ultimate analysis of PWR prestressed concrete containment subjected to internal pressure. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 83, 2006, 161–167.
6. Khelifa, M., Oudjene, M., & Khennane, A. Fracture in sheet metal forming: Effect of ductile damage evolution. *Computers & Structures*, 85(3/4), 2007, 205–212.

7. **Khennane, A.** Performance design of reinforced concrete slabs using commercial finite element software. *Structural Concrete*,6(4), 2005, 141–147.
8. **Malm, R.** Shear crack in concrete structures subjected to in-plane stresses. Licentiate thesis, Department of Civil and Architectural Engineering, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden. 2006
9. **Mercan, B., Schultz, A. E., & Stolarski, H. K.** Finite element modeling of prestressed concrete spandrel beams. *Engineering Structures*,32, 2010, 2804–2813.
10. **Syroka, E., Bobinski, J., & Tejchman, J.** FE analysis of reinforced concrete corbels with enhanced continuum models. *Finite Element in Analysis and Design*,47, 2011, 1066–1078.
11. **Tabatai, S. M. R., & Mosalam, K. M.** Computational platform for non-linear analysis/optimal design of reinforced concrete structures. *Engineering Computations*,18(5), 2001, 726–743.
12. **Tanimura, Y., & Sato, T.** Evaluation of shear strength of deep beams with stirrups. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute, Japan*,46(1), 2005, 53–56.
13. **Willam, K. J., & Warnke, E. P.** Constitutive models for the triaxial behavior of concrete. *Proceedings of International Association for Bridge and Structural Engineering*,19, 1975, 1–30.
14. **Сахно С.І., Люльченко Є.В., Білашенко К.С., Домнічев А.О** Дослідження застосовності нелінійних математичних моделей міцності бетону для моделювання руйнування бетонних призм. *Кр.Ріг – наук. техн. зб. КНУ Гірничий вісник №107*, 2020, 68-73.

Рукопис подано до редакції 15.10.2020

УДК 681.54: 658.562.3

С. А. РУБАН, І. А. МАРИНИЧ, кандидати техн. наук, доценти, М. Є. ФЕДОРОВ, аспірант
Криворізький національний університет

АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ПІДГОТОВКИ ШИХТИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОРУДНИХ КОТУНІВ НА БАЗІ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ГІПЕРСТІЙКОСТІ

Мета. Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу дозування шихтових матеріалів для виготовлення залізорудних котунів, забезпечення заданої вологості шихти шляхом формування узгодженого адаптивного керування комплексом механізмів тракту транспортування та дозування шихти.

Методи дослідження. Методи теорії автоматичного керування, зокрема теорії адаптивного керування на базі теорії гіперчутливості (для розробки структури системи керування та алгоритмів її функціонування), теорії ідентифікації систем (для вибору і обґрунтування структури математичної моделі об'єкту керування), методи імітаційного моделювання (для тестування розробленої системи на ЕОМ).

Наукова новизна. Отримав подальший розвиток метод адаптивного керування процесами транспортування та дозування компонентів шихти шляхом формування адаптивного керування на базі теорії гіперчутливості, що забезпечує інваріантність системи до дії збурень, пов'язаних зі змінами транспортного запізнення об'єкту керування внаслідок змін режимів роботи тракту шихтопідготовки та якості вхідної сировини.

Практична значимість. Вирішення завдання забезпечення заданого вмісту складових матеріалів (концентрат, вапно, бентоніт), заданої вологості та сталості складу шихти у часі дозволяє стабілізувати процес огрудкування, що позитивно відображається на якості сирих котунів, збільшенні продуктивності огрудковувачів і випалювальної машини.

Результати. Для забезпечення підвищення ефективності процесу дозування шихтових матеріалів при виготовленні залізорудних котунів запропоновано використовувати для формування узгодженого адаптивного керування комплексом механізмів тракту транспортування та дозування шихти підхід на базі теорії гіперстійкості, що забезпечує високу якість процесу регулювання та адаптацію до змін транспортного запізнення об'єкту керування. Виконано комп'ютерне моделювання системи керування продуктивністю групового живильника концентрату фабрики огрудкування на базі методів теорії гіперстійкості. Аналіз результатів моделювання запропонованої системи показує, що застосування методу формування адаптивного керування на базі теорії гіперстійкості забезпечує зменшення часу перехідного процесу з 60 с до 40 с у порівнянні з системою на базі типового ПІД-регулятора, одночасно із забезпеченням аперіодичного характеру перехідного процесу із перерегулюванням в межах 25 % та може бути рекомендовано до впровадження.

Ключові слова: автоматизація, адаптивне керування, дозування, груповий дозатор, фабрика огрудкування, шихта, котуни.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-34-39

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Якісна підготовка шихти для виготовлення залізорудних котунів на фабриці огрудкування є одним з найголовніших фак-

торів, що визначають ефективність процесу в цілому. Першочерговим завданням процесу підготовки шихти є забезпечення заданого вмісту складових матеріалів (концентрат, вапно, бентоніт), заданої вологості та сталості складу шихти у часі. Вирішення цього завдання дозволяє стабілізувати процес огрудкування, що позитивно відображається на якості сирих котунів, збільшенні продуктивності огрудковувачів і випалювальної машини в цілому.

Водночас, задача підтримки заданого вмісту компонентів шихти ускладнюється змінними характеристиками потоку матеріалів, а також розподілені в просторі характером процесів дозування, транспортування та змішування шихти, в якому приймає участь велика кількість технологічних механізмів. У зв'язку з цим постає завдання узгодженого керування процесами дозування, транспортування та змішування шихтових матеріалів для забезпечення заданих якісних характеристик (вологості, вмісту заліза, основності), що може бути вирішена за рахунок впровадження сучасної системи автоматизації процесу.

Аналіз досліджень та публікацій. Питанню автоматизації процесів дозування, транспортування та змішування шихтових матеріалів на фабриках огрудкування присвячені роботи М.М. Бережного, Ю.Г. Гончарова, М.В. Федоровського, О.В. Дрімбо, А.Д. Іщенко, С.В. Мошенського, В.В. Волкова, І.Е. Чернецької, Е.А. Ісаєва, С.М. Diniş та ін. Аналіз досліджень та публікацій показує, що на сьогодні використовуються різні схеми реалізації систем дозування шихтових матеріалів. На вітчизняних фабриках огрудкування найчастіше використовують системи автоматичного дозування компонентів шихти з з'єднанням індивідуальних дозаторів. Для дозування вапняку, бентоніту і повернення використовуються стрічкові дозатори. Кожний стрічковий дозатор має власну систему управління продуктивністю, що складається з індивідуального вимірювача ваги, на основі якого в системі реалізовано зворотній зв'язок за продуктивністю дозатора. Дозування концентрату здійснюється груповим дозатором, що складається з дискових живильників, розміщених під бункерами концентрату, які вивантажують концентрат на збірний конвеєр. Реалізація зворотного зв'язку за продуктивністю концентрату забезпечується за рахунок контролю загальної продуктивності конвеєрними вагами, розташованими за останнім дисковим дозатором.

В системі керування процесом дозування шихтових матеріалів існують транспортні запізнення, пов'язані з необхідністю транспортування матеріалу від місця вивантаження з дозатора до точки вимірювання загальної продуктивності, сигнал якої використовується в якості сигналу зворотного зв'язку для формування завдання дозаторам компонентів шихти. Також існують транспортні запізнення між окремими дозаторами (наприклад, в груповому дозаторі концентрату). При змінній необхідній продуктивності відділення огрудкування (наприклад, при змінній потребі відділення випалювання в сирих котунах) можливе змінення швидкості збірного конвеєру, що призводить до змін часу транспортного запізнення в системі керування. У зв'язку з цим виникає необхідність у змінній алгоритму формування керуючих впливів в системах керування окремими дозаторами для забезпечення сталості заданих співвідношень між компонентами шихти.

Питанням формування адаптивного керування системами з транспортним запізненням присвячені роботи А.С. Ключова, Ципкіна Я.З., Р.Т. Янушевського, В.М. Новосельцева, Ю.Ю. Громова, В.В. Ашоріна, М.З. Зауровського, О.М. Цикунова, І.Б. Фуртата, J.M. Smith, M. Kristic, S.I. Niculescu, A.M. Annaswamy та ін.

Постановка задачі. Метою даної статті є розробка та апробація методики формування адаптивного керування комплексом механізмів дозування та транспортування шихти на базі теорії гіперстійкості, що дозволить забезпечити високі якісні характеристики процесу регулювання в умовах змінення транспортного запізнення об'єкту керування.

Викладення матеріалу та результати. У якості об'єкту керування розглянемо процес дозування концентрату в умовах фабрики огрудкування Центрального ГЗК. Система реалізована на базі групового дозатору, що складається з трьох дискових живильників ДТ-200, розміщених під бункерами концентрату на відстані l один від одного. Для контролю загальної продуктивності використовуються конвеєрні терези. Структурну схему системи автоматичного дозування концентрату наведено на рис. 1, де $W_{кил}(p)$ – передаточна функція контуру швидкості дискового живильника, $W_{ож}(p)$ – передаточна функція дискового живильника при регулюванні продуктивності зміненням швидкості обертання чаші, $W_{км}(p)$ – передаточна функція

конвеєрних вагів, $W_{рег}(p)$ – передаточна функція регулятора продуктивності, t_1, t_2 – затримка часу, пов’язана з переміщенням матеріалу від бункера до місця зважування, $t_1 = l/v$, v – швидкість руху стрічки збірного конвеєра.

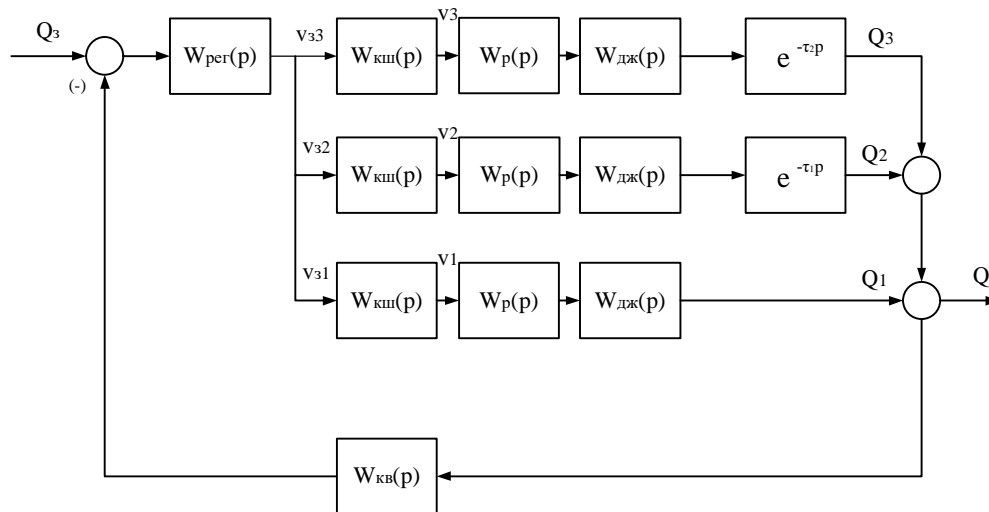


Рис. 1. Структурна схема системи автоматичного дозування концентрату

При регулюванні швидкості обертання чаші дискового живильника шляхом змінення швидкості обертання приводного двигуна, що живиться від перетворювача частоти, передаточна функція контуру регулювання частоти матиме вигляд [9]

$$W_{крч}(s) = \frac{k_{крч}}{T_M s + 1}, \quad (1)$$

де $k_{крч}$ – коефіцієнт підсилення контуру; T_M – електромеханічна стала часу електроприводу.

Коефіцієнт підсилення контуру регулювання швидкості приводного двигуна

$$k_{крч} = \frac{n_{max}}{I_{max}}, \quad (2)$$

де n_{max} – максимальна частота обертання приводного двигуна; I_{max} – максимальне значення сигналу завдання швидкості перетворювача частоти асинхронного двигуна приводу дискового живильника.

Коефіцієнт передачі редуктора

$$W_p(s) = K_p = \frac{n_{дж}}{n_\delta}, \quad (3)$$

де $n_{дж}$ – максимальна частота обертання дискового живильника; n_δ – максимальна частота обертання приводного двигуна.

Продуктивність дискового живильника дорівнює

$$Q_{жс} = k_{жс} \times h_{жс} \times n_{жс}, \quad (4)$$

де $k_{жс}$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу та конструктивні параметри живильника; $h_{жс}$ – висота підйому шиберної заслінки; $n_{жс}$ – швидкість обертання диску.

Передаточна функція дискового живильника ДТ при регулюванні продуктивності зміненням швидкості обертання диску [9]

$$W_{джс}(s) = k_{жс} \times h_{жс}, \quad (5)$$

На основі (4) коефіцієнт підсилення дискового живильника при регулюванні продуктивності зміненням швидкості обертання чаші

$$K_{джс}(s) = \frac{Q_{\max}}{n_{\max}} \quad (6)$$

Модель групового живильника концентрату матиме вигляд, показаний на рис. 2.

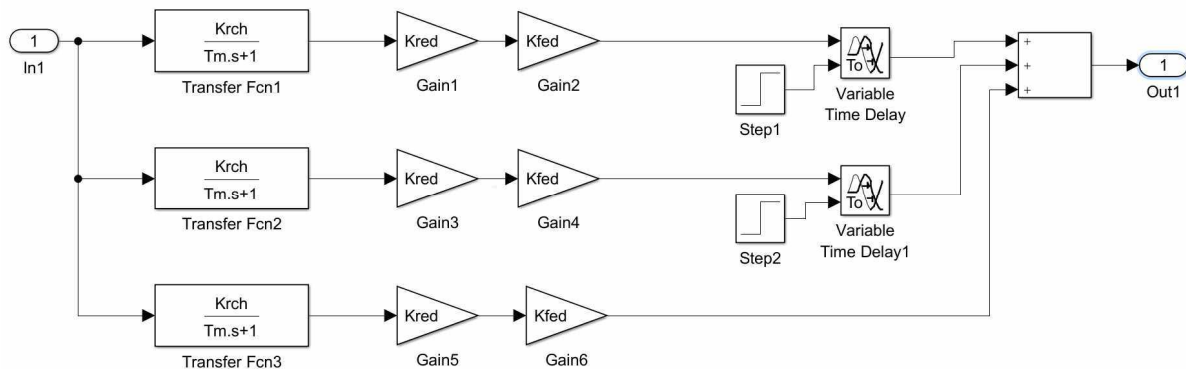


Рис. 2. Модель групового живильника концентрату

Виконаний аналіз літературних джерел показав, що з урахуванням наявності апріорної невизначеності, пов'язаної зі змінами часу транспортного запізнення в системі, для вирішення поставленого завдання доцільно використати підхід до формування адаптивного керування комплексом механізмів дозування та транспортування шихти на базі теорії гіперстійкості та додатності динамічних систем [1-3].

У відповідності з методикою формування адаптивного керування на базі теорії гіперстійкості, наведеною в [1], основний контур адаптивного керування матиме вигляд, представлений на рис. 3, де $r(t)$ – сигнал завдання, який в режимі стабілізації дорівнює $r(t) = r_{\text{ст}} \cdot 1(t)$; $y(t)$ – вихідна величина системи (сумарна витрата вологого концентрату); $e(t)$ – узагальнена похибка регулювання, що дорівнює

$$e(t) = r(t) - y_q(t) = r(t) - y(t) - \alpha q(t), \quad (7)$$

де $q(t)$ – вихід стабілізуючого пристрою у вигляді інерційної ланки першого порядку зі сталими коефіцієнтами; $y_q(t)$ – узагальнений вихід системи; α – ваговий коефіцієнт.

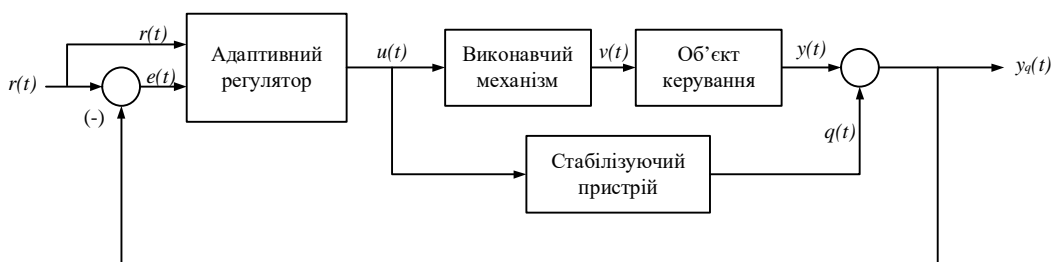


Рис. 3. Основний контур адаптивного керування системою

У відповідності з методикою адаптивного керування на базі теорії гіперстійкості [1], формування сигналу керування $u(t)$ здійснюється за формулою

$$u(s) = W_L(s) \cdot g(s), \quad (8)$$

де $W_L(s)$ уявляє собою реальну диференціюючу ланку; $g(t) = c(t) \cdot r(t)$, де параметр налаштування адаптивного регулятора $c(t)$ визначається за формулою

$$c(t) = c_i(t) + c_{II}(t) \cdot q(t); \quad (9)$$

$$q(t) = \begin{cases} 1, & |e(t)| \geq d; \\ 0, & |e(t)| < d; \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \dot{d}c_i(t) = h_1 \times e(t) \times r_*, \\ \dot{c}_{II}(t) = h_2 \times e(t) \times r_*, \end{cases} \quad (11)$$

де $c_i(t)$, $c_{II}(t)$ – інтегральна та пропорційна складові параметру налаштування відповідно; h_1 , h_2 – сталі коефіцієнти.

Модель системи адаптивного керування продуктивністю групового живильника концентрату наведено на рис. 4.

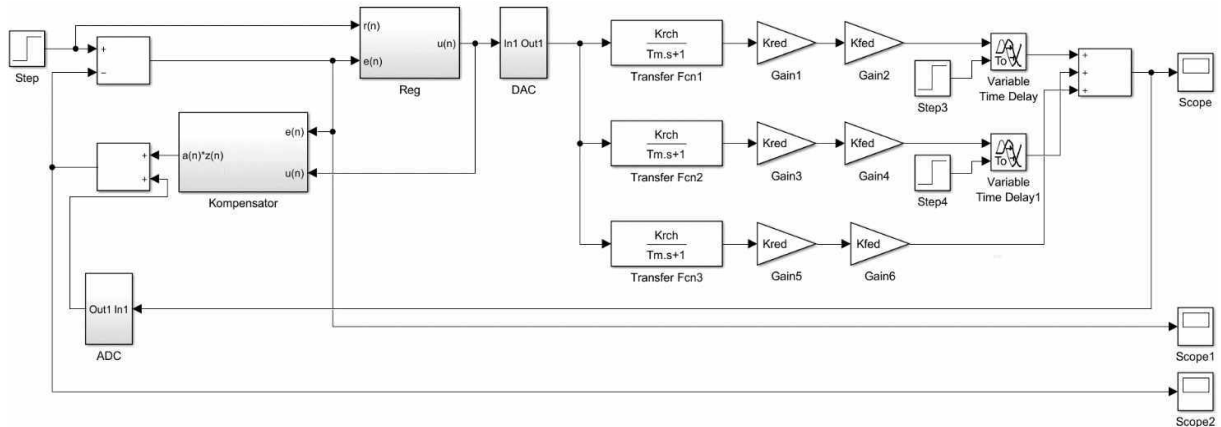


Рис. 4. Модель системи адаптивного керування продуктивністю групового живильника концентрату

Для підтвердження ефективності запропонованої методики формування адаптивного керування комплексом механізмів дозування та транспортування шихти на базі теорії гіперстійкості випробувалась модель, наведена на рис. 4. В процесі моделювання в момент часу $t = 100$ с здійснювалась імітація змінення часу транспортного запізнення з 3 с до 5 с внаслідок змінення швидкості руху збирного конвеєра. Результати порівняння графіків перехідного процесу в запропонованій системі з системою з використанням ПД-регулятора, налаштованого за методом Зіглера-Нікольса, наведено на рис. 5.

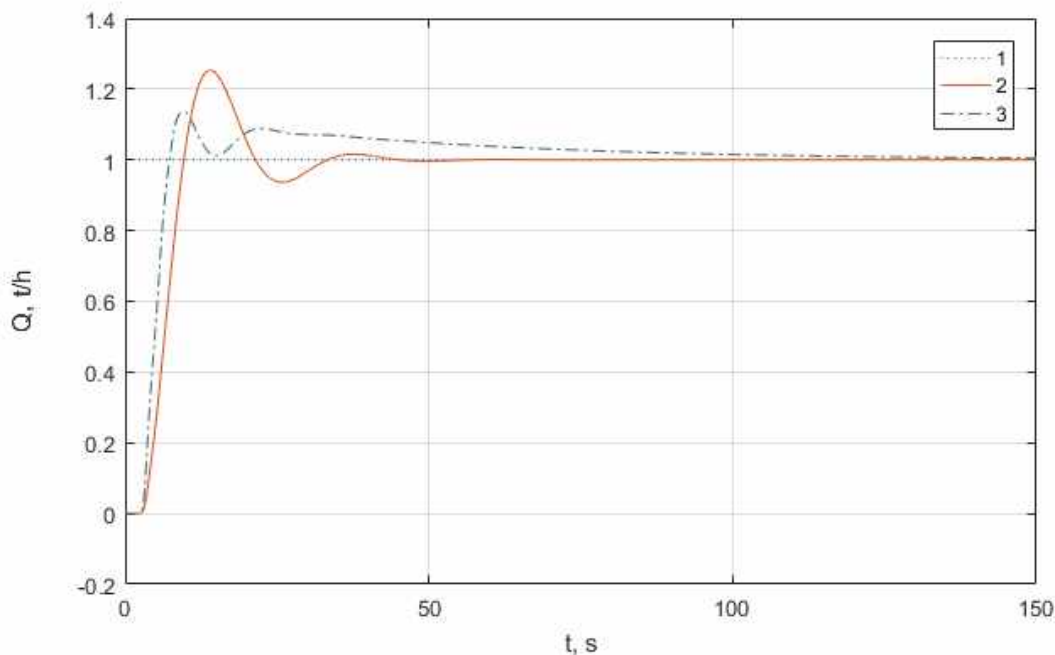


Рис. 5. Графік перехідного процесу в контурі регулювання продуктивністю групового живильника концентрату

Аналіз наведених графіків показує, що застосування методу формування адаптивного керування на базі теорії гіперстійкості для керування продуктивністю групового живильника концентрату в умовах фабрики огрудкування забезпечує зменшення часу перехідного процесу з 60 с до

40 с у порівнянні з системою на базі типового ПІД-регулятора, одночасно із забезпеченням аперіодичного характеру перехідного процесу із перерегулюванням в межах 25 %. При цьому застосування запропонованого методу забезпечує також підтримання високих якісних характеристик процесу регулювання в умовах змінення транспортного запізнення об'єкту керування.

Висновки та напрям подальших досліджень. Для забезпечення підвищення ефективності процесу дозування шихтових матеріалів при виготовленні залізородних котунів запропоновано використовувати для формування узгодженого адаптивного керування комплексом механізмів тракту транспортування та дозування шихти підхід на базі теорії гіперстійкості, що забезпечує високу якість процесу регулювання та адаптацію до змін транспортного запізнення об'єкту керування. Результати, отримані в процесі моделювання використання запропонованого методу для керування продуктивністю групового живильника концентрату, підтверджують ефективність та доцільність впровадження систем адаптивного керування на базі теорії гіперчутливості для модернізації систем автоматизації комплексів підготовки, дозування та змішування шихти на існуючих фабриках огрудкування.

Список літератури

1. Еремін Е. Л., Цыкунов А. М. Синтез адаптивных систем управления на основе критерия гиперустойчивости. – Бишкек: Илим, 1992.
2. Никифоров В. О., Фрадков А. Л. Схемы адаптивного управления с расширенной ошибкой // Автоматика и телемеханика. – 1994. - №9. – С. 3 – 22.
3. Цыкунов А. М. Квадратичный критерий абсолютной устойчивости в теории адаптивных систем. – Фрунзе: Илим, 1990. – 157 с.
4. Еремін Е. Л., Теличенко Д. А., Чепак Л. В. Синтез адаптивных систем для скалярных объектов с запаздыванием по управлению – Благовещенск: Амурской гос. ун-т, 2006. – 240 с.
5. Ксендзовский В.Р. Автоматизация процесса производства окатышей. М.:Металлургия, 1971. – 216 с.
6. Iwai Z., Mizumoto I. Robust and simple adaptive control systems // Int. J. of Control. – 1992. – V. 55. - №6. – P. 1453 – 1470
7. Palmor Z. J. Robust digital dead time compensator controller for a class of stable systems // Automatica. – 1986. – V. 22. - № 5. – p. 587 – 591.
8. Makoudi M., Radoune L. Robust decentralized adaptive control for non-minimum phase systems with unknown and/or time varying delay // Automatica. – 1999. – V. 35. – P. 1417 – 1426.
9. Гончаров Ю.Г., Дримбо А.В., Ищенко А.Д. Автоматизация процессов окискования железных руд. – М.: Металлургия, 1983. – 190 с.
10. Автоматизация фабрик окискования железных руд и концентратов / Н.В. Федоровский, В.В. Даньшин, В.И. Губанов, Р.И. Сигуа. – М.: Металлургия, 1986. – 206 с.

Рукопис подано до редакції 09.10.2020

УДК 622.7: 004.94

О.І. САВИЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., М.А. ТИМОШЕНКО, О. О. ГРАММ, асистенти
Криворізький національний університет

ВИБІР СПОСОБУ АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ МІЛКОГО ДРОБЛЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ ЗІ ЗМІННИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Мета. Метою даної роботи є вибір способу регулювання продуктивності мілкої дробарки з метою удосконалення характеристик автоматизованого керування процесом дроблення в цілому та покращення показників роботи технологічного процесу. Складність, інерційність, не стаціонарність та динамічність технологічних процесів, що відбуваються на дробильній фабриці, наявність складних зв'язків між технологічними механізмами обумовлюють застосування сучасних інтелектуальних засобів автоматизованого керування і, відповідно, вибір найкращого типу регулювання.

Методи дослідження. Проведено аналіз необхідності застосування для керування процесами дроблення сучасних видів регулювання. Використано комп'ютерне моделювання для досягнення поставлених цілей.

Наукова новизна. Підтверджено можливість застосування сучасних регуляторів для автоматизованого керування технологічним процесом дроблення руди з невизначеними параметрами, а саме теоретично доведено цінність застосування нечітких та нейронних регуляторів (на базі штучного інтелекту) порівняно з класичними засобами керування.

Практична значимість. Обґрунтовано застосування нечіткого регулятора та регулятора, побудованого на нейронній мережі для керування процесом мілкого дроблення. Створено попередню спрощену модель об'єкту керування, що може бути модернізована і доповнена для створення системи керування технологічним процесом з урахуванням більшої кількості параметрів управління.

Результати. Розроблена модель дозволяє контролювати такий параметр перебігу дробильного процесу, як продуктивність дробарки. Враховувалися параметри технологічного процесу, що впливають на продуктивність дробарки та вплив параметрів кінцевого дробленого продукту на подальші процеси збагачувальної фабрики. Тобто, чим дрібніше буде помел залізної руди, тим якісніше буде проходити здрібнення руди млинами на збагачувальній фабриці, що в свою чергу якісно впливає на енергоефективність гірничо-збагачувального процесу в цілому. При створенні моделі враховувалися лише найголовніші параметри, які найлегше вимірювати та контролювати у реальних умовах, тому модель є спрощеною. Напрямок подальших досліджень є удосконалення моделі та перетворення її у повноцінну модель системи керування.

Ключові слова. Дроблення, автоматизація, моделювання, регулятор, fuzzy.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-39-44

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У гірничо-металургійних промислових процесах основною метою автоматизації є підвищення якісних та кількісних показників процесу та зменшення втрат корисних компонентів у відходах. Підвищення продуктивності в гірничо-металургійних процесах досить сильно залежить від ступеня автоматизації виробничих процесів. Характеризується широким використанням науково обґрунтованих методів проектування, використанням комп'ютерних технологій та переходом від створення локалізовано регульованих підрозділів до інтегрованих автоматизованих систем [1-5].

Не дивлячись на стрімкий ріст рівня автоматизації у всіх сферах промисловості, на сьогодні багато дробильних та гірничо-збагачувальних фабрик і досі використовують застарілі засоби регулювання. Часто вони не передбачають навіть комп'ютеризації регулювання і використовуються релейно-контактні схеми, двопозиційні та трипозиційні регулятори і навіть при застосуванні комп'ютеризованого автоматизованого регулювання багато систем керування будуються на класичних законах регулювання з передаточними функціями та класичним ПІД-регулюванням.

Аналіз досліджень та публікацій. На сьогодні дуже добре себе зарекомендували такі види автоматизованого регулювання, як нечітке керування та нейронні мережі. Розглянемо детальніше їх переваги.

Застосування нечіткого управління може бути найбільш ефективно в тих випадках, коли відсутня явна модель процесу або аналітична модель є занадто складною для подання або отримання рішення в реальному масштабі часу. Іншою перевагою нечіткої логіки є можливість безпосереднього поєднання досвіду кількох фахівців. Нечітке управління, будучи багатозначним управлінням, більше обмежується значеннями висловлювань «істина» або «брехня». Ця особливість робить нечітке управління адекватним засобом для моделювання емпіричного досвіду експертів, оперуючи тими поняттями, в термінах яких формуються управляючі дії на заданій множині входів [6-11].

Щодо інтелектуальних нейронних мереж можна сказати, що ідентифікація технічних об'єктів з використанням апарату ІНМ має такі переваги:

нейромережева модель об'єкта управління при успішному навчанні є більш точною, ніж модель, в основі якої лежить передавальна функція, особливо при ідентифікації об'єктів високого порядку зі складним математичним описом;

застосування нейромережевих моделей дає можливість моделювання динаміки ОУ в різних режимах, в тому числі екстремальних, які неможливо відтворити на наявному лабораторному устаткуванні;

нейрорегулятори дозволяють синтезувати високоякісні САУ нестационарними об'єктами і об'єктами з розподіленими параметрами.

Традиційні автоматизовані системи управління порівнювалися з нечіткими системами управління багатьма авторами. Наприклад, в роботі С.В. Фролова, І.А. Єлізарова і С.А. Лоскутова [12] проведено порівняння трьох моделей систем автоматичного регулювання (САР): моделі релейно-імпульсної САР, моделі САР з пропорційно-диференціальною (ПД) ланкою і моделі САР з блоком нечіткого виведення (нечіткої САР). Отримані авторами результати показав-

ли, що нечітка САР не поступається за якістю регулювання САР, що реалізується традиційним способом. Як перевагу нечіткого регулювання було відмічено те, що при наявності сучасних систем програмування ПЛК з вбудованими бібліотеками нечіткого управління, що мають хороший графічний інтерфейс, дуже легко і наочно представляється і коригується вид функцій приналежності і нечіткого виведення. Отже, спрощується і налаштування САР. В роботі М.А. Панько [13] розглядаються особливості нечітких алгоритмів регулювання та обумовлені ними відмінності динаміки автоматичних систем регулювання з класичними і нечіткими алгоритмами. Моделювання проводилося в середовищі MATLAB Simulink. В результаті були зроблені наступні висновки:

система з нечітким алгоритмом нелінійна і вид перехідних процесів в САР залежить від форми і розміру впливу збурень;

при малих, обмежених по модулю і швидкості зміни значеннях сигналу розузгодження нечіткий і класичний ПІ-алгоритми в динамічному відношенні еквівалентні;

при перевищенні сигналом неузгодженості або його збільшення меж нормованого діапазону проявляється ефект насичення – нечіткий алгоритм стає істотно нелінійним.

Нечітка реалізація ПІ і ПІД-алгоритмів при підборі параметрів дозволяє отримати працездатну систему, але оптимальне рішення задач мінімізації помилки регулювання при дії збурень і переведення системи в інший стан вони не забезпечують. У статті І.П. Шанцевої [14] розглянуті структури регуляторів електричних печей опору на основі нечіткої логіки. Показники якості і точності регулювання розроблених моделей порівнювалися з аналогічними показниками ПІД-регулятора. На основі математичної моделі була доведена можливість реалізувати нечіткий алгоритм управління і забезпечити бажаний перехідний процес зміни температури. Дослідження показали, що нечіткий регулятор забезпечує більш високу якість регулювання температури, ніж ПІД-регулятор. В роботі А.А. Коростельова [15] проводиться порівняння ПІ-регулятора з нечітким регулятором. Порівняльний аналіз якості регулювання проводився при збуреннях, що йдуть по каналах завдання, регулювання і параметричного збурення. Якість регулювання визначалася за такими характеристиками: динамічної помилки, ступеня затухання, часу регулювання. Отримані в роботі результати показали, що система з нечітким регулятором перевершує систему з ПІ-регулятором за швидкодією. Динамічна помилка системи з нечітким регулятором незначно відрізняється від динамічної помилки системи з ПІ-регулятором.

Постановка задачі. Метою дослідження обрано обґрунтування вибору способу регулювання продуктивності процесу мілкового дроблення залізної руди на основі інтелектуальних методів керування, а саме нечіткого регулятора та нейрорегулятора. Для досягнення вказаної мети були поставлені наступні задачі: Проведено аналіз сучасного стану питання управління дробильними комплексами та перспектив його удосконалення у зв'язку із швидким розвитком комп'ютеризації в умовах гірничо-металургійних підприємств; узагальнено математичний опис роботи конусних дробарок для ефективного прогнозування параметрів роботи обладнання в залежності від управлінських параметрів обладнання, сформовано алгоритм та побудовано систему управління параметрами процесу мілкового дроблення залізної руди на основі нечіткої логіки та нейрорегулятора; порівняно результати роботи обох регуляторів.

Викладення матеріалу та результати. У якості об'єкту управління обрано конусну дробарку мілкового дроблення КМД 2200. Конусна дробарка - це об'єкт, робота якого характеризується продуктивністю живильника, шириною розвантажувальної щілини, крупністю і міцністю сировини, а також потужністю, споживаною в процесі дроблення, та гранулометричним складом дробленого продукту, який характеризується середньозваженим діаметром шматків.

Можливі відхилення ширини розвантажувальної щілини від цільового значення зазвичай своєчасно усуваються обслуговуючим персоналом під час профілактичних оглядів. Крім того, зміна ширини розвантажувальної щілини під час роботи настільки мала, що її ефектом можна знехтувати.

Динамічні властивості процесу дроблення відповідають аперіодичній ланці першого порядку

$$W_{op}(p) = \frac{h(p)}{s(p)} = \frac{k_{op} e^{-pt_{op}}}{T_{op}p + 1},$$

де $k_{op} = \frac{DPQ_{баз}}{DQP_{баз}}$ – коефіцієнт моделі підсилення дробарки; $T_{op} = \frac{3600V_{NP}}{q}$ – постійна часу дробарки; $t_{op} = \frac{1}{v}$ – транспортне запізнювання; q – продуктивність дробарки; P – потужність приводу дробарки; Q – кількість сировини у дробарці.

Далі були визначені передаточні функції асинхронного двигуна, перетворювача частоти і проведено налаштування контуру регулювання швидкості двигуна.

Структурна схема керування продуктивністю конусної дробарки представлена на рис. 1.

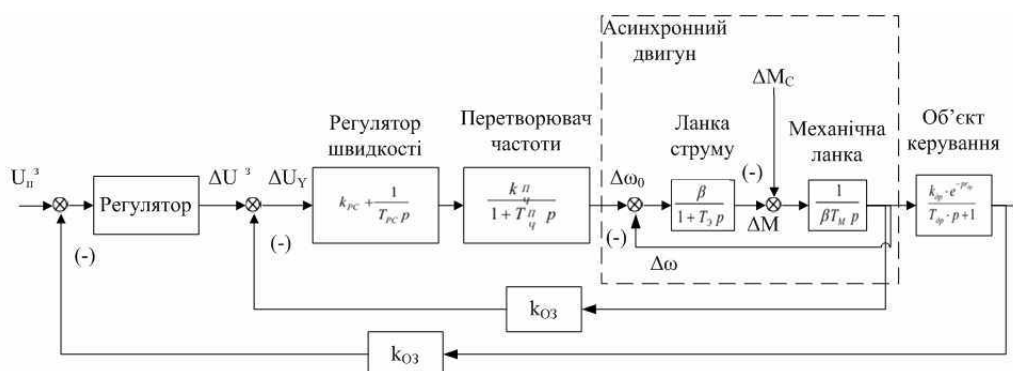


Рис. 1. Структурна схема регулювання продуктивності конусної дробарки

На рис. 1 прийнято наступні умовні позначення: U_n^3 – вхідне завдання напруги для перетворювача частоти; ΔU^3 – завдання регулятора; ΔU_Y – сформоване завдання напруги; $\Delta \omega_0$, $\Delta \omega$ – завдання частоти обертання від перетворювача частоти та сформоване завдання частоти обертання; ΔM , ΔM_c – механічний момент та механічне збурення моменту; k_{O3} – коефіцієнти оберненого зв'язку.

Формалізація нечітких змінних для регулятора наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Формалізація нечітких змінних

Найменування	Область визначення	Терм-множина	Область визначення терм-множини
Неузгодження продуктивності, ум. од.	[-1, 1]	Minus	[-1; -0.3]
		Norma	[-0.6; 0.6]
		Plus	[0.3; 1]
Швидкість зміни неузгодження, %	[0, 100]	Low	[0; 40]
		Medium	[30; 70]
		High	[60; 100]
Напруга завдання по швидкості, В.	[0, 10]	U1	[0; 4]
		U2	[4; 8]
		U3	[8; 12]

Таким чином, в розробленій системі контролюються такі параметри, як напруга живлення, яка надходить на перетворювач частоти і пропорційно впливає на швидкість приводу живильника, яка безумовно у пропорційному відношенні впливає на продуктивність дробарки (позначення, прийняте у Simulink - Zадание).

Керуючими ефектами є сигнал невідповідності продуктивності дробарки від завдання (ΔQ) і швидкість його зміни ($v\Delta Q$).

Розроблену модель системи керування зображено на рис. 2.

Рис. 2 показує, що система побудована відповідно до моделі, сформованої на рис. 1. Вхідний сигнал невідповідності продуктивності дробарки надходить у нечіткий регулятор як безпосередньо, так і як похідна через мультиплексор, формуючи, таким чином, два входи регулятора, описані вище. У схемі застосовано блок транспортної затримки для двох цілей - щоб уникнути алгебраїчної петлі в розрахунках і продемонструвати інерційність процесу дроблення. В кінці ланцюга моделі вимірюється сигнал продуктивності конусної дробарки. Його форма повинна

бути максимально прямою, без коливань, що свідчить про стабілізацію процесу управління та ефективність регулятора.

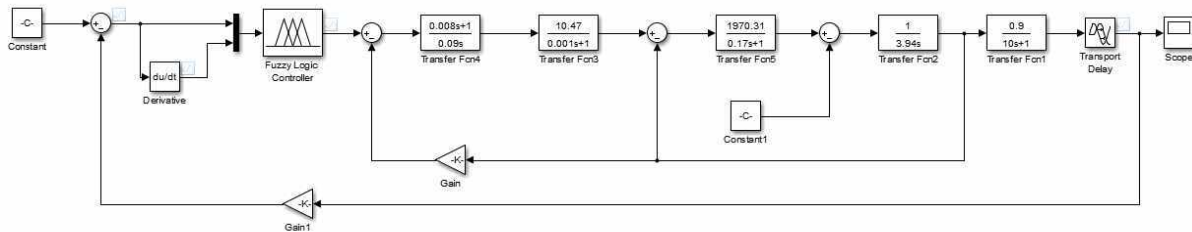


Рис. 2. Модель системи керування продуктивністю конусної дробарки

На рис. 3а показано результат моделювання продуктивності конусної дробарки при застосуванні нечіткого регулятора. Так як продуктивність була прийнята в умовних одиницях, графік повинен наблизитися якомога ближче до одиниці, бажано з мінімальним пере регулюванням та якомога меншим часом переходу до усталеного режиму.

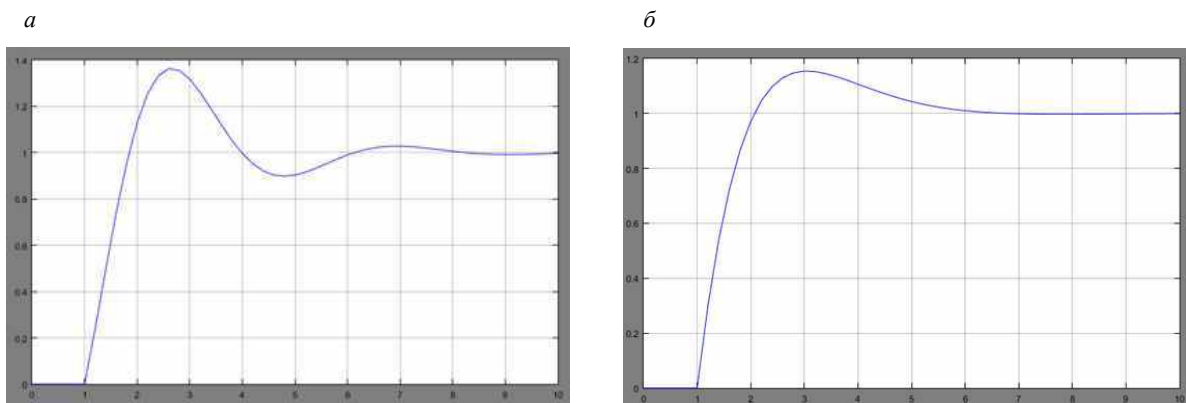


Рис. 3. Результати моделювання; а – результат моделювання при застосуванні нечіткого регулятора; б – результат моделювання при застосуванні нейрорегулятора

Оскільки результати вимірювались у умовних одиницях, графік повинен бути якомога ближчим до одиниці, бажано з мінімальним пере регулюванням та якомога швидшим перехідним процесом. При цих налаштуваннях регулятора результат є задовільним. Застосуємо замість нечіткого регулятора нейронну мережу, побудовану на базі алгоритму оберненого розповсюдження похибки. На рис. 3б показано результат моделювання при нейронному регуляторі.

Як видно з результату моделювання, зображеного на рис. 3б, після застосування нейронного регулятора загальна працездатність системи стала значно краще порівняно з рис. 3а. Порівняно з попереднім результатом перерегулювання значно зменшилося, як і час переходу до усталеного режиму, а тому працездатність нейронного регулятора у даному випадку можна вважати кращою порівняно з нечітким регулятором.

При моделюванні процесу дроблення було додатково перевірено реакцію розробленої віртуальної моделі на перехід роботи дробарки з однієї усталеної швидкості до іншої у процесі роботи. У цьому випадку темп розвитку процесу не вносить значних збурень і результати є правдоподібними.

Висновки та напрямки подальших досліджень. У ході дослідження підтверджена можливість використання сучасних регуляторів для автоматизованого управління процесом, і теоретично доведено значимість використання нечітких та нейронних регуляторів порівняно з класичними засобами управління. Обґрунтовано застосування нечіткого керування та керування, побудованого на базі нейронної мережі для управління процесом мілкого дроблення залізної руди. Підвищення продуктивності дробарок мілкого дроблення дає можливість, за умов зниження завантаження на їх входах, виключати з роботи одну або дві дробарки секції мілкого дроблення. Це призводить до зменшення витрат як активної так і реактивної енергії. Була створена попередня спрощена модель об'єкта управління, яка може бути оновлена та доповнена для створення систе-

ми управління процесом з урахуванням подальшого збільшення кількості параметрів управління, які будуть враховуватися. Розроблена модель дозволяє регулювати такий параметр дроблення, як продуктивність дробарки. Враховано параметри технологічного процесу, що впливають на продуктивність дробарки та вплив параметрів кінцевого подрібненого продукту на подальші процеси збагачувальної фабрики. Відомо, що чим дрібніше кінцевий продукт дробильної фабрики, що надходить на збагачувальну фабрику, тим меншу потужність споживатимуть млини на збагачувальній фабриці, що в свою чергу якісно впливає на енергоефективність усього процесу видобутку та переробки. При створенні моделі враховувались лише найважливіші параметри, які найпростіше виміряти та контролювати в реальних умовах, щоб модель була спрощена. Напрямок подальших досліджень - вдосконалення моделі та перетворення її на повноцінну модель системи управління і відповідне удосконалення досліджуваних регуляторів.

Список літератури

1. **Alfano G., Saba P., Surracco H.** Top size control in fine mineral grinding. *Proc. XX Int. Miner. Process. Congr.* Aachen, 1997. V2. p.337-344.
2. **Christoph B., Luhmann J., Klein R.** Partikelmess techniken im Vergleich – Untersuchungen zur Korngrößenbestimmung toniger Rohstoffe. *Ziegelind Int.* 2000. №6. p.38-45.
3. **Heiskanen K., Morsky P., Knuutinen T.** Autogenos grinding parameter estimation. *Int. Proc. Miner. Process. Congr.* Aachen, 1997.V.2. p. 299-306.
4. **Hyotyniemi H., Ylinen R.** Modelling of visual flotation froth data. *Automation in mining, mineral and metal processing.* 1998. №1. p. 309-314.
5. **Itavuo, P., Vilkko, M., Jaatinen, A., Viilo, K.** Dynamic modeling and simulation of cone crushing circuits. *Minerals Engineering.* 2013. № 43. p. 29–35.
6. **Jayson T., Carl D., Gianni B.,** 2007. A machine vision approach to on-line estimation of run-of-mine ore composition on conveyor belts. *Minerals Engineering.* 2011. №20, p. 1129–1144.
7. **Lindqvist, M.** Energy considerations in compressive and impact crushing of rock. *Minerals Engineering.* 2008. vol. 21, № 9. p. 631 – 641.
8. **Spenser S.J., Suterland D.N.** Stereological correction of mineral liberation grade distributions. *Proc. XXI Int. Miner. Process. Congr. Rome,* 2000. p. 45-67.
9. **Tumidajski T.** Certain aspects of the analysis of particle size distributions of grained materials. *Arch Mining. Sci.* 1997. №2. p.305-318.
10. **Zelin Zhang, Jianguo Yang, Dongyang Dou.** A surface probability model for estimation of size distribution on a conveyor belt. *Physicochemical Problems of Mineral Processing.* 2014. №50. p.591–605.
11. **Zhang Z, Yang J, Ding L, Zhao Y.** Estimation of coal particle size distribution by image segmentation. *Int J Min Sci Technol.* 2012. №22. p. 739–44.
12. **Фролов С.В., Елизаров И.А., Лоскутов С.А.** Реализация нечеткого импульсного регулятора // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2006. – № 1. – С. 23–25.
13. **Панько М.А., Аракелян Э.К.** Особенности нечетких алгоритмов регулирования в сравнении с классическими // Теплоэнергетика. – 2001. – № 10. – С. 39–42
14. **Шанцева И.П.** Фаззи-регулятор температуры электрических печей сопротивления // Вестник МЭИ. – 2008. – № 3. – С. 51–56.
15. **Коростелёв А.А.** Сравнительный анализ функциональных возможностей интеллектуальных нечетких и ПИ-регуляторов: мат-лы конф. «Первый открытый конкурс молодых специалистов ЗАО «СибКОЭС». – Томск: ТПУ, 2008.

Рукопис подано до редакції 08.10.2020

УДК 681.518.3: 339.371

І.В. ЗАВСЕГДАШНЯ, канд. екон. наук, доц., С.А. РУБАН, канд. техн. наук, доц.,
О.В. ПИЛИПЕНКО, О.О. ЗАВСЕГДАШНЯ, асистенти, І.О. ФИЛИПОВА, магістрантка
Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ ДЛЯ УМОВ МАЛОГО БІЗНЕСУ У СФЕРІ E-COMMERCE

Мета роботи полягає у розробці та обґрунтуванні концепції інформаційної системи для оптимізації обсягів запасів товарів на складах для умов підприємств малого бізнесу, які функціонують у сфері електронної комерції.

Методи дослідження: використовувався метод теоретичного аналізу науково-практичних розробок у напрямі управління товарними запасами (в тому числі для умов функціонування малих підприємств); системний аналіз вико-

© Завсегдашня І.В., Рубан С.А., Пилипенко О.В., Завсегдашня О.О., Филипова І.О., 2020

ристовувався для дослідження алгоритмів функціонування існуючих інформаційних систем та розробки структурно-логічної схеми даної системи; засоби моделювання були використані для розробки алгоритмів на базі моделі ABC-аналізу запасів.

Наукова новизна: полягає у тому, що запропоновані моделі та системи враховують умови функціонування малого бізнесу, а також враховують специфіку підприємств сфери електронної комерції.

Практична значимість. Робота вирішує актуальне питання автоматизації процесу пошуку ефективної стратегії управління товарними запасами малих підприємств, враховуючи специфіку організації сфери електронної комерції. Ключова задача управління запасами полягає у розрахунку оптимального інтервалу між замовленнями, а також оптимальної партії товару, що за своєю сутністю є трудомістким завданням. Застосування спеціалізованої інформаційної систем управління запасами дозволить пришвидшити процес прийняття рішень та підвищити його ефективність за рахунок уникнення помилок, а також дозволить визначити перелік товарних груп, рекомендованих до продажу за системою дропшипінгу.

Результати. В результаті роботи було досліджено проблеми управління товарними запасами підприємств та визначено існуючі інформаційні підходи до їх вирішення; здійснено критичний аналіз існуючих інформаційних систем управління запасами торгових підприємств; алгоритмізовано процес управління товарними запасами в умовах малого підприємства із застосуванням математичного та фінансового інструментарію ABC-аналізу; розроблено інформаційну систему, яка враховує специфіку діяльності малих підприємств. Розроблену інформаційну систему було впроваджено у діяльність реального малого підприємства «Еко Дім», яке здійснює діяльність у сфері online-торгівлі.

Ключові слова: інформаційна система, управління, оптимізація, товарні запаси, ABC-аналіз, дропшипінг.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-44-50

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Діяльність підприємств роздрібної торгівлі неможлива без створення товарних запасів, які, в свою чергу потребують ефективного управління. Процес управління товарними запасами полягає у розрахунку та підтримці оптимального обсягу й періодичності замовлення товарів на склад.

В результаті управління товарними запасами вирішується ряд завдань, серед яких: розрахунок норми запасу (розмір запасів, необхідних підприємству), організація контролю за розмірами запасів і постачань. Зауважимо, що сам процес управління запасами є трудомістким, передбачає застосування достатньо складного алгоритму розрахунків, що може призвести до помилок в результатах даних розрахунків і, відповідно до майбутніх втрат підприємства. Вирішити дану проблему можна за рахунок застосування інформаційних систем управління товарними запасами, в яких автоматизовано розрахунки і які, за необхідністю генерують рекомендації для керівників підприємств.

З точки зору управління малими підприємствами, визначена проблема ускладнюється тим, що більшість організацій не мають можливості (фінансової, технічної, організаційної, тощо) застосовувати в своїй діяльності складні інформаційні системи управління запасами, здійснюючи облік запасів у табличних редакторах. Також, зауважимо, що підприємства сфери електронної комерції мають специфічні характеристики, які також потрібно враховувати.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання управління запасами торговельних підприємств з теоретичної точки зору є доволі розвиненим. Зауважимо, що публікації у науково-практичному напрямі управління запасами як правило, зводяться до суто економічних та економіко-математичних розробок, як в роботах Олініченка К.С., Бланка І.А., Смоквіної Г.А., Думанської М., Іваненко О.В., Лучко М.Р., Мельника О.Г. Управління товарними запасами – це оптимізація процесів, що пов'язані з обробкою товару, веденням домовленостей з постачальниками та покупцями, утриманням оптимальної кількості складів та формування правильної стратегії управління [8].

Автоматизації, інформатизації процесу управління торговими запасами, особливо для умов малого бізнесу, приділяється менше уваги. Як правило, роботи носять оглядовий або публіцистичний характер, і описують характеристики та переваги розроблених комерційних інформаційних систем, не наводячи розробок щодо їх внутрішнього функціонування як в роботах Михайлова П., Підкамінного І.М., Гаврилова Л.П., Бровка О.Т. та інших. Таким чином, науково-практичних розробок, які б одночасно враховували визначені вище аспекти, в ході аналізу досліджень та публікацій виявлено не було.

Постановка задачі. Мета роботи – розробити концепцію інформаційної системи оптимізації торгових запасів для умов підприємств малого бізнесу, які функціонують у сфері електронної комерції.

Відповідно до цієї мети були поставлені такі завдання:
 дослідити проблеми управління товарними запасами підприємств (в тому числі і малих) та визначити існуючі інформаційні підходи до їх вирішення;
 проаналізувати сучасні інформаційні системи управління запасами, визначити їх переваги, недоліки та особливості застосування;
 алгоритмізувати процес управління товарними запасами в умовах малого підприємства із застосуванням математичного та фінансового інструментарію ABC-аналізу;
 розробити відповідну інформаційну систему та здійснити її експериментальне тестування в умовах реального підприємства.

Викладення матеріалу та результати. В рамках дослідження було проведено порівняльний аналіз найбільш популярних інформаційних систем управління запасами. Результат наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняння характеристик комерційних інформаційних систем управління товарними запасами

Назва	Призначення	Інтерфейс	Мобільний додаток	Документообіг	БД клієнтів	Вартість
Quickbooks	Малий бізнес	англійський	+	+	-	від 350 грн/міс
Zoho CRM	Усі форми бізнесу	англійський, український	+	+	+	600 грн/міс, або 14000 грн.
Stitch Labs	Усі форми бізнесу	англійський	-	+	-	від 13500 грн/міс до індивідуально визначеної ціни
Ordoro	Малий бізнес	англійський	-	-	-	від 16000 грн/міс до індивідуально визначеної ціни
1С:Управління торгівлею 8	Усі форми бізнесу	український	-	+	+	від 2700 грн. до 8300 грн.

Проаналізувавши інформаційні системи для управління товарними запасами, можемо зробити висновок, що всі вони професійні, постійно розвиваються, доповнюються, але з точки зору малого бізнесу мають певні недоліки:

є доволі дорогими, і багато підприємців, які працюють за спрощеною системою оподаткування і не мають великих складів, не можуть собі їх дозволити з фінансової точки зору;

самі системи є дуже складними, та їх функціонал не є затребуваним в сфері дрібного підприємництва – дуже багато функцій просто не використовуються;

потребують навчання користувачів, а також поглиблених знань з бухгалтерського обліку.

Тому для умов малих підприємств є доцільним розробка більш простої інформаційної системи, яка б дозволяла швидко аналізувати обсяги продажів, і розраховувати планові показники управління запасами (обсяги поставок окремих груп товарів, а також їх періодичність).

Підприємства малого бізнесу мають певну специфіку роботи, що пов'язана з невеликим асортиментом та необхідністю максимально економити кошти. То ж в процесі вдосконалення торгівлі вкрай важливим є питання ефективного управління запасами. Специфічне програмне забезпечення, яке б могло забезпечити таке управління, зазвичай, важко впровадити в умовах таких підприємств, адже воно потребує додаткового навчання персоналу для роботи з ним чи наявності у штаті вузькопрофільних спеціалістів, також воно потребує витрат, які підприємці не можуть собі дозволити.

Також враховуємо, що підприємства, які функціонують у галузі електронної комерції мають наступні особливості [14]:

наявність певного часового лагу у процесі передачі товару покупцеві (за рахунок додаткового часу на оформлення товарної угоди та пересилку кур'єрською службою або поштовою службою);

не своєчасна оплата замовленого товару покупцями, або затримка у переведенні коштів, якщо товар пересилася із замовленням послуги «накладений платіж»;

більшість малих підприємств працюють за спрощеною системою оподаткування, що обмежує обсяг товарного обороту;

більшість підприємців не мають можливості залучати фахівців з економіки до управління бізнесом, і самі мають лише базові економічні знання, тобто не можуть використовувати складні фінансові інформаційні системи.

Всі ці фактори у сукупності створюють певні умови до «заморожування» і без того обмежених оборотних засобів підприємств. Це сприяло ідеї створення простої і зрозумілої системи для управління товарними запасами.

Проаналізувавши різні джерела та ознайомившись з різними методами обліку запасів [2, 4, 5, 9], було прийнято рішення в процесі створення економіко-математичної моделі використовувати принцип ABC-аналізу. Цей метод є простим та, водночас, досить потужним інструментом аналізу, котрий дозволить виявити об'єкти, що потребують першочергової уваги. Це досить актуально при дефіциті управлінських ресурсів.

Запропонована в роботі інформаційна система управління запасами складається з трьох функціональних блоків:

в першому блоці проходить збір інформації. Інформаційна система оптимізації складських запасів в якості вхідних даних буде використовувати звітність продажів компанії, що представляє собою документ Microsoft Excel;

другий блок виконує обробку вхідних даних за допомогою ABC – аналізу;

третій інформаційної системи призначений для вдосконалення існуючого алгоритму та формування ефективної стратегії управління товарними запасами.

Схема інформаційних потоків системи наведена на рис.1.



Зворотній зв'язок системи: аналіз рекомендацій, накопичення бази даних, нові вимоги, тощо

Рис 1. Кібернетична схема функціонування інформаційної системи управління торговими запасами для умов малого підприємства

Розглянемо детальніше кожен із блоків.

Для збору інформації та подальшої роботи з алгоритмом поділу товарів на групи за допомогою ABC – аналізу, необхідно завантажити до інформаційної системи звіт компанії. Для малих підприємств, які ведуть облік продажів в Excel, рекомендується структурувати звіт на веденому на рис. 2 формою.

Критеріями для подальшого розрахунку будуть виступати об'єм продажу та ціна за одиницю товару.

Далі переходимо до другого блоку, де впроваджуємо алгоритм ABC – аналізу та ділимо товари на три групи:

група А, до якої будуть відноситись найважливіші товари, розмір запасів по яким потрібно постійно контролювати та точно визначити витрати на закупівлю, доставку, зберігання, розмір і момент замовлення;

група В – товари середньої групи важливості. За товарами цієї групи здійснюється звичайний контроль і збір інформації;

група С – найчисельніші товари, на долю яких припадає найменша частина всіх коштів вкладених в запаси; розрахунки розміру і періоду замовлення не ведуться; поповнення запасів реєструється, але рівень запасів не відслідковується.

A	B	C	D	E	F
ID Сделки	Дата	Название товара	Цена/шт	Объем продаж	Продукт
4984	2/22/2020	Бойлер Arti WH Comby 60L/1	4133	1	бойлери
4958	2/12/2020	Бойлер Arti WH Comby Dry 100L/2	6662	1	бойлери
5312	4/24/2020	Бойлер Arti WH Compact SA 5L/1 - 2 шт.	1799	15	бойлери
5060	3/17/2020	Бойлер Arti WH Compact SU 10L/1	1935	22	бойлери
4874	1/20/2020	Бойлер Arti WH Compact SU 10L/1	1935	11	бойлери
4956	2/11/2020	Бойлер Arti WH Compact SU 5L/1	1799	13	бойлери
4846	1/8/2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 100L/2	5860	1	бойлери
4996	2/28/2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 50L/2	5200	1	бойлери
5116	3/27/2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 80L/2	4657	1	бойлери
4844	1/8/2020	Бойлер Arti WH Flat E 50L/2	5213	1	бойлери
4886	1/22/2020	Бойлер Arti WH Flat M Dry 100L/2	6971	6	бойлери

Рис 2. Шаблон структури звіту про продажі компанії у середовищі Excel

Докладно економіко-математичну модель для управління торгівельними запасами описано в роботі [15]. Ключові показники, які розраховуватимуться, та будуть використовуватись для формування рекомендацій – наступні: обсяг замовлення по кожній групі товарів, інтервал замовлення, витрати на одну поставку.

Особливістю підприємств online-бізнесу є те, що вони можуть застосовувати систему прямих продажів – дропшипінг, і не це створюватиме проблеми та незручності при взаємодії із покупцями.

Дропшипінг представляє собою пряму поставку товарів від постачальника до покупця, при якій продавець не зберігає товари безпосередньо у себе на складі, або зовсім обходиться без нього. Товари відправляються замовнику зі складу виробника, постачальника або дистриб'ютора.

Схема роботи online-підприємства за системою дропшипінгу виглядає як посередницька послуга: підприємець знаходить покупців, відправляє їх замовлення своєму партнеру - постачальнику товарів; постачальник, в свою чергу, відправляє замовлення прямо кінцевому споживачеві. Заробіток підприємця полягає в різниці між оптовою ціною, встановленої постачальником, і остаточною ціною, по якій товар і був проданий (націнка продавця) [16].

Таким чином, ключовою рекомендацією щодо управління товарами, які потрапили у групу С – продавати їх за системою дропшипінгу, з метою оптимізації як оборотних коштів, так і складських приміщень.

В результаті моделювання, та обробки вихідної інформації система автоматично дозволяє керувати товарами групи А і В, а товари групи С (хоч і є можливість згенерувати рекомендації), рекомендовано реалізовувати за принципом прямої поставки, оптимізуючи обробку і ціну на такі товари. Їх можна буде продавати дешевше, зменшуючи націнку.

Далі користувачеві необхідно ввести затрати однієї поставки у відповідне вікно та обрати період, за який необхідно отримати рекомендації. Якщо період залишився за замовчанням, тобто весь період, виконується розрахунок рекомендацій. У випадку, коли відсутні затрати однієї поставки, система видає помилку та запропонує повторно ввести затрати. Подальший розрахунок рекомендацій відбувається за алгоритмом другого функціонального блоку, що описано у попередньому пункті.

Нижче наведено результат роботи системи на основі реальних даних підприємства online-бізнесу. На рис. 3 наведено результат обробки вхідної інформації у другому функціональному

блоці – всі товари, реалізовані за визначений період, розподілено за класами згідно методики АВС-аналізу.

Вже на даному етапі користувач має наочну інформацію щодо того, яким чином, йому доцільно структурувати замовлення товарів на наступний період, яким товарним групам приділяти більшу увагу.

Наведемо результат функціонування третього блоку інформаційної системи – генерування рекомендацій для груп В та груп С (рис. 4 та рис. 5).

ID Сделки	Дата	Название товара	Цена/шт	Объем продаж	Прс
4984	22.02.2020	Бойлер Arti WH Comby 60L/1	4133	1	бой.
4958	12.02.2020	Бойлер Arti WH Comby Dry 100L/2	6662	1	бой.
5312	24.04.2020	Бойлер Arti WH Compact SA 5L/1 - 2 шт.	1799	15	бой.
5060	17.03.2020	Бойлер Arti WH Compact SU 10L/1	1935	22	бой.
4874	20.01.2020	Бойлер Arti WH Compact SU 10L/1	1935	11	бой.
4956	11.02.2020	Бойлер Arti WH Compact SU 5L/1	1799	13	бой.
4846	08.01.2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 100L/2	5860	1	бой.
4996	28.02.2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 50L/2	5200	1	бой.
5116	27.03.2020	Бойлер ARTI WH CUBE DRY 80L/2	4657	1	бой.
4844	08.01.2020	Бойлер Arti WH Flat E 50L/2	5213	1	бой.
4886	22.01.2020	Бойлер Arti WH Flat M Dry 100L/2	6971	6	бой.
4794	21.12.2019	Бойлер Arti WH Flat M Dry 50L/2	5645	6	бой.
4804	23.12.2019	Бойлер Arti WH Flat M Dry 80L/2	6014	11	бой.
4738	10.12.2019	Бойлер Arti WHN 120L/1	4750	1	бой.
5138	02.04.2020	Бойлер Arti WHN Dry 100L/2	4750	2	бой.
5138	02.04.2020	Бойлер Arti WHN Dry 120L/2	6508	1	бой.
4792	21.12.2019	Бойлер Arti WHN Dry 80L/2	3949	3	бой.

Згенерувати класи

Клас А - найцінніші й нечисельні запаси	Клас В	Клас С - найчисленніші і дешеві запаси
Рекуператор Prana-150	Бойлер Arti WH Comby	Бойлер Drazice OKC 10C
Рекуператор Prana-200C	Бойлер ARTI WH CUBE	Обогреватель DIMOL St
Бойлер Arti WH Flat M Dry	Бойлер Atlantic Steattie	Обогреватель FLYME 45
Рекуператор Ventoux Champ	Бойлер ELDOM Green Li	Панельный обогреватель
Бойлер Arti WH Flat M Dry	Вентилятор Bents Силес	Обогреватель UDEN-20
Бойлер Arti WH Flat M Dry	Кондиционер Osaka ST-	Бойлер Arti WHV Slim 3i
	Бойлер Arti WHN Dry 12	Обогреватель UDEN-20
	Бойлер ELDOM Green Li	Обогреватель Венеция
	Бойлер ELDOM Green Li	Бойлер Eldom Style 72i
	Бойлер Vogel Flug QU 1	Обогреватель UDEN-30
	Бойлер Drazice OKNE 1C	Бойлер Arti WHV 100L/1
	Бойлер Eldom Style Dry	Бойлер Atlantic O'Pro H
	Бойлер Arti WHV Slim D	Бойлер Arti WHV Slim D
	Бойлерo Atlantic Vertico	Бойлер Eldom Eureka SL

Рис 3. Результат поділу товарних запасів на класи

Задачею виділення товарів групи С – є визначення товарних позицій, рекомендованих для реалізацією за схемою дропшипінгу. Але можливість згенерувати рекомендації щодо періоду замовлення система також надає (рис. 4).

Дата	Назва товару	Ціна/шт	Об'єм продажу	Продукт	Частка зі загальної вартості
14.02.2020	Обогреватель Венеция ПКК 1400 E	2750	1	обогреватели	0.002155
02.03.2020	Бойлер Eldom Style 72265W 80 л.	2897	1	бойлеры	0.002270
06.02.2020	Обогреватель UDEN-300 (УДН 300)	1016	3	обогреватели	0.002389
28.03.2020	Бойлер Arti WHV 100L/1	3207	1	бойлеры	0.002513
14.04.2020	Бойлер Atlantic O'Pro Horizontal HM 100 D400-1-M	3281	1	бойлеры	0.002571
20.02.2020	Бойлер Arti WHV Slim Dry 30L/2	3331	1	бойлеры	0.002610
08.04.2020	Бойлер Eldom Eureka Slim WV03039D 30 л.	3460	1	бойлеры	0.002712
28.02.2020	Бойлер Atlantic Round Eco VMR 80 (1200W)	1833	2	бойлеры	0.002873
24.04.2020	Бойлер Arti WHV Dry 80L/2	3702	1	бойлеры	0.002901
23.04.2020	Бойлер Willer EVHSOR Spring	3717	1	бойлеры	0.002913
19.03.2020	Бойлер Bosch Tronic 2000 T 120 B	3737	1	бойлеры	0.002929
28.01.2020	Бойлер Eldom Eureka Slim WV03039D 50 л.	3769	1	бойлеры	0.002954

Введіть затрати однієї поставки: 1500

Товари цієї групи РЕКОМЕНДОВАНО не вивипути, а продавати по дропшипінгу

Оптимальний період повторного замовлення, враховуючи дані за весь період, становить приблизно 33 дні
Накладні витрати на поставки за весь період становлять 7700 грн
Упущена вигода за весь період часу становить 368.3 грн

Рис 4. Генерація інформаційною системою рекомендацій для товарів класу С

Далі наведено результат генерації рекомендацій для товарів групи В

Дата	Назва товару	Ціна/шт	Об'єм продажу	Продукт	Частка запасу в загальній вартості (С)	Частка запасу в загальній кількості найменувань (D)
17.03.2020	Бойлер Arti WH Compact SU 10L/1	1935	22	бойлеры	0.0333679005029876	0.0664652567975831
24.03.2020	Бойлер ELDOM Green Line Eureka Slim WV080395RD 80 л.	6131	1	бойлеры	0.004805698880159307	0.00302114803625378
17.03.2020	Кондиционер Osaka ST-09NH	6494	1	кондиционеры	0.00509023128650227	0.00302114803625378
20.03.2020	Бойлер ELDOM Green Line Eureka WW10046SLD 100 л.	6862	1	бойлеры	0.00537868295164437	0.00302114803625378
17.03.2020	Бойлер Gorenje GBF 80/UA	4167	2	бойлеры	0.006532488961221279	0.00604229607250755
17.03.2020	Кондиционер Haier Tibo Inverter AS12T83HRA	12639	1	кондиционеры	0.00990690379274748	0.00302114803625378
13.03.2020	Бойлер ELDOM Green Line PV30067S 300л 9kw	19021	1	бойлеры	0.0149092454420326	0.00302114803625378
13.03.2020	Рекуператор Blauberg Vento Expert A50-1 W с Wi-Fi модулем	8839	3	рекуператоры	0.0207849804472098	0.00906344410876133
24.03.2020	Рекуператор Prana-250	13800	2	рекуператоры	0.0216338748856579	0.00604229607250755

Введіть затрати однієї поставки: 1500

Рекомендації до товарів класу В:

Оптимальний період повторного замовлення, враховуючи дані за весь період, становить приблизно 9 дні
Накладні витрати на поставки за весь період становлять 1500 грн
Упущена вигода за весь період часу становить 1339.67 грн

Рис 5. Генерація інформаційною системою рекомендацій для товарів класу С

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, в роботі було розроблено інформаційну систему управління запасами, яка враховує особливості та потреби підприємств малого бізнесу, які здебільшого функціонують у сфері електронної комерції. Система не вимагає витрат на використання та навчання користувачів, дозволяє отримувати практичні рекомендації, зрозуміли навіть тим підприємцям, які не мають спеціальної економічної освіти.

Напрямок подальших досліджень полягає в ускладненні економіко-математичної моделі, що використовується, а також у розширенні функціоналу розробленої інформаційної системи.

Список літератури

1. Управління товарними запасами підприємств роздрібною торгівлі : монографія / **К. С. Олініченко**. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2017. – 211 с
2. **Бланк І. А.** Торговий менеджмент / І. А. Бланк. – К. : Ельга : НикаЦентр, 2004. – 488 с.
3. **Смоквіна Г.А.** Використання економіко – статистичних методів в аналізі товарних запасів торговельного підприємства. Економіка: реалії часу. 2016. №2 (24)
4. **Думанська, М.; Семенишена Н.** Трагування товарних запасів в обліку та торговельній діяльності підприємств. Модернізація національної системи управління державним розвитком: виклики і перспективи: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 16-17 грудн. 2015 р. Тернопіль: Крок, 2015. С. 127 - 129
5. **Іваненко О. В** Моделі та методи управління запасами на підприємстві в умовах невизначеності / О. В. Іваненко, А. О. Фоменко // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. – 2011. – № 4 (16). – С. 108–111.
6. **Лучко М.Р., Адамик О.В.** Облік комерційної діяльності: підручник. Тернопіль: «Карт-бланш», 2005. 441 с.
7. **Мельник О.Г., Нагірна М.Я.** Проблеми планування товарних запасів. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. № 22.4.
8. **Вавдійчик І. М.** Товарні ресурси підприємств роздрібною торгівлі та організаційно-економічні форми їх забезпечення [Електронний ресурс] / І. М. Вавдійчик // Науковий огляд. – 2014. – Т. 4, № 3. – Режим доступу : <http://naukajournal.org/index.php/naukajournal/article/view/187>.
9. **Міщук І.П., Рижикова О.В.** Формування ефективної політики управління товарними запасами торговельного підприємства - Науковий вісник НЛТУ України. 2012. № 22.3.
10. **Михайлов П.** Информационные технологии в розничной торговле / П. Михайлов [Електронний ресурс] // Информационный портал «Все о ритейле». - Режим доступу: <http://imspm.spb.ru/articles/271655.php>
11. **Підкамінний І. М.** Інноваційний розвиток підприємств роздрібною торгівлі / І. М. Підкамінний, І. О. Совершенна // Бизнес Информ. – 2013. – Вып. № 1.– С. 156–159.
12. **Гаврилов Л.П.** Информационные технологии в коммерции: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2010. 238 с.
13. **Бровко О. Т.** Економічна сутність товарних запасів та їх місце в системі управління товарними потоками підприємств торгівлі / О. Т. Бровко // Економіка підприємства : зб. наук. праць ЧТЕІ КНТЕУ. – № 2. – Чернівці : Вид-во ЧТЕІ, 2009. – С. 95–104.
14. E-commerce project management features in conditions of the Ukrainian economy // **Zavsiehdashnia I., Zavsiehdashnia O.** //Materialy IX miedzynarodowej naukow-praktycznej konferencji «Evropeiska nauka 21 wieka» - Volume 5. Ekonomiczne nauki : Przemysl: Nauka I studia, 2016. - P. 52-56
15. **Завсєгдашняя И.В.** Разработка комплексной модели управления запасами для проекта оптимизации складских площадей торгово-розничного предприятия // Економіка розвитку - Харків: ХНЕУ. - 2012. - №3 (59). -С. 37-40.
16. ImageСMs – офіційний сайт <https://www.imagecms.net/blog/e-commerce>

Рукопис подано до редакції 12.10.2020

УДК 331.48

М.В. ДОМНІЧЕВ, О.В. НЕСТЕРЕНКО, кандидати техн.наук, доценти,
О.Ю. БЛИЗНЮКОВА, канд.техн.наук, асистент
Криворізький національний університет

ЕЛЕМЕНТИ БІОЛОГІЧНОЇ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ УЗБІЧ, ЯК СПОСІБ ЗМЕНШЕННЯ ПИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРАЦІВНИКІВ

Мета: аналіз забруднення повітряного басейну пилом з автодоріг на гірничорудних підприємствах та визначення можливості проведення елементів біологічної рекультивациї їхніх узбіч. Визначення спеціальних заходів і засобів для підготовки до рекультивациї.

Методи дослідження: аналіз сучасних науково-технічних досягнень та практичних досліджень, проведених на базі підприємств ПАТ «АМКР» та ПАТ «Північний ГЗК», щодо питань доцільності і ефективності використання елементів біологічної рекультивациї для зменшення пилового навантаження на працівників хвостового господарства комбінату, працівників інших структурних підрозділів комбінату, навколишнє природне середовище, та мешканців прилеглих територій.

© Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю., 2020

Наукова новизна: проаналізовано та описано дослідження елементів біологічної рекультивациї діючих промислових об'єктів, необхідні для вирішення проблеми винесення пилу за рахунок створення зелених насаджень на узбіччях автодоріг.

Практичне значимість: отримані результати можуть бути використані для будь-якого промислового підприємства нашого регіону за рахунок відпрацьованого алгоритму нанесення, на прикладі мулових осадів, будь-якого сухого сипучого матеріалу на складні поверхні, що, можна розглядати як етап санітарної рекультивациї об'єкту.

Висадження на узбіччях діючих автодоріг рослинності, сприятиме зменшенню пилового і газового навантаження на працівників підприємств, мешканців прилеглих територій та сприятиме покращенню стану навколишнього природного середовища району. Також її використання покращить естетику ландшафту.

Результати: окреслено основні негативні наслідки експлуатації автодоріг; визначено оптимальний варіант використання технології біологічної рекультивациї поверхонь; прописано хід виконання практичної частини обробки узбіч діючих автодоріг та формування на них потенційно родючого шару ґрунту.

Визначено та перераховано необхідну техніку для проведення робіт. Його основні специфікації та технічні характеристики. Наведені рекомендації були описані відповідними посиланнями на звіти, про промислові дослідження та фотографії. Описана технологія не вимагає придбання спеціального обладнання.

Ключові слова: пил, дорога, осад, мул, суміш, розчин, біологічна рекультивация.

doi: 10.31721/2306-5435-2020-1-108-50-56

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. На більшості гірничих підприємств нашого регіону, процеси транспортування руди після видобування, транспортування пустих порід та інші операції, з забезпечення нормальної роботи підприємства (доставка вантажів, перевезення персоналу тощо) відбувається з використанням автомобільного транспорту.

Як відомо, основна маса автодоріг промислових підприємств нашого регіону, представлена автомобільними автодорогами з «нежорстким покриттям» [1].

У процесі руху автотранспорту, такими дорогами, відбувається інтенсивний процес руйнування (внаслідок тертя колесами автотранспорту) верхнього шару автомобільних доріг [2]. Це сприяє накопиченню на поверхні автодоріг дрібного ерозійно небезпечного матеріалу, що в поєднанні з просипами з кузовів автотранспорту та пилом, що може переноситись з інших промислових об'єктів (хвостосховища, відвали, склади сипучих речовин) та при проведенні основних технологічних операцій (масові вибухи на кар'єрах, виїмка та перевантаження гірничої маси, тощо).

Ці сипучі матеріали стають джерелами виділення пилу як в наслідок впливу вітрової ерозії [3] так і в наслідок захоплення пилоподібного матеріалу колесами автотранспорту під час руху і винесення до повітря [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Оскільки питання боротьби з виносом пилу з діючих автодоріг надзвичайно актуальне не лише на сьогодні а і протягом достатньо тривалого часу, його намагалися вирішити в різний спосіб, з урахуванням як наявної матеріально-технічної бази так і розвитку різних галузей наук і техніки, в тому числі хімічної промисловості.

Нашими шановними колегами, це питання розглядалося починаючи ще з 60-х років минулого століття [4-9]. В рамках цих наукових робіт було надано, розглянуто та оцінено велику кількість пропозицій щодо обробки сухих поверхонь автомобільних доріг різними розчинами хімічних сполук як з метою формування на ній твердої плівки так і з метою підтримки її постійної високої вологості [1, 2].

Постановка задачі. Визначити можливість та доцільність проведення елементів біологічної рекультивациї узбіч автодоріг в умовах гірничо-збагачувальних підприємств нашого регіону для зменшення пилового навантаження під час та внаслідок руху автотранспорту.

Як відомо, раніше методи біологічної рекультивациї досить обмежено використовувалися для зменшення кількості пилу, що виносився з карт, дамб, та доріг діючих хвостосховищ. На перешкоді цьому стояли особливості роботи об'єкту дослідження, а саме його постійне використання, що робило недоцільним питання біологічної рекультивациї поверхонь [10].

За результатами практичних досліджень, проведених в умовах хвостосховища ПАТ «Північний ГЗК», сформульовано висновки і рекомендації щодо питань використання елементів біологічної рекультивациї для зменшення пилового навантаження на навколишнє природне середовище, працівників комбінату та мешканців прилеглих територій. Проаналізувавши дану ін-

формацію, визначено можливість адаптації технології до умов боротьби з білом, що виноситься з авто доріг під час руху автотранспорту та в наслідок вітрового навантаження на поверхню (вітрової ерозії).

Викладення матеріалу та результати. Як показали результати проведених досліджень [1], під час руху автотранспорту кар'єрними автодорогами, до повітря потрапляє пил в обсягах, що перевищують гранично-допустимі норми (табл.1).

Таблиця 1
Результати вимірів забрудненості повітря на автодорогах кар'єрів ПАТ «ІнГЗК» і ГЗК ПАТ «АМКР», не оброблених протипиловими засобами

Горизонт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Характер руху машин/год.	Забрудненість повітря, г/м, на відстані 5-10м
Кар'єр ПАТ «ІнГЗК»				
-255м	29	58	30-40	сер. 5,3
-240м	29	58	60-70	сер. 7,213
-60м	33	52	30-40	сер. 3,71
12м	31	59	50-60	сер. 4,32
Кар'єр ГЗК ПАТ «АМКР»				
0м	25	61	30-40	сер. 6,4

Як відомо, тривалий вплив мінерального (та інших видів пилу) на організм людини призводить не лише до зниження рівню працездатності, а і може стати причиною виникнення у працівників професійних захворювань, в першу чергу пневмоконіозів [1-3].

Як показують дослідження (рис. 2), проблеми з органами дихання займають чільне місце серед усіх основних причин захворюваності в Україні [11].

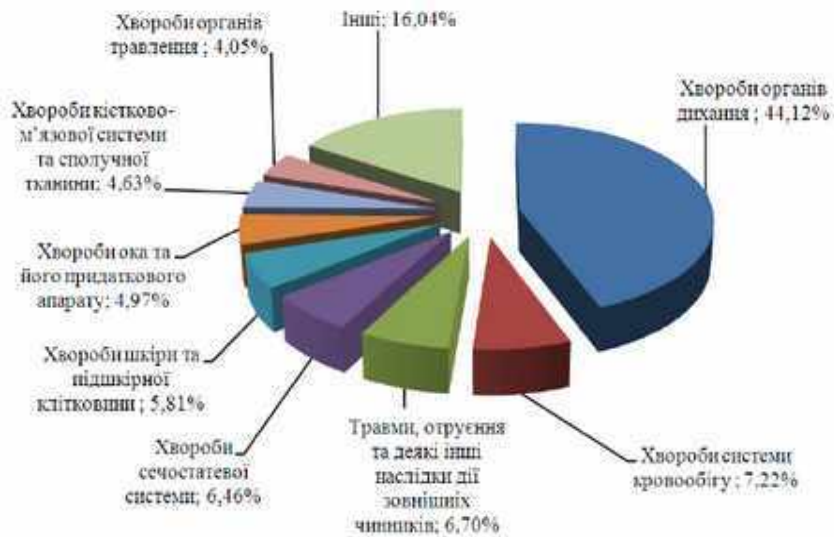


Рис. 1. Структура первинної захворюваності серед усього населення України

Для умов нашого регіону, значення пилового навантаження (рис. 2) визначено в роботі «Визначення хімічного складу та оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря в місті Кривому Розі, ідентифікація та інвентаризація основних джерел викидів забруднюючих речовин ПрАТ «ПівнГЗК», «ЦГЗК», «Суша Балка», ПАТ «Кривбасзалізрудком», ТОВ «МЕТІН-ВЕСТ-КРМЗ», у тому числі оцінка ризиків для довкілля та здоров'я населення»[12].

В даній роботі, в тому числі було визначено такий важливий показник, як «кратність перевищення граничнодопустимої концентрації (ГДК) пилу та інших шкідливостей» як в межах нашого регіону в цілому, так і щодо окремих підприємств Кривбасу.

З представленого рисунку, чітко видно, що в окремі періоди часу перевищення ГДК в порівнянні з нормативним сягало 15 разів і більше. Це в черговий раз доводить гостру необхідність вирішення проблеми пилового навантаження на працівників нашого регіону або ж як мінімум пошук шляхів, за допомогою яких можна досягти його істотного зменшення.

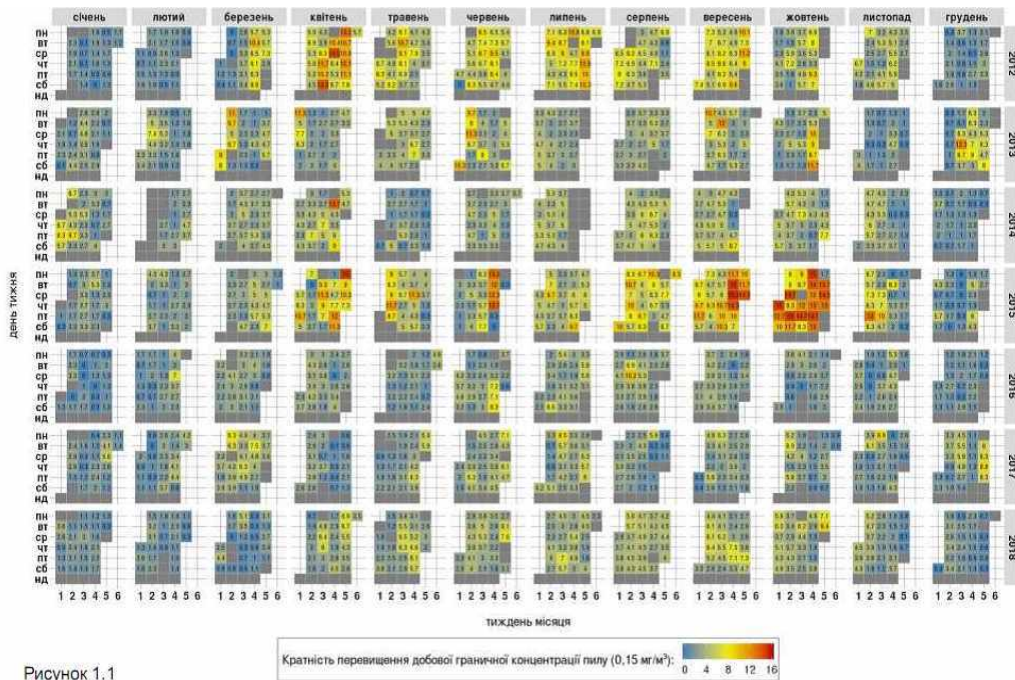


Рисунок 1.1

Рис. 2. Кратність перевищення добової ГДК пилу

Як ми бачимо, шкідливий вплив пилу на працівників гірничих підприємств нашого регіону та на мешканців прилеглих територій, не однаково постійний протягом часу. Природно, він змінюється в залежності як від пори року так і від часу доби (рис. 3), та низки інших факторів.

Аналіз даних статистичних матеріалів, вказує на поступове збільшення рівня запиленості повітря (збільшення кількості винесених вітром ерозійно-небезпечних часток) протягом тривалого часу з 2013 по 2018 роки.

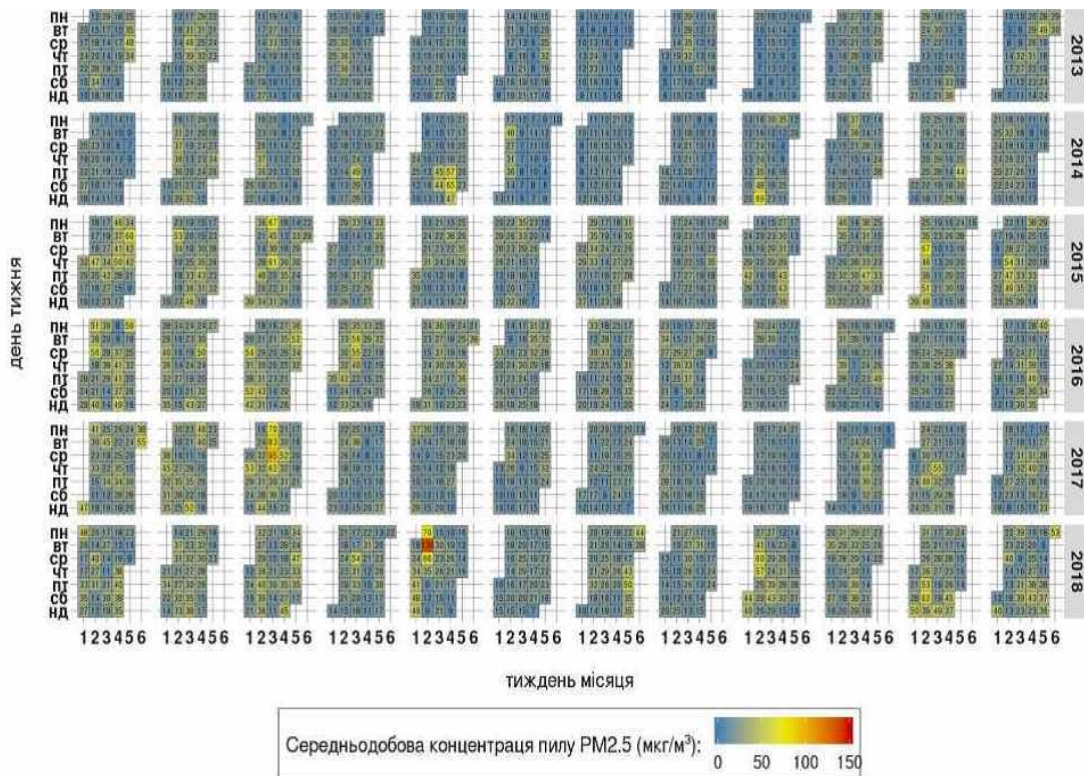


Рис. 3. Середньодобові концентрації пилу в повітрі

В рамках даної роботи, ми не можемо точно визначити причини такого росту забрудненості повітря регіону пилом. Можливо, це зумовлено збільшенням середньорічної температури повітря, що відбувається в наслідок загального підвищення середньої температури на планеті, а можливо це пов'язано з порушенням норм і правил експлуатації промислових об'єктів основних підприємств нашого регіону, зокрема економією коштів на проведення відомих [13-21] проти пилових заходів на підприємствах (зрошення автодоріг, обробка та рекультивация поверхонь хвостосховищ і відвалів тощо), на разі невідомо.

Рух автотранспорту, дорогами з «нежорстким покриттям», часто супроводжується інтенсивним виносом пилу до повітря. Це може відбуватися як переважно в наслідок лише руху автомобіля (рис.4) так і в наслідок комбінованих причин – вітрової ерозія, перенос пилових часток з інших поверхонь, рух транспорту тощо (рис.5).

Використання спеціальних засобів (розчинів і сумішей), що формують на ерозійно-небезпечних поверхнях тверду плівку, не вирішує питання занесення її пилом з інших незакріплених ділянок і утворення на її поверхні нових джерел виносу пилу в повітря, а також руйнується колесами транспорту[1].



Рис.4. Винос пилу під час руху автомобіля

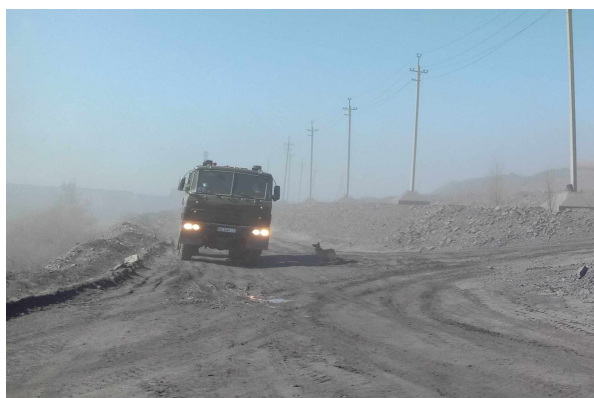


Рис.5. Винос пилу внаслідок комбінації причин

Підтримка постійної високої вологості матеріалу дорожнього покриття за допомогою використання води, теж не завжди можлива з причин технологічного характеру [1].

Використання спеціальних розчинів, для підтримки постійної високої вологості матеріалу дорожнього покриття, достатньо ефективне, але потребує як використання спеціальної техніки так і має достатньо обмежений строк ефективної дії [1-3].

Тому, враховуючи все вищевикладене, в даній роботі, ми хочемо розглянути питання використання елементів біологічної рекультивации для вирішення проблеми винесення пилу з автодоріг як під час руху автотранспорту так і в наслідок вітрової ерозії.

Ми вважаємо, що цього можна буде досягти, за рахунок формування на узбіччях доріг масиву рослинності, який буде зменшувати швидкість вітру та затримувати винесені в повітря, за рахунок руху транспорту пилові частинки, не дозволяючи їм розноситись на великі відстані.

Це дозволить зменшити негативний вплив мінерального пилу та вихлопних газів на здоров'я працівників підприємств, мешканців прилеглих територій і навколишнє природне середовище.

Проаналізувавши результати досліджень наших шановних колег [22], на нашу думку, доцільно буде використовувати «мулові відкладення анаеробного очищення стічних вод витриманих на спеціальних майданчиках».

Оскільки «зовнішні поверхні ярусів хвостосховища сформовані з скельних порід і хвостів збагачення корисних копалин, вони практично не містять органіки, необхідної для нормального розвитку рослинного покриву» так само як і матеріал автодоріг і їхні узбіччя.

В свою чергу, мулові відкладення є «надзвичайно поживним субстратом», і використання їх навіть на скельних породах, на нашу думку, дозволить сформувати середовище придатне для росту рослин.

Нанесення мулових відкладень, при проведенні досліджень, відбувалося на зовнішні поверхні ярусів діючого хвостосховища (рис.6.) за допомогою такої спеціальної техніки (самоскиди і навантажувач), що є в наявності на усіх промислових підприємствах і не потребує спеціального придбання, переробки, модифікації та використання навченого персоналу (мається на увазі навченого специфічним навичкам з приготування, зберігання і нанесення розчинів для пилоподавлення), а також значно зменшує час для нанесення (рис.7).



Рис. 6. Мулові осадки на зовнішній частині ярусу хвостосховища



Рис. 7. Процес нанесення мулових осадків

Нанесення мулових осадів дозволить сформувати достатній субстрат для ефективного росту рослинності. Ця рослинність може бути спеціально висаджена, а можна дочекатися процесу самозаростання оброблених поверхонь, оскільки мулові осадки мають в своєму складі значні кількості коренів рослин (в першу чергу очерет і рогіз).

В подальших роботах, результати нанесення мулових відкладень і внесення в них насіння рослин будуть розглянуті з визначенням порівняної ефективності та основних переваг і недоліків такого способу рекультивації та оптимальних рослин для висадки в умовах узбіч автодоріг.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Окреслено основні шкідливі фактори від використання автодоріг промислових підприємств в нашому регіоні.

Визначено оптимальний варіант використання технології біологічної рекультивації поверхонь.

Розглянуто результати практичної обробки схилів ярусів діючого хвостосховища та формуванню на них потенційно родючого шару ґрунту, що дозволить вирощувати на ньому рослини, для затримки пилу та газів.

Список літератури

1. **М.В. Домнічев.** «Обґрунтування використання розчину природного бішофіту для обробки пилячих поверхонь». **Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю.** – Кривий Ріг: Сінельников Д.А., 2020.-115с.
2. **Нестеренко О. В.** Підвищення ефективності знепилювання автомобільних доріг у кар'єрах. / **Нестеренко О.В.** / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Криворізький технічний ун-т.- Кривий Ріг, 2008. 130с//
3. **Домнічев М.В.** Розробка технології знепилювання хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу /**Домнічев М.В.** / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Криворізький технічний ун-т.- Кривий Ріг, 2010. 129с.
4. **Нестеренко О. В.** Підняття пилу із сухої поверхні автодороги / Гірський інформаційно-аналітичний бюлетень. – М.: МГУ, 2000, №7 - С. 93-94.
5. **Бересневич П.В., Сащенко В.Г.** Прогноз складу атмосфери в залізрудних кар'єрах, способів і засобів її нормалізації // Сб. наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ, 2004. - С.92-99.
6. **Бересневич П.В., Борисов В.Г., Колісник І.Я., Коваленко Е.А.** Дослідження аутогезиї пилу гірських доріг кар'єрів // Фізико-технічні проблеми розробки корисних копалин. - Новосибірськ. - №2. - 1977. - С.115-118.

7. **Одинцов Б.Н., Бондаренко Г.Н., Неаронова Г.Ф.** Щобені із супутніх порід Криворізького залізорудного басейну // Автомобільні дороги.- 1975. - №110. - С. 15.
8. **Скорченко В. Ф., Лисий В. М.** Існуючі заходи по знепиленню дорожніх покриттів та експлуатаційні характеристики знепилюючих композицій // Автошляховик України. - №1. - 1997. - С. 41-43.
9. **Тищук В.Ю.** Розробка й дослідження засобів пылеподавления на кар'єрних автодорогах // Сб. наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ, 2004. - С. 213-219.
10. **Тищук В.Ю.** Використання засобів біотехнології для пылоподавления у кар'єрах. / **В.Ю.Тищук** // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Сталій розвиток промисловості і суспільства» ДВНЗ «Криворізький національний університет», Кривий Ріг. – 2014. – 251 с.
11. Вплив промислових аерозолів на динаміку легеневих захворювань населення України [Текст] / **А. П. Слободиський, І. В. Васильківський, В. Г. Петрук** [та ін.] // «Наука. Молодь. Екологія» : матеріали міжнародної науково-практичної конференції в рамках I Всеукраїнського молодіжного з'їзду екологів з міжнародною участю, м. Житомир, 21–23 травня 2014 року. – Житомир : ЖДУ ім. І. Франка. – С.194–197.
12. Визначення хімічного складу та оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря в місті Кривому Розі, ідентифікація та інвентаризація основних джерел викидів забруднюючих речовин ПрАТ "ПівнігЗК", "ЦГЗК", "СУ-ХА БАЛКА", ПАТ "Кривбасзалізрудком", ТОВ "МЕТІНВЕСТ-КРМЗ", у тому числі оцінка ризиків для довкілля та здоров'я населення. Дніпро 2019. 737 с.
13. **Даулбаев Ф.А., Шанина Т.Н.** К вопросу о влиянии хвостохранилища обогатительной фабрики комбината «Ачполиметалл» на внешнюю среду / Ф.А.Даулбаев, Т.Н.Шанина.// Сб. научных статей «38 итоговая научная конференция Казахского мединститута», Алма-Ата. – 1966. –128 с.
14. **Михайлов В.А.** Борьба с пылью в рудных карьерах / **В.А.Михайлов, П.В.Бересневич, В.Г.Борисов.** – М. : Недра. – 1981. – 262 с.
15. **Бересневич П.В.** Охрана окружающей среды при эксплуатации хвостохранилищ / **П.В. Бересневич, Н.Г. Кузьменко, Н.Г. Неженцева.** – М.: Недра, 1993. – 128 с.
16. Закрепление пылящих поверхностей хвостохранилищ ОАО «СевГОК» водным раствором природного бишофита: Временная технологическая инструкция / Криворожский технический университет. Кривой Рог, 2008. – 10 с.
17. **Домнічев М.В.** Спосіб закріплення сухих поверхонь діючих хвостосховищ // **Домнічев М.В., Заїкіна Д.П., Швагер Н.Ю., Нестеренко О.В.** Пат. на корисну модель №116406 – Криворізький технічний ун-т.- Кривий Ріг, 2017. 3с.
18. Разработка рекомендаций по уменьшению пыления хвостохранилища ОАО «СевГОК» : Отчет по НИР (Заключительный) / ПО НТС ГП «НИГРИ» Кривой Рог, 2008. – 74 с.
19. **Салій І.В.** Розробка засобу пригнічення пылоутворення на шлакових відвалах гірничо-металургійних виробництв / **Салій І.В.** / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Криворізький технічний ун-т.- Кривий Ріг, 2011. 120с.
20. Разработка способов и средств закрепления пылящих поверхностей хвостохранилищ и автодорог карьеров ГОКа : Отчет по НИР (Заключительный) / ПО НТС ГП «НИГРИ» Кривой Рог, 2006. – 64 с.
21. **Домнічев М.В.** Скорочення виносу пилу з поверхонь автодоріг та складів сипучих матеріалів ПАТ «Кривбасзалізрудком». **Домнічев М.В., Нестеренко О.В. Близнюкова, О. Ю., Маленко Я. В., Скакальський О. М.** Екологічний Вісник Криворіжжя. 2019. Випуск 4. С. 98–103.
22. Разработка рекомендаций по уменьшению пыления хвостохранилища ОАО «СевГОК»: Отчет по НИР (Заключительный) / ПО НТС ГП «НИГРИ» Кривой Рог, 2008. – 74 с.

Рукопис подано до редакції 19.10.2020

АНОТАЦІЇ

УДК 504.062.4

Аблєєва І. Ю., Пляцук Л. Д., Зінченко В. Ю., Луценко С. В., Бережна І. О., Янченко І. О. Оцінка ефективності розділення бурового шלאму у полі дії відцентрових сил

Мета статті полягає у визначенні ступеня ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950, що супроводжується одержанням твердої фази з властивостями, необхідними для використання як товарного продукту.

Методи дослідження. Дослідженням підлягали зразки бурового шלאму, одержаного у процесі буріння свердловин на Семиренківському газоконденсатному родовищі, яке знаходиться на території Шишацького району Полтавської області. Для встановлення закономірностей осушення шלאму в ОВШ-950 для аналізу використовували буровий шלאм різного генезису, тобто утворений у результаті буріння різних свердловин та на різних глибинах. Вологість зразків бурового шלאму визначали згідно із стандартними методиками відповідно до ДСТУ Б В.2.1-17:2009 та ДСТУ ISO 11465-2001.

Наукова новизна. Встановлені науково обґрунтовані закономірності процесу осушення бурового шלאму в осушувачі ОВШ-950, що дозволяє інтенсифікувати процес залежно від природи бурового розчину, який використовується у процесі буріння.

Практична значимість. Розділення бурових шלאмів, одержаних під час буріння свердловин, дозволяє зменшити кількість утворених бурових відходів та знизити витрати на приготування бурового розчину, завдяки повторному використанню рідкої фази.

Результати. Виходячи з отриманих результатів ступеня осушки бурового шלאму на глиняно-полімерній основі та вуглеводній основі слід зазначити, що ступінь осушки шלאму вища на глиняно-полімерній основі і складає майже 82 % в порівнянні з майже 56 %. Це обумовлюється хімічними та фізичними властивостями глиняно-полімерної основи шלאму, а також водовіддачею. Показано результативність розділення бурових шלאмів, одержаних під час буріння свердловин із застосуванням різних основ для бурових розчинів, на центрифугі, та осушення осаду в осушувачі ОВШ-950. На підставі проведених досліджень щодо визначення ефективності роботи осушувача вертикального ОВШ-950 встановлено, що обладнання забезпечує ступінь осушення бурового шלאму залежно від типу бурового розчину, що використовувався, на рівні від 51 % до 81 % для ІЕР Witer II та глиняно-полімерної основи відповідно.

Ключові слова: бурові відходи, центрифугування, осушувач вертикальний, відпрацьований буровий розчин, рециклінг.

Аблєєва И. Ю., Пляцук Л. Д., Зинченко В. Ю., Луценко С. В., Бережная И. А., Янченко И. О. Оценка эффективности разделения бурового шлама в поле действия центробежных сил

Цель статьи заключается в определении степени эффективности работы осушителя вертикального ОВШ-950, сопровождающегося получением твердой фазы со свойствами, необходимыми для использования в качестве товарного продукта.

Методы исследования. Исследованиям подлежали образцы бурового шлама, полученного в процессе бурения скважин на Семиренковском газоконденсатном месторождении, которое находится на территории Шишацкого района Полтавской области. Для установления закономерностей осушения шлама в ОВШ-950 для анализа использовали буровой шлам различного генезиса, то есть образованного в результате бурения различных скважин и на разных глубинах. Влажность образцов бурового шлама определяли по стандартным методикам в соответствии с ДСТУ Б В.2.1-17: 2009 и ДСТУ ISO 11465-2001.

Научная новизна. Установлены научно обоснованные закономерности процесса осушения бурового шлама в осушителе ОВШ-950, что позволяет интенсифицировать процесс в зависимости от природы бурового раствора, используемого в процессе бурения.

Практическая значимость. Разделение буровых шламов, полученных при бурении скважин, позволяет уменьшить количество образованных буровых отходов и снизить затраты на приготовление бурового раствора, благодаря повторному использованию жидкой фазы.

Результаты. Исходя из полученных результатов степени осушки бурового шлама на глиняно-полимерной основе и углеводной основе следует отметить, что степень осушки шлама выше на глиняно-полимерной основе и составляет почти 82 % в противовес почти 56 %. Это объясняется химическими и физическими свойствами глиняно-полимерной основы шлама, а также водоотдачу. Показана результативность разделения буровых шламов, полученных при бурении скважин с применением различных основ для буровых растворов, на центрифуге, и осушения осадка в осушителе ОВШ-950. На основании проведенных исследований по определению эффективности работы осушителя вертикального ОВШ-950 установлено, что оборудование обеспечивает степень осушения бурового шлама в зависимости от типа бурового раствора, используемого на уровне от 51 % до 81 % для ІЕР Witer II и глиняно-полимерной основы соответственно.

Ключевые слова: буровые отходы, центрифугирования, осушитель вертикальный, отработанный буровой раствор, рецикллинг.

Ablicieva I. Yu., Plyatsuk L. D., Zinchenko V. Yu., Lutsenko S. V., Berezhna I. O., Yanchenko I. O. Efficiency evaluation of drilling sludge separation in the field of centrifugal forces action

Purpose. To determine the degree of efficiency of the dehumidifier vertical sludge DVS-950, which is accompanied by a solid phase with the properties necessary for use as a marketable product.

Research methods. Samples of drilling mud obtained during the drilling of wells at the Semirenkivsky gas condensate field, which is located in the Shishatsky district of Poltava region, were subject to research. To establish the patterns of sludge dewatering in DVS-950, drilling sludge of different genesis was used for analysis, i.e. formed as a result of drilling of different wells and at different depths. Humidity of drilling sludge samples was determined according to standard methods (DSTU B V.2.1-17: 2009 and DSTU ISO 11465-2001).

Scientific novelty. Scientifically substantiated regularities of the drilling sludge drying process in the DVS-950 dehumidifier have been established, which allows to intensify the process depending on the nature of the drilling mud used in the drilling process.

Practical value. Separation of drilling muds obtained during well drilling allows to reduce the amount of drilling waste generated and reduce the cost of drilling mud, due to the reuse of the liquid phase.

Results. Based on the results of the degree of drying of drilling mud based on clay-polymer basis and hydrocarbon-based, it should be noted that the degree of drying of sludge is higher on clay-polymer basis and is almost 82% as opposed to almost 56%. This is due to the chemical and physical properties of the clay-polymer base of the sludge, as well as water yield. The efficiency of separation of drilling muds obtained during drilling of wells using different bases for drilling fluids, on a centrifuge, and drying of sludge in the DVS-950 dehumidifier is shown. Based on the research to determine the efficiency of the vertical DVS-950 dehumidifier, it was found that the equipment provides the degree of drying of drilling mud depending on the type of drilling mud used, from 51% to 81% for IEP Witer II and clay-polymer base, respectively.

Key words: drilling waste, centrifugation, vertical dehumidifier, spent drilling mud, recycling.

УДК 622.02 : 552.513.1

Власов С.Ф., Тимченко С.Є., Молдаванов Є.В. Результати аналізу фізико-механічних властивостей пісковиків, що залягають у покрівлі розроблюваних вугільних пластів в умовах шахт Західного Донбасу

Мета. Виконати статистичний аналіз фізико-механічних властивостей пісковиків (щільності, пористості, межі міцності на стиск, тріщинуватості та водопритливу), як окремої літологічної підсистеми, на підставі комплексу зібраних даних геологічного прогнозу шахт Західного Донбасу і встановити закономірності розподілу випадкових величин.

Методи дослідження. У роботі використано статистичний метод дослідження геологічних даних технічної документації, який спрямовано на збір первинного статистичного матеріалу, обробку, систематизацію та групування, від характеристик окремих елементів до узагальнюючих показників у формі абсолютних, відносних або середніх величин упорядкування, обробки й інтерпретації даних.

Наукова новизна. В результаті проведення статистичного аналізу вперше встановлено закономірності розподілу випадкових величин. А саме, зміна випадкових величин щільності пісковиків, а також водопритливу з них відповідають експоненційному розподілу. Зміна випадкових величин пористості, межі міцності пісковиків на одновісний стиск, а також їх тріщинуватість, мають характер розподілу Пуассона. Всі зміни випадкових величин описано рівняннями. Встановлені закономірності дозволять підвищити точність результатів моделювання при обґрунтуванні технологічних параметрів покрівельного переміщення очисного вибою вздовж виїмкового стовпа.

Практичне значення. Аналіз фізико-механічних властивостей дозволить значно скоротити обсяг розрахунків у моделюванні геомеханічних процесів, підвищити надійність розрахунків, шляхом ймовірно-статистичних уявлень про природу та механізм посадки основної покрівлі. Цей аналіз у подальшому дозволить виконати моделювання покрівельного переміщення очисного вибою у просторовій геомеханічній моделі виїмкової ділянки з урахуванням мінливої наявності пісковика у покрівлі, задля прогнозу його впливу на технологію очисного виїмання, та підвищити ефективність видобутку кам'яного вугілля на шахтах Західного Донбасу.

Результати. Наведено результати статистичного аналізу щільності, пористості, межі міцності на одновісний стиск, тріщинуватості та водопритливу пісковиків. На підставі виконання статистичних аналізів, встановлено закономірності розподілу випадкових величин.

Ключові слова. Водопритливість, межа міцності, пісковики, пористість, тріщинуватість, фізико-механічні властивості, щільність.

Власов С.Ф., Тимченко С.Е., Молдаванов Е.В. Результаты анализа физико-механических свойств песчаников, которые залегают в кровле разрабатываемых угольных пластов в условиях шахт Западного Донбасса

Цель. Выполнить статистический анализ физико-механических свойств песчаников, (плотности, пористости, пределов прочности на сжатие, трещиноватости, а также водопритока), как отдельной литологической подсистемы на основании комплекса собранных данных геологического прогноза шахт Западного Донбасса и установить закономерности распределения случайных величин.

Методы исследования. В работе использован статистический метод исследования геологических данных технической документации, который направлен на сбор первичного статистического материала, обработку, систематизацию и группирование, от характеристик отдельных элементов до обобщающих показателей в форме абсолютных, относительных или средних величин упорядочения, обработки и интерпретации данных.

Научная новизна. В результате проведения статистического анализа впервые установлены закономерности распределения случайных величин. А именно, изменение случайных величин плотности песчаников, а также водоприток из них имеют соответствующее экспоненциальному распределению. Изменение случайных величин пористости, предела прочности песчаников на одноосное сжатие, а также их трещиноватость, имеют характер распределения Пуассона. Все изменения случайных величин описаны уравнениями. Полученные закономерности позволят повысить точность результатов моделирования при обосновании технологических параметров пошагового перемещения очистного забоя вдоль выемочного столба.

Практическое значение. Анализ физико-механических свойств позволит значительно сократить объем расчетов в моделировании геомеханических процессов, повысить надежность расчетов путем вероятностно-статистических представлений о природе, а также механизме посадки основной кровли. Анализ в дальнейшем позволит выполнить моделирование пошагового перемещения очистного забоя в пространственной геомеханической модели выемочного участка с учетом наличия песчаников в кровле, с целью прогноза его влияния на технологию очистной выемки, и повысить эффективность добычи угля на шахтах Западного Донбасса.

Результаты. Представлены результаты статистического анализа плотности, пористости, предела прочности на одноосное сжатие, трещиноватости, а также водопритока песчаников. На основании выполнения статистических анализов установлены закономерности распределения случайных величин.

Ключевые слова. Водоприток, предел прочности, песчаники, пористость, трещиноватость, физико-механические свойства, плотность.

Vlasov S.F., Tymchenko S.Ye, Moldavanov Ye.V. Results of analysis of physical and mechanical properties of sandstone laying in the roof of developing coal layers in the conditions of mine Western Donbas

Purpose. Perform statistical analysis of physical and mechanical properties of sandstones (density, porosity, compressive strength, cracking and inflow) as a separate lithological subsystem on the basis of a set of collected data of geological forecast of mines of Western Donbass and establish patterns of distribution of random variables.

Research methods. The statistical method of research of geological data of technical documentation is used in the work, which is aimed at collecting primary statistical material, processing, systematization and grouping, from characteristics of individual elements to generalizing indicators in the form of absolute, relative or average values of ordering, processing and interpretation of data.

Scientific novelty. As a result of statistical analysis for the first time established patterns of distribution of random variables. Namely, the change in random values of sandstone density, as well as water inflow from them correspond to the exponential distribution. The change in the random values of porosity, the yield strength of sandstones for uniaxial compression, as well as their fracture, have the character of a Poisson distribution. All changes in random variables are described by equations. The established regularities will allow to increase the accuracy of modeling results at substantiation of technological parameters of step-by-step movement of clearing face along the excavation column.

Practical value. The analysis of physical and mechanical properties will significantly reduce the amount of calculations in the modeling of geomechanical processes, increase the reliability of calculations by probabilistic and statistical representations of the nature and mechanism of planting the main roof. This analysis will further simulate the stepwise movement of the face in the spatial geomechanical model of the excavation site, taking into account the changing presence of sandstone in the roof, to predict its impact on the technology of treatment, and increase the efficiency of coal mining in Western Donbass.

Results. The results of statistical analysis of density, porosity, ultimate compressive strength, fracture and inflow of sandstones are presented. Based on the performance of statistical analyzes, the regularities of the distribution of random variables are established.

Key words. Water inflow, ultimate strength, sandstones, porosity, fracturing, physical and mechanical properties, density.

УДК 004.896:681.3:621.311

Котов І.А. Оцінка економічного ефекту як відверненого збитку від аварії в енергосистемі при впровадженні інтелектуальних засобів підтримки прийняття рішень

Мета. Виклад результатів оцінки економічної ефективності системи підтримки прийняття рішень (СППР) в аварійних режимах експлуатації об'єкта управління. Розроблені метрики оцінки якості СППР і проведена оцінка якості програмного забезпечення розробленої системи підтримки прийняття рішень. Проведена кількісна оцінка економічного ефекту підвищення надійності оперативного диспетчерського персоналу (ОДП) від використання СППР при ліквідації аварійного порушення режиму електроенергетичної системи (ЕЕС).

Методи дослідження полягають в об'єднанні математичної моделі електричної мережі, моделі функціонування програмної системи підтримки рішень і моделі міжгалузевого балансу виробництва. Сформована оцінка величини збитку від перерв електропостачання і відхилень показників якості електроенергії. У роботі використані методи теорії множин, математичної логіки, теорії автоматів, електроенергетичних систем, теорії графів, математичної статистики.

Наукова новизна полягає в новій моделі розрахунку економічного ефекту від застосування інтелектуальної системи в аварійних режимах. Економічний ефект від впровадження СППР досягається за рахунок автоматизації діяльності диспетчера по оцінці станів енергосистеми. Застосування СППР забезпечує приріст гранично допустимого часу безперервної роботи ОДП при надійній ліквідації аварії. Доведено економічну доцільність впровадження та експлуатації СППР в середовищі діючої автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) в нормальних і аварійних режимах роботи ЕЕС.

Практична значимість роботи полягає в удосконаленні методів розрахунку економічного ефекту від впровадження системи підтримки прийняття рішень в нормальних і аварійних режимах. За результатами порівняльного аналізу метрик оцінки якості СППР, розроблена на основі еволюції інкорпорації професійних онтологій, показала ряд переваг перед аналогами по визначальним критеріям. Оцінка економічної ефективності проведена для двох режимів експлуатації СППР – нормальних і аварійних.

Результати. Практичні показники економічної доцільності впровадження та експлуатації СППР в середовищі діючої АСДУ в нормальних і аварійних режимах роботи ЕЕС. Впровадження та експлуатація СППР в нормальному режимі роботи енергосистеми дозволяє знизити трудові і вартісні витрати, домогтися абсолютного скорочення вартісних витрат, скоротити час виконання типових операцій і підняти продуктивність праці

Ключові слова: аварійний стан, збиток, енергосистема, регулюючий ефект, база знань, автоматизація

Котов И.А. Оценка экономического эффекта как предотвращенного ущерба от аварии в энергосистеме при внедрении интеллектуальных средств поддержки принятия решений

Целью статьи является изложение результатов оценки экономической эффективности системы поддержки принятия решений (СППР) в аварийных режимах эксплуатации объекта управления. Разработаны метрики оценки качества СППР и проведена оценка качества программного обеспечения разработанной системы поддержки принятия решений. Проведена количественная оценка экономического эффекта повышения надежности оперативно-диспетчерского персонала (ОДП) от использования СППР при ликвидации аварийного нарушения режима электроэнергетической системы (ЭЭС).

Методы исследования заключаются в объединении математической модели электрической сети, модели функционирования программной системы поддержки решений и модели межотраслевого баланса производства. Сформирована оценка величины ущерба от перерывов электроснабжения и отклонений показателей качества электроэнергетики.

В работе использованы методы теории множеств, математической логики, теории автоматов, электроэнергетических систем, теории графов, математической статистики.

Научная новизна заключается в новой модели расчета экономического эффекта от применения интеллектуальной системы в аварийных режимах. Экономический эффект от внедрения СППР достигается за счет автоматизации деятельности диспетчера по оценке состояния энергосистемы. Применение СППР обеспечивает прирост предельно допустимого времени непрерывной работы ОДП при надежной ликвидации аварии. Доказана экономическая целесообразность внедрения и эксплуатации СППР в среде действующей автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) в нормальных и аварийных режимах работы ЭЭС.

Практическая значимость работы заключается в совершенствовании методов расчета экономического эффекта от внедрения системы поддержки принятия решений в нормальных и аварийных режимах. По результатам сравнительного анализа метрик оценки качества СППР, разработанная на основе эволюции инкорпорации профессиональных онтологий, показала ряд преимуществ перед аналогами по определяющим критериям. Оценка экономической эффективности проведена для двух режимов эксплуатации СППР – нормальных и аварийных.

Результаты. Практические показатели экономической целесообразности внедрения и эксплуатации СППР в среде действующей АСДУ в нормальных и аварийных режимах работы ЭЭС. Внедрение и эксплуатация СППР в нормальном режиме работы энергосистемы позволяет снизить трудовые и стоимостные затраты, добиться абсолютного сокращения стоимостных затрат, сократить время выполнения типовых операций и поднять производительность труда.

Ключевые слова: аварийное состояние, ущерб, энергосистема, регулирующий эффект, база знаний, автоматизация

Котов І.А. Assessment of economic effect as prevented damage from accident in the power system when implementing intelligent decision supporting tools

Purpose. To present the results of assessing the economic efficiency of the decision support system (DSS) in emergency modes of operation of the control object. Metrics for assessing the quality of the DSS were developed and the quality of the software of the developed decision support system was assessed. A quantitative assessment of the economic effect of increasing the reliability of the operational dispatching personnel (ODP) from the use of the DSS in the elimination of an emergency violation of the regime of the electric power system (EPS) has been carried out.

Research methods consist in combining the mathematical model of the electrical network, the model of the functioning of the software decision support system and the model of the input-output balance of production. An assessment of the magnitude of damage from power supply interruptions and deviations of power quality indicators has been formed. Methods of set theory, mathematical logic, automata theory, electric power systems, graph theory, mathematical statistics are used in the work.

Scientific novelty lies in a new model for calculating the economic effect from the use of an intelligent system in emergency modes. The economic effect of the implementation of the DSS is achieved through the automation of the dispatcher's activities to assess the state of the power system. The use of the DSS provides an increase in the maximum permissible time of continuous operation of the ODC with reliable elimination of the accident. The economic feasibility of the implementation and operation of the DSS in the environment of the operating automated dispatch control system (ASDU) in normal and emergency modes of the EPS has been proved.

Practical significance of the work lies in improving the methods for calculating the economic effect from the introduction of a decision support system in normal and emergency modes. Based on the results of a comparative analysis of the quality assessment metrics, the DSS, developed on the basis of the evolution of the incorporation of professional ontologies, showed a number of advantages over analogues in terms of defining criteria. The economic efficiency was assessed for two modes of DSS operation - normal and emergency.

Results of the work are practical indicators of the economic feasibility of introducing and operating a DSS in the environment of an operating automated control system in normal and emergency modes of operation of the EPS. The implementation and operation of the DSS in the normal operating mode of the power system makes it possible to reduce labor and cost costs, achieve an absolute reduction in cost costs, reduce the time for performing typical operations and increase labor productivity.

Key words: emergency state, damage, power system, regulatory effect, knowledge base, automation

УДК 37.091.31

Шимко В.А. Інклюзія в освітньому просторі закладів вищої освіти Криворіжжя: архітектурно-планувальний аспект

Мета. Метою даної роботи є показати необхідність кардинального оновлення об'ємно-просторової та архітектурно-планувальної організації архітектурного середовища закладів вищої освіти з урахуванням інклюзивності освітнього простору, поставити завдання і методи дослідження.

Методи дослідження. Для досягнення сформульованої мети застосовано теоретичні методи: аналіз та узагальнення наукової літератури та робіт з тематики, законодавчої та нормативної бази у сфері інклюзивної освіти в Україні.

Наукова новизна. Проблема, що піднімається в роботі, обґрунтована невідповідністю і суперечностями між положеннями законодавчих актів і нормативів щодо забезпечення рівного доступу до якісної вищої освіти всім громадянам та архітектурно-планувальними рішеннями існуючих будівель закладів вищої освіти. Саме у розв'язанні цієї задачі, у визначенні першочергових шляхів та завдань по реальному впровадженні інклюзії у закладах вищої освіти й полягає наукова новизна даної роботи.

Практична значимість. Практична реалізація створення реального безбар'єрного освітнього простору для осіб з інвалідністю у закладах вищої освіти є однією із першочергових вимог у зв'язку з ратифікацією нашою країною Конвенції ООН про права людей з інвалідністю та Угоди про Асоціацію з ЄС. В той же час розміщення більшості закладів вищої освіти у будівлях та спорудах старої забудови зі старими плануваннями значно ускладнює практичне вирішення проблеми; потребує ретельного вивчення та аналізу існуючих схем з метою оптимального вибору напрямків модернізації чи реконструкції з урахуванням передусім фізичної інклюзії.

Результати. Очікувані результати створення інклюзії освітнього простору в системі вищої освіти на регіональному рівні дадуть змогу удосконалити державну систему захисту прав молоді з інвалідністю, забезпечити в першу чергу фізичну доступність до здобуття вищої освіти, забезпечити розвиток ефективного та доброзичливого освітнього середовища, спрямованого на розвиток особистості, розумових і фізичних здібностей. Це потребує консолідованих зусиль з боку керівництва закладів вищої освіти, фахівців-проектувальників, громадських організацій, місцевих органів самоврядування, що врешті решт буде сприяти вирішенню порушеної проблеми в найближчій перспективі.

Ключові слова: інклюзія, інклюзивна освіта, освітній простір, архітектурно-планувальні рішення, фізична доступність.

Шимко В.А. Инклюзия в образовательном пространстве учреждений высшего образования Криворожья: архитектурно-планировочный аспект

Цель. Целью данной работы является показать необходимость кардинального обновления объемно-пространственной и архитектурно-планировочной организации архитектурной среды учреждений высшего образования с учетом инклюзивности образовательного пространства, поставить задачи и методы исследования.

Методы исследования. Для достижения сформулированной цели применены теоретические методы: анализ и обобщение научной литературы и работ по тематике, законодательной и нормативной базы в сфере инклюзивного образования в Украине.

Научная новизна. Проблема, затронутая в работе, обоснована несоответствием и противоречиями между положениями законодательных актов и нормативов по обеспечению равного доступа к качественному высшему образованию всем гражданам и архитектурно-планировочными решениями существующих зданий высших учебных заведений. Именно в решении этой задачи, в определении первоочередных путей и задач по реальному внедрению инклюзии в учреждениях высшего образования и заключается научная новизна данной работы.

Практическая значимость. Практическая реализация создания реального безбарьерного образовательного пространства для лиц с инвалидностью в учреждениях высшего образования является одним из первоочередных требований в связи с ратификацией нашей страной Конвенции ООН о правах людей с инвалидностью и Соглашения об Ассоциации с ЕС. В то же время размещение большинства вузов в зданиях и сооружениях старой застройки со старыми планировками значительно усложняет практическое решение проблемы; требует тщательного изучения и анализа существующих схем с целью оптимального выбора направлений модернизации или реконструкции с учетом прежде всего физической инклюзии.

Результаты. Ожидаемые результаты создания инклюзии образовательного пространства в системе высшего образования на региональном уровне позволят усовершенствовать государственную систему защиты прав молодежи с инвалидностью, обеспечить в первую очередь физическую доступность к получению высшего образования, обеспечить развитие эффективной и доброжелательной образовательной среды, направленной на развитие личности, умственных и физических способностей. Это требует консолидированных усилий со стороны руководства учреждений высшего образования, специалистов-проектировщиков, общественных организаций, местных органов самоуправления, что в конечном итоге будет способствовать решению затронутой проблемы в ближайшей перспективе.

Ключевые слова: инклюзия, инклюзивное образование, образовательное пространство, архитектурно-планировочные решения, физическая доступность.

Shymko V.A. Inclusion in the educational space of universities in Kryvyi Rih region: architecturally-planning aspect

Purpose. To show the need for a radical update to the volumetric-spatial and architectural-planning organization of the architectural environment of higher education institutions, given the inclusion of educational space, set objectives and study methods.

Research methods. To achieve the goals of the applied theoretical methods: analysis and generalization of scientific literature and works on the subject, the legislative and regulatory framework in the field of inclusive education in Ukraine.

Scientific novelty. The solution to this problem is the relevance of the work. The relevance of the topic is also justified by the inconsistency and contradictions between legislative acts and regulations to ensure equal access to quality higher education for all citizens and architectural-planning solutions of existing buildings of higher educational institutions, which today in most cases limit the availability of people with special needs.

Practical value. The practical implementation of creating a real barrier-free educational space for persons with disabilities in institutions of higher education is a priority requirement in connection with the ratification of the UN Convention on the rights of persons with disabilities and Association Agreement with the EU. At the same time, the location of most universities in the buildings and structures of old buildings from the old layout much more difficult a practical solution of problems; requires careful study and analysis of existing schemes for the optimal choice of directions of modernization or reconstruction due primarily to physical inclusion.

Results. The expected results of creation of inclusion of the educational space in the higher education system at the regional level will improve the state system of protection of the rights of youth with disabilities, to provide accessibility to higher education, to ensure the development of effective and friendly educational environment aimed at the development of personality, mental and physical abilities. It requires consolidated efforts from the management of higher education institutions, specialists, planners, public organizations, local authorities, which ultimately will contribute to solving the problems raised in the short term.

Key words: inclusion, inclusive education, educational space, architecturally-planning solutions, physical accessibility.

УДК 691.3

Сахо С.І., Люльченко С.В., Янова Л.А., Пищикова О.В. Аналіз нелінійних деформацій залізобетонних балок методом скінчених елементів

Мета. Виявлення математичної моделі нелінійної поведінки бетону, що в найбільшій мірі відтворює поведінку лабораторних зразків залізобетонних балок при руйнуванні.

Методи досліджень. Дослідження є порівнянням результатів експериментальної частини, що проводилась в лабораторії Криворізького національного університету та результатів математичного моделювання руйнування залізобетону. Математичне моделювання деформацій та руйнування залізобетонних балок виконувалося в програмній системі ANSYS Student. Для виявлення найбільш близької до реальних результатів моделі руйнування бетону, параметри поведінки залізобетонних балок розраховувалися із застосуванням трьох математичних моделей.

Наукова новизна. В результаті досліджень отримав подальший розвиток метод математичного моделювання нелінійного руйнування залізобетону. Виявлені закономірності розподілення еластичних та пластичних деформацій в залізобетонних балках. Отримано дослідницький матеріал для корегування особливих параметрів моделей Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема.

Практичне значення. Той факт, що математичні моделі Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема досить точно відтворюють поведінку реального залізобетону дозволяє застосовувати дані моделі для розрахунків та досліджень складних залізобетонних конструкцій.

Результати. Виявлено та проаналізовано залежності розподілення напружень та деформацій від навантажень для нелінійних моделей руйнування бетону Друккера — Прагера та Менетрея — Вілема. Проведено порівняння отриманих результатів з результатами лабораторних випробувань. Показано, що обидві нелінійні моделі досить точно описують процес деформацій та руйнування залізобетонних балок, при цьому модель Менетрея — Вілема моделює більш жорстку та крихку поведінку залізобетону. Деформації моделі Менетрея — Вілема нижчі ніж в моделі Друккера — Прагера. Для досягнення максимальної збіжності в поведінці реального залізобетону та його математичних моделей необхідні попередні випробування відповідних зразків бетону. Лінійна модель бетону може бути використана тільки в межах пружної поведінки бетону.

Ключові слова: залізобетон, метод скінчених елементів, деформації, міцність, руйнування бетону, модель Менетрея — Вілема, модель Друккера — Прагера.

Сахно С.И., Е Люльченко.В., Янова Л.А., Пищикова А.В. Анализ нелинейных деформаций железобетонных балок методом конечных элементов

Цель. Выявление математической модели нелинейного поведения бетона, в наибольшей степени воспроизводящего поведение лабораторных образцов железобетонных балок при разрушении.

Методы исследований. Исследование является сравнением результатов экспериментальной части, которая проводилась в лаборатории Криворожского национального университета и результатов математического моделирования разрушения железобетона. Математическое моделирование деформаций и разрушения железобетонных балок выполнялось в программной системе ANSYS Student. Для выявления наиболее близкой к реальным результатам модели разрушения бетона, параметры поведения железобетонных балок рассчитывались с применением трех математических моделей.

Научная новизна. В результате исследований получил дальнейшее развитие метод математического моделирования нелинейного разрушения железобетона. Выявлены закономерности распределения эластичных и пластических деформаций в железобетонных балках. Получен исследовательский материал для корректировки особых параметров моделей Друккера — Прагера и Менетрея — Вилема.

Практическое значение. Тот факт, что математические модели Друккера — Прагера и Менетрея — Вилема достаточно точно воспроизводят поведение реального железобетона, позволяет применять данные модели для расчетов и исследований сложных железобетонных конструкций.

Результаты. Выявлены и проанализированы зависимости распределения напряжений и деформаций от нагрузок для нелинейных моделей разрушения бетона Друккера — Прагера и Менетрея — Вилема. Проведено сравнение полученных результатов с результатами лабораторных испытаний. Показано, что обе нелинейные модели достаточно точно описывают процесс деформаций и разрушения железобетонных балок, при этом модель Менетрея - Вилема моделирует более жесткое и хрупкое поведение железобетона. Деформации модели Менетрея — Вилема ниже, чем в модели Друккера — Прагера. Для достижения максимальной сходимости поведения реального железобетона и его математических моделей необходимы предварительные испытания соответствующих образцов бетона. Линейная модель бетона может быть использована только в пределах упругого поведения бетона.

Ключевые слова: железобетон, метод конечных элементов, деформации, прочность, разрушение бетона, модель Менетрея — Вилема, модель Друккера — Прагера.

Sakhno S.S., Lyulchenko Ye.V., Yanova L.A., Pishchikova O.V. Analysis of nonlinear deformations of reinforced concrete beams using the finite element method

Purpose. Identification of a mathematical model of the nonlinear behavior of concrete reproducing the behavior of laboratory samples of reinforced concrete beams during destruction.

Research methods. The study is a comparison of the results of the experimental part, which carried out in the laboratory of Kryvyi Rih National University and the results of mathematical modeling of the destruction of reinforced concrete. Numerical modeling of deformation and fracture of reinforced concrete beams performed in the ANSYS Student software system. To identify the model of concrete destruction closest to the real results, the parameters of the behavior of reinforced concrete beams were calculated using three mathematical models.

Scientific novelty. Because of research, the method of mathematical modeling of nonlinear destruction of reinforced concrete further developed. The regularities of the distribution of elastic and plastic deformations in reinforced concrete beams revealed. Research material obtained to adjust the special parameters of the Drucker – Prager and Menetrey — Willam models.

Practical value. The fact that the mathematical models of Drucker – Prager and Menetrey — Willam accurately reproduces the behavior of real reinforced concrete allows us to use these models for calculations and studies using reinforced concrete structures.

Results. The dependences of the distribution of stresses and strains on loads for nonlinear models of Drucker — Prager and Menetrey — Willam concrete fracture are revealed and analyzed. The results obtained compared with the results of laborato-

ry tests. It showed that both nonlinear models accurately describe the process of deformation and fracture of reinforced concrete beams. In contrast, the Menetrey — Willam model simulates the more rigid and brittle behavior of reinforced concrete. Strains of the Menetrey — Willam model is lower than in the Drucker — Prager model. To achieve maximum convergence of the behavior of real reinforced concrete and its mathematical models, preliminary tests of the corresponding concrete samples are necessary. A linear concrete model can be used only within the elastic behavior of concrete.

Key words: reinforced concrete, finite element method, deformation, strength, concrete failure, Menetrey — Willam model, Drucker — Prager model.

УДК 681.54: 658.562.3

Рубан С. А., Маринич І. А., Федоров М. Є. Адаптивне керування процесами підготовки шихти для виготовлення залізорудних котунів на базі методів теорії гіперстійкості

Мета. Метою даної статті є розробка та апробація методики формування адаптивного керування комплексом механізмів дозування та транспортування шихти на базі теорії гіперстійкості, що дозволить забезпечити високі якісні характеристики процесу регулювання в умовах змінення транспортного запізнення об'єкту керування.

Методи дослідження. Методи теорії автоматичного керування, зокрема теорії адаптивного керування на базі теорії гіперчутливості (для розробки структури системи керування та алгоритмів її функціонування), теорії ідентифікації систем (для вибору і обґрунтування структури математичної моделі об'єкту керування), методи імітаційного моделювання (для тестування розробленої системи на ЕОМ).

Наукова новизна. Отримав подальший розвиток метод адаптивного керування процесами транспортування та дозування компонентів шихти шляхом формування адаптивного керування на базі теорії гіперчутливості, що забезпечує інваріантність системи до дії збурень, пов'язаних зі змінами транспортного запізнення об'єкту керування внаслідок змін режимів роботи тракту шихтопідготовки та якості вхідної сировини.

Практична значимість. Розроблені моделі та алгоритми функціонування системи адаптивного керування продуктивністю групового живильника концентрату на базі методів теорії гіперстійкості є основою для подальшого дослідження адаптивної системи узгодженого керування комплексом механізмів дозування та транспортування шихти і можуть бути використанні при проектуванні нових та модернізації існуючих систем автоматизації процесу виготовлення сирих котунів для вирішення завдання забезпечення сталості вмісту матеріалів (концентрат, вапно, бентоніт) у шихті, а також підтриманні заданої вологості.

Результати. Для забезпечення підвищення ефективності процесу дозування шихтових матеріалів при виготовленні залізорудних котунів запропоновано використовувати для формування узгодженого адаптивного керування комплексом механізмів тракту транспортування та дозування шихти підхід на базі теорії гіперстійкості, що забезпечує високу якість процесу регулювання та адаптацію до змін транспортного запізнення об'єкту керування. Виконано комп'ютерне моделювання системи керування продуктивністю групового живильника концентрату фабрики огрудкування на базі методів теорії гіперстійкості. Аналіз результатів моделювання запропонованої системи показує, що застосування методу формування адаптивного керування на базі теорії гіперстійкості забезпечує зменшення часу перехідного процесу з 60 с до 40 с у порівнянні з системою на базі типового ПІД-регулятора, одночасно із забезпеченням аперіодичного характеру перехідного процесу із перерегулюванням в межах 25 % та може бути рекомендовано до впровадження.

Ключові слова: автоматизація, адаптивне керування, дозування, груповий дозатор, фабрика огрудкування, шихта, котуни.

Рубан С. А., Маринич І. А., Федоров М. Е. Адаптивное управление процессами подготовки шихты для изготовления железорудных окатышей на основе методов теории гиперстойкости

Цель. Целью данной статьи является разработка и апробация методики формирования адаптивного управления комплексом механизмов дозирования и транспортировки шихты на основе теории гиперстойкости, что позволит обеспечить высокие качественные характеристики процесса регулирования в условиях изменения транспортного запаздывания объекта управления.

Методы исследования. Методы теории автоматического управления, в частности теории адаптивного управления на основе теории гиперчувствительности (для разработки структуры системы управления и алгоритмов её функционирования), теории идентификации систем (для выбора и обосновывания структуры математической модели объекта управления), методы имитационного моделирования (для тестирования разработанной системы на ЭВМ).

Научная новизна. Получил дальнейшее развитие метод адаптивного управления процессами транспортировки и дозирования компонентов шихты путём формирования адаптивного управления на основе теории гиперчувствительности, что обеспечивает инвариантность системы к возмущениям, связанным с изменениями транспортного запаздывания объекта в следствие смены режимов работы тракта шихтоподготовки и качества входного сырья.

Практическая значимость. Разработанные модели и алгоритмы функционирования системы адаптивного управления продуктивностью питателя концентрата на основе методов теории гиперстойкости является основной для дальнейшего исследования адаптивной системы согласованного управления комплексом механизмов дозирования и транспортировки шихты и могут быть использованы при проектировании новых и модернизации существующих систем автоматизации процесса изготовления сырых окатышей для решения задания обеспечения постоянности содержания материалов (концентрат, известь, бентонит) в шихте, и также поддержании заданой влажности

Результаты. Для обеспечения повышения эффективности процесса дозирования шихтовых материалов при изготовлении железорудных окатышей предложено использовать для формирования согласованного адаптивного управления комплексом механизмов тракта транспортировки и дозирования шихты подход на основе теории гиперстойкости, что обеспечивает высокое качество процесса регулирования и адаптацию к изменениям транспортного запаздывания объекта управления. Выполнено компьютерное моделирование системы управления производительностью группового питателя концентрата фабрики окомкования на базе методов теории гиперустойчивости. Анализ результатов моделирования предложенной системы показывает, что применение метода формирования адаптивного управления

на базе теорії гіперустойчивости забезпечує зменшення часу переходного процесу з 60 с до 40 с по порівнянню з системою на базі типового ПИД-регулятора, одночасно з забезпеченням аперіодичного характеру переходного процесу з перерегулюванням в межах 25%, і може бути рекомендовано к впровадженню.

Ключевые слова: автоматизация, адаптивное управление, дозирование, групповой дозатор, фабрика окомкования, шихта, окатыши.

Ruban S. A., Marynych I. A., Fedorov M. E. Adaptive control of the charge preparation processes for manufacturing iron ore pellets based on hyperstability theory method

Purpose. To develop and test forming methods for adaptive control of dosing and transportation charge mechanisms complex, based on hyperstability theory, which will provide high quality characteristics of the regulatory process in the context of the control object delay changing.

Research methods. Automatic control theory methods, in particular, the adaptive control theory based on the hypersensitivity theory (for the development of the control system structure and its functioning algorithms), the system identification theory (to select and justify the structure of the control object mathematical model), simulation modeling methods (to test the developed system by using computer).

Scientific novelty. Has been further developed adaptive control method of charge components transportation and batching by the formation of adaptive control based on the hypersensitivity theory which ensures the system invariance to the perturbations associated with changes in the control object transport delay due to changes in the work modes of the charge path and input quality.

Practical value. Developed models and adaptive control system functioning algorithms of group feeder concentrate productivity based on methods of hyper stability theory are as a basis for further study of adaptive coordinated control system of charge batching and transport mechanisms complex and can be used in designing new and modernization of existing pellets fabricating process automation systems for ensuring of the materials content consistency task (concentrate, lime, bentonite) in the charge, and also maintaining the defined humidity.

Results. In order to improve the efficiency of the charge materials batching process in the iron ore pellets manufacturing, it is proposed to use an approach based on the hyper-resistance theory, which ensures high quality of an adjustment and adaptation process due to changes in transport delay, for the creating coordinated adaptive control for charge transport and batching mechanisms complex. The computer modeling of the control system for the productivity of the group feeder of the concentrate of the pelletizing plant was carried out on the basis of the methods of the theory of hyperstability. Analysis of the simulation results of the proposed system shows that the application of the method of forming adaptive control based on the theory of hyperstability provides a decrease in the time of the transient process from 60 s to 40 s compared to a system based on a typical PID controller, while ensuring the aperiodic nature of the transient process with overshoot within 25 %, and can be recommended for implementation.

Key words: automatization, adaptive control, dozing, group feeder, pelletizing factory, charge, pellets.

УДК 622.7: 004.94

Савицький О.І., Тимошенко М.А., Грамм О. О. Вибір способу автоматизованого регулювання продуктивності процесу мелкого дроблення залізної руди зі змінними параметрами

Мета. Метою даної роботи є вибір способу регулювання продуктивності мелкої дробарки з метою удосконалення характеристик автоматизованого керування процесом дроблення в цілому та покращення показників роботи технологічного процесу. Складність, інерційність, нестационарність та динамічність технологічних процесів, що відбуваються на дробильній фабриці, наявність складних зв'язків між технологічними механізмами обумовлюють застосування сучасних інтелектуальних засобів автоматизованого керування і, відповідно, вибір найкращого типу регулювання.

Методи дослідження. Проведено аналіз необхідності застосування для керування процесами дроблення сучасних видів регулювання. Використано комп'ютерне моделювання для досягнення поставлених цілей.

Наукова новизна. Підтверджено можливість застосування сучасних регуляторів для автоматизованого керування технологічним процесом, а саме теоретично доведено цінність застосування нечітких та нейронних регуляторів (на базі штучного інтелекту) порівняно з класичними засобами керування.

Практична значимість. Обґрунтовано застосування нечіткого регулятора та регулятора, побудованого на нейронній мережі для керування процесом мелкого дроблення. Створено попередню спрощену модель об'єкту керування, що може бути модернізована і доповнена для створення системи керування технологічним процесом з урахуванням більшої кількості параметрів управління.

Результати. Розроблена модель дозволяє контролювати такий параметр перебігу дробильного процесу, як продуктивність дробарки. Враховувалися параметри технологічного процесу, що впливають на продуктивність дробарки та вплив параметрів кінцевого дробленого продукту на подальші процеси збагачувальної фабрики. Тобто, чим дрібніше буде помел залізної руди, тим якісніше буде проходити здрібнення руди млинами на збагачувальній фабриці, що в свою чергу якісно впливає на енергоефективність гірничо-збагачувального процесу в цілому. При створенні моделі враховувалися лише найголовніші параметри, які найлегше вимірювати та контролювати у реальних умовах, тому модель є спрощеною. Напрямок подальших досліджень є удосконалення моделі та перетворення її у повноцінну модель системи керування.

Ключові слова. Дроблення, автоматизація, моделювання, регулятор, fuzzy.

Савицкий А.И., Тимошенко М.А., Грамм А.А. Выбор способа автоматизированного регулирования производительности процесса мелкого дробления железной руды с изменяющимися параметрами

Цель. Целью данной работы является выбор способа регулирования производительности мелкой дробилки с целью усовершенствования характеристик автоматизированного управления процессом дробления в целом и улучшения показателей работы технологического процесса. Сложность, инерционность, нестационарность и динамичность технологических процессов, происходящих на дробильной фабрике, наличие сложных связей между технологиче-

скими механизмами обуславливают применение современных интеллектуальных средств автоматизированного управления и, соответственно, выбор наилучшего типа регулирования.

Методы исследования. Проведен анализ необходимости применения для управления процессами дробления современных видов регулирования. Использовано компьютерное моделирование для достижения поставленных целей.

Научная новизна. Подтверждена возможность применения современных регуляторов для автоматизированного управления технологическим процессом, а именно теоретически доказано ценность применения нечетких и нейронных регуляторов (на базе искусственного интеллекта) по сравнению с классическими средствами управления.

Практическая значимость. Обосновано применение нечеткого регулятора и регулятора, построенного на нейронной сети для управления процессом мелкого дробления. Создано предварительную упрощенную модель объекта управления, которая может быть модернизирована и дополнена для создания системы управления технологическим процессом с учетом большего количества параметров управления.

Результаты. Разработанная модель позволяет контролировать такой параметр течения дробильного процесса, как производительность дробилки. Учитывались параметры технологического процесса, влияющие на производительность дробилки и влияние параметров конечного дробленого продукта на последующие процессы обогатительной фабрики. То есть, чем мельче будет помол железной руды, тем качественнее будет проходить измельчение руды мельницами на обогатительной фабрике, что, в свою очередь, качественно влияет на энергоэффективность горно-обогатительного процесса в целом. При создании модели учитывались только главные параметры, которые легче измерять и контролировать в реальных условиях, поэтому модель является упрощенной. Направлением дальнейших исследований является совершенствование модели и превращение ее в полноценную модель системы управления.

Ключевые слова. Дробление, автоматизация, моделирование, регулятор, fuzzy.

Savytskyi O.I., Tymoshenko M.A., Hramm O. O. Selection of the method of automated regulation of iron ore fine crushing process productivity with variable parameters

Purpose. To choose a method of regulating the productivity of the fine crusher in order to improve the characteristics of automated control of the crushing process as a whole and improve the performance of the technological process. The complexity, inertia, non-stationarity and dynamism of technological processes occurring at the crushing plant, the presence of complex connections between technological mechanisms determine the use of modern intelligent means of automated control and, accordingly, the choice of the best type of regulation.

Research methods. An analysis of the need to use modern types of regulation to control the processes of fragmentation. Computer simulation is used to achieve the set goals.

Scientific novelty. The possibility of using modern regulators for automated process control has been confirmed, namely the value of using fuzzy and neural regulators (based on artificial intelligence) in comparison with classical control means has been theoretically proved.

Practical value. The use of a fuzzy controller and a controller built on a neural network to control the process of fine crushing is substantiated. A preliminary simplified model of the control object has been created, which can be upgraded and supplemented to create a process control system taking into account more control parameters.

Results. The developed model allows to control such parameter of a course of crushing process, as productivity of a crusher. The parameters of the technological process that affect the productivity of the crusher and the influence of the parameters of the final crushed product on the subsequent processes of the concentrator were taken into account. That is, the finer the grinding of iron ore, the better the grinding of ore by mills at the concentrator, which in turn qualitatively affects the energy efficiency of the mining and processing process as a whole. When creating the model, only the most important parameters were taken into account, which are the easiest to measure and control in real conditions, so the model is simplified. The direction of further research is to improve the model and turn it into a full-fledged model of the control system.

Key words. Crushing, automation, modelling, regulator, fuzzy.

УДК 681.518.3: 339.371

Завсєгдашня І.В., Рубан С.А., Пилипенко О.В., Завсєгдашня О.О., Филипова І.О. Інформаційна система управління товарними запасами для умов малого бізнесу у сфері e-commerce

Мета роботи полягає у розробці та обґрунтуванні концепції інформаційної системи для оптимізації обсягів запасів товарів на складах для умов підприємств малого бізнесу, які функціонують у сфері електронної комерції.

Методи дослідження: використовувався метод теоретичного аналізу науково-практичних розробок у напрямі управління товарними запасами (в тому числі для умов функціонування малих підприємств); системний аналіз використовувався для дослідження алгоритмів функціонування існуючих інформаційних систем та розробки структурно-логічної схеми даної системи; засоби моделювання були використані для розробки алгоритмів на базі моделі АВС-аналізу запасів.

Наукова новизна: полягає у тому, що запропоновані моделі та системи враховують умови функціонування малого бізнесу, а також враховують специфіку підприємств сфери електронної комерції.

Практична значимість. Робота вирішує актуальне питання автоматизації процесу пошуку ефективної стратегії управління товарними запасами малих підприємств, враховуючи специфіку організацій сфери електронної комерції. Ключова задача управління запасами полягає у розрахунку оптимального інтервалу між замовленнями, а також оптимальної партії товару, що за своєю сутністю є трудомістким завданням. Застосування спеціалізованої інформаційної систем управління запасами дозволить пришвидшити процес прийняття рішень та підвищити його ефективність за рахунок уникнення помилок, а також дозволить визначити перелік товарних груп, рекомендованих до продажу за системою дропшипінгу.

Результати. В результаті роботи було досліджено проблеми управління товарними запасами підприємств та визначено існуючі інформаційні підходи до їх вирішення; здійснено критичний аналіз існуючих інформаційних систем управління запасами торгових підприємств; алгоритмізовано процес управління товарними запасами в умовах малого підприємства із застосуванням математичного та фінансового інструментарію АВС-аналізу; розроблено інформа-

ційну систему, яка враховує специфіку діяльності малих підприємств. Розроблену інформаційну систему було впроваджено у діяльність реального малого підприємства «Еко Дім», яке здійснює діяльність у сфері online-торгівлі.

Ключові слова: інформаційна система, управління, оптимізація, товарні запаси, ABC-аналіз, дропшипінг.

Завсєгдашняя И.В., Рубан С.А., Пилипенко А.В., Завсєгдашняя О.А., Филипова И.А. Информационная система управления товарными запасами для условий малого бизнеса в сфере e-commerce

Цель работы заключается в разработке и обосновании концепции информационной системы для оптимизации объемов запасов товаров на складах, для условий предприятий малого бизнеса, которые работают в сфере электронной коммерции

Методы исследования: использовался метод теоретического анализа научно-практических разработок в направлении управления товарными запасами (в том числе для условий функционирования малых предприятий); системный анализ использовался для исследования алгоритмов функционирования существующих информационных систем и разработки структурно-логической схемы данной системы; средства моделирования были использованы для разработки алгоритмов на базе модели ABC-анализа запасов.

Научная новизна: заключается в том, что предложенные модели и информационная система учитывают условия функционирования малого бизнеса, а также учитывают специфику предприятий сферы электронной коммерции.

Практическая значимость. Работа решает актуальный вопрос автоматизации процесса поиска эффективной стратегии управления товарными запасами малых предприятий, учитывая специфику организаций сферы электронной коммерции. Ключевая задача управления запасами заключается в расчете оптимального интервала между заказами, а также оптимальной партии товара, что по своей сути является трудоемкой задачей. Применение специализированной информационной системы управления запасами позволит ускорить процесс принятия решений и повысить его эффективность за счет избегания ошибок, а также позволит определить перечень товарных групп, рекомендованных к продаже по системе дропшипинга.

Результаты. В результате работы были исследованы проблемы управления товарными запасами предприятий и определены существующие информационные подходы к их решению; осуществлен критический анализ существующих информационных систем управления запасами торговых предприятий; алгоритмизирован процесс управления товарными запасами в условиях малого предприятия с применением математического и финансового инструментария ABC-анализа; разработана информационная система, которая учитывает специфику деятельности малых предприятий. Разработанная информационная система была внедрена в деятельность реального малого предприятия «Эко Дом», которое осуществляет деятельность в сфере online-торговли.

Ключевые слова: информационная система, управление, оптимизация, товарные запасы, ABC-анализ, дропшипинг.

Zavsiehdashnia I.V., Ruban S.A., Pylypenko O.V., Zavsiehdashnia O.O., Fylypova I.O. Inventory management information system for entrepreneurship in e-commerce sector

Purpose. To develop and substantiate the concept of an information system for optimization the volume of stocks of goods in warehouses, for the conditions of small businesses that work in the field of e-commerce

Research methods: the method of theoretical analysis of scientific and practical researches in the direction of inventory management (including for the conditions of functioning of small enterprises) was applied; system analysis was applied to study algorithms for the functioning of existing information systems and development of the structural and logical scheme of this system; modeling tools were used to develop algorithms based on the ABC reserve analysis model.

Scientific novelty: is in the fact that the proposed models as well as information system take into account the conditions for the functioning of small businesses, and also take into account the specifics of e-commerce enterprises.

Practical value. The work solves the urgent issue of automating the process of finding an effective strategy for managing the inventory of small businesses, taking into account the specifics of organizations in the field of e-commerce. The key task of inventory management is to calculate the optimal interval between orders, as well as the optimal batch of goods, which in its essence is a laborious task. The use of a specialized information system for inventory management will speed up the decision-making process and increase its efficiency by avoiding mistakes, and will also allow you to determine the list of product groups recommended for sale through the dropshipping system.

Results. As a result of the work, the problems of managing the inventory of enterprises were investigated and the existing information approaches to their solution were identified; carried out a critical analysis of the existing information systems for inventory management of trade enterprises; the process of inventory management in a small enterprise has been algorithmized using mathematical and financial tools of ABC-analysis; an information system has been developed that takes into account the specifics of the activities of small businesses. The developed information system was introduced into the activities of a real small enterprise "Eko.House", which operates in the field of online trade.

Key words: information system, management, optimization, inventory, ABC analysis, dropshipping.

УДК 331.48

Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю. Елементи біологічної рекультивациі узбіч, як спосіб зменшення пилового навантаження на працівників

Мета: аналіз забруднення повітряного басейну пилом з автодоріг на гірничорудних підприємствах та визначення можливості проведення елементів біологічної рекультивациі їхніх узбіч. Визначення спеціальних заходів і засобів для підготовки до рекультивациі.

Методи дослідження: аналіз сучасних науково-технічних досягнень та практичних досліджень, проведених на базі підприємств ПАТ «АМКР» та ПАТ «Північний ГЗК», щодо питань доцільності і ефективності використання елементів біологічної рекультивациі для зменшення пилового навантаження на працівників хвостового господарства комбінату, працівників інших структурних підрозділів комбінату, навколишнє природне середовище, та мешканців прилеглих територій.

Наукова новизна: проаналізовано та описано дослідження елементів біологічної рекультиваци дiючих промислових об'єктiв, необхідні для вирішення проблеми винесення пилу за рахунок створення зелених насаджень на узбiччях автодорiг.

Практичне значення: отримані результати можуть бути використані для будь-якого промислового підприємства нашого регіону за рахунок відпрацьованого алгоритму нанесення, наприкладі мулових осадів, будь-якого сухого сипучого матеріалу на складні поверхні, що, можна розглядати як етап санітарної рекультиваци об'єкту. Висадження на узбiччях дiючих автодорiг рослинності, сприятиме зменшенню пилового і газового навантаження на працівників підприємств, мешканців прилеглих територій та сприятиме покращенню стану навколишнього природного середовища району. Також її використання покращить естетику ландшафту.

Результати: окреслено основні негативні наслідки експлуатаци автодорiг; визначено оптимальний варіант використання технології біологічної рекультиваци поверхонь; прописано хiд виконання практичної частини обробки узбiч дiючих автодорiг та формування на них потенційно родючого шару ґрунту.

Визначено та перераховано необхідну техніку для проведення робіт. Його основні специфікації та технічні характеристики. Наведені рекомендації були описані відповідними посиланнями на звіти, про промислові дослідження та фотографії. Описана технологія не вимагає придбання спеціального обладнання.

Ключові слова: пил, дорога, осад, мул, суміш, розчин, біологічна рекультивация

Домничев Н.В., Нестеренко О.В., Близнакова О.Ю. Элементы биологической рекультивации обочин, как способ снижения пылевой нагрузки на работников

Цель: анализ загрязнения воздушного бассейна пылью с автодорог на горнорудных предприятиях и определения возможности проведения элементов биологической рекультивации их обочин. Определение специальных мероприятий и средств для подготовки к рекультивации.

Методы исследования : анализ современных научно-технических достижений и практических исследований, проведенных на базе предприятий ОАО «АМКР» и ОАО «Северный ГОК», по вопросам целесообразности и эффективности использования элементов биологической рекультивации для уменьшения пылевой нагрузки на работников хвостового хозяйства комбината, работников других структурных подразделений комбината, окружающую природную среду, и жителей прилегающих территорий.

Научная новизна: проанализированы и описаны исследования элементов биологической рекультивации действующих промышленных объектов, необходимые для решения проблемы выноса пыли за счет создания зеленых насаждений на обочинах автодорог.

Практическое значение: полученные результаты могут быть использованы для любого промышленного предприятия нашего региона за счет отработанного алгоритма нанесения на примере иловых осадков, любого сухого сыпучего материала на сложные поверхности, можно рассматривать как этап санитарной рекультивации объекта.

Высадка на обочинах действующих автодорог растительности, будет способствовать уменьшению пылевого и газового нагрузки на работников предприятий, жителей близлежащих территорий и способствовать улучшению состояния окружающей среды района. Также ее использование улучшит эстетику ландшафта.

Результаты: Обозначены основные негативные последствия эксплуатации автодорог; определен оптимальный вариант использования технологии биологической рекультивации поверхностей; прописано ходе выполнения практической части обработки обочин действующих автодорог и формирования на них потенциально плодородного слоя почвы. Определено и перечислено необходимую технику для проведения работ. Ее основные спецификации и технические характеристики. Приведенные рекомендации были описаны соответствующими ссылками на отчеты о промышленных исследованиях и фотографиями. Описанная технология не требует приобретения специального оборудования.

Ключевые слова: пыль, дорога, осадок, ил, смесь, раствор, биологическая рекультивация.

Domnichen M.V., Nesterenko O.V., Blyznyukova O.Yu. Elements of biological recultivation roadsides as a way to reduce dust load on employees

Purpose. Analyzing of air pollution by dust from roads at mining enterprises and determination of the possibility of carrying out the elements of biological reclamation of the roadsides, identification of special measures and means to prepare for reclamation.

Research methods. Analysis of modern scientific and technical achievements and practical researching based on PJSC «АМКР» and PJSC «Northern GOK» in relation to the feasibility and effectiveness of using elements of biological reclamation for reducing dust load on the employees of the tailings plant, the employees of others structural subdivisions of the plant, the environment, and the inhabitants of the adjacent territories.

Scientific novelty. researching of the elements of biological reclamation of operating industrial objects. All these elements are necessary for the decision of a problem of removal of the dust by creation of green plantings on the roadsides.

Practical value. The obtained results can be used for any industrial enterprise of our region due to the developed application algorithm by illustrating of sludge sediments, any dry bulk material on difficult surfaces which can be considered as a stage of sanitary reclamation of the object.

Planting vegetation on the roadsides helps to reduce the dust and gas load on the employees of the enterprises, the residents of the surrounding areas and will improve the environment conditions of the area. Also, its use improves the aesthetics of the landscape.

Results. The main negative consequences of road operation are outlined; the optimal variant of using the technology of biological reclamation of surfaces is determined; the course of performance of a practical part of roadsides' processing and formation of a potentially fertile layer of soil on their surface is registered. The necessary equipment for carrying out works is defined and listed. Its main characteristics and specifications. The recommendations provided were described by appropriate references to industrial research reports and photographs. the described technology does not require the purchase of special equipment.

Key words: dust, road, sediment, sludge, mixture, solution, biological reclamation.

Гірничий вісник

Науково-технічний збірник

Випуск 108

Редактор, коректор
Комп'ютерний набір, верстка

Апанащенко С.І.
Підпригора Н.П.

Здано в набір 05.11.20 р. Підписано до друку 10.11.20 р. за рекомендацією Вченої Ради

Криворізького національного університету, протокол № 3 від 03.11.2020 р.

Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 8.14 Тираж 100 прим.

Замовл. № 19. Укр., рос., англ.

Надруковано:
ФОП Сінельников Дмитро Анатолійович
Державна реєстрація №2227000000063097
від 27.07.2016р
50050, м. Кривий Ріг, пр.Металургів, 30/49.
тел. (067) 777-17-33

Адреса видавництва: вул. Віталія Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027
Криворізький національний університет