

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ "Криворізький національний університет"

ГІРНИЧИЙ ВІСНИК

Науково-технічний збірник

Заснований у 1966 році

Випуск 101

Кривий Ріг 2016

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.; **Блізнюков В.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **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.; **Євтєхов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Ільяс Ніколає**, доктор-інженер, проф.; **Калініченко В.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Коробко В.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Комащенко В.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Лапшин О.Є.**, 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.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Швидкий М. І.**, 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 № 101 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою ДВНЗ «Криворізький національний університет» (протокол № 8 від 26.04.2016 р).

Адреса редакції: ДВНЗ «Криворізький національний університет»
вул. Пушкіна, 44, Кривий Ріг, 50002,
Тел. (056) 409 61 29
e-mail: editor@iomining.in.ua
web-сайт : <http://iomining.in.ua/ua/homeua>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
Гірничий вісник

Заснований у 1966 р.

Науково-технічний збірник

Випуск 101, 2016

Кривий Ріг

Зміст

Шапурін О.В., Гура В.В. Досвід короткосповільненого підривання частин свердловинних зарядів в умовах кар'єрів ПАТ «ПівнГЗК»	3
Ступник Н.И., Калининко В.А., Письменный С.В., Федько М.Б., Музыка И.О., Калининко Е.В. Обоснование параметров очистной камеры параболической формы при отработке железных руд в неустойчивых породах	7
Федоренко С.А., Жуков С.А., Навитний Ю.М., Ткаличенко С.В. Анализ технологического потенциала периодических колебаний производительности ЦПТ как резерва мультиструктурных грузопотоков	12
Близнюков В.Г., Луценко С.А., Баранов И.В. Определение перспективных контуров карьеров разрабатывающих крутопадающие железорудные месторождения	18
Філатов С.В., Гірін І.В., Жуков С.О., Гірін В.С. Максимізація відповідності зовнішніх та внутрішніх факторів руху великовантажних кар'єрних автосамоскидів як метод оптимізації їх роботи	24
Євдокименко М.Ф., Францев Є.В., Бондар М.В., Курінова М.К. Моніторинг та прогноз стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів у залізрудних кар'єрах Кривбасу	28
Бабець С.К., Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тіторенко К.Г. Інтелектуальна система ситуаційного управління енергоспоживанням дробарних фабрик	33
Цариковский В.В., Седунова Т.Т., Цариковский Вал.В. Влияние параметров систем разработки и порядков отработки запасов на интенсивность колебаний земной поверхности при отбойке магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе ПАО «ЦГОК»	37
Куліковська О.Є., Атаманенко Ю.Ю., Намінат О.С. Спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю	41
Долгих О.В., Долгих Л.В. Дослідження способів спостереження за деформаціями денної поверхні, підробленої гірничими роботами	46
Шолох М.В. Моделювання динамічних рядів прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині	49
Настич О.Б., Хоруженко І.В., Колюка Т.В. Аналіз основних причин руйнування покрівельного килиму будівлі цеху підготовки рухомого складу швидкісного трамваю	55
Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Богатинський А.В. Визначення оптимальної моделі поверхні осідання в задачах розрахунку плитних фундаментів на підроблювальних територіях	61
Рудь Ю.С., Белоножко В.Ю., Олейник С.Ю. Оценка механических характеристик горных пород на стадии проектирования горнодобывающего предприятия	65
Хруцкий А.А., Слатвинский М.М., Чумак Ю.И. Прогрессивные методы восстановления деталей горных машин	70
Моркун В. С., Тронь В. В., Паранюк Д. І. Идентификация нейро-нечетких структур для системы адаптивного управления процессом бурения с идентификатором модели объекта	76
Малашевський М.А., Мельник Л.В. Методика визначення наднормативних площ земельних ділянок промислових підприємств	80
Жуков С.О., Кальчук С.В., Шлапак В.О. Обґрунтування параметрів бурових робіт при видобуванні блочного облицювального каменю статичними методами	84
Швагер Н.Ю., Заїкіна Д.П. Аналіз професійної захворюваності на гірничовидобувних підприємствах Кривбасу	88
Мацуї А.М. Обґрунтування підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора	93
Пікільняк А.В. Шляхи підвищення ефективності роботи машинобудівного виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій	98
Вольфсон П.М. К вопросу о целесообразности применения системы поэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса	103
Антоненко І.І., Кучма А.І. Производство влагопрочной гофротары путем поверхностной обработки заготовок	107
Повзун О.І., Подкопаяєв С.В., Фролов О.В., Кононихін С.В., Глазунова М.А. Оптиміальне кам'яновугільне в'язуче, модифіковане відходами виробництва полістиролу для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг	111

<i>Голишев О.М., Голишев А.О., Михалків Д.В.</i> Аналіз впливу санітарно-гігієнічних вимог на конструктивні характеристики систем повітряного опалення в умовах різних типів будівель	118
<i>Вдовиченко І.Н.</i> Развитие схемы научной экспертизы	122
<i>Кіановський М.В., Дубровський С.С.</i> Дослідження якості системи ТОіР обладнання ГЗК	126
<i>Дрига В.В.</i> Исследование, разработка и промышленные испытания скважинного акустического глубиномера с применением алгоритма Герцеля	130
<i>Миколенко А. В.</i> Аналіз систем автоматичного керування гідроциклоном на збагачувальній фабриці	137
<i>Тиханський М.П., Пулинець А.О.</i> Управління тепловим процесом доменної печі на основі нечіткої логіки	141
<i>Савицкий А.И., Тимошенко М.А.</i> Нечеткое управление гидроциклоном при неопределенных параметрах	144
<i>Лобова К.В.</i> Модель керування термічною обробкою котунів на конвеєрній випалювальній машині за методом зворотного якобіана	148
<i>Нестеренко О.В., Швагер Н.Ю., Комиссаренко Т.А., Домничев Н.В., Нестеренко І.А.</i> Связывание частиц пыли мостиками жидкости при ее загущении	153
<i>Шаповалов В.А.</i> Оцінка виробничої безпеки та розробка проектно-технологічної документації при реконструкції будівель і споруд	158
<i>Гурин А.А., Деньгуб В.И., Деньгуб Т.В.</i> О подъеме пылегазового облака под метательным воздействием взрывчатых веществ	162
<i>Лашин О.С., Гацький А.К., Гацький І.А., Бондаренко Т.Г.</i> Запобіжне пересувне кріплення для попередження травмування працюючих в гірничих виробках	164
<i>Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О.</i> Методика оцінки деформативності складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами	169
<i>Булах О.В., Булах О.О.</i> Пошук рішень з підвищення ефективності збагачення окислених руд Кривбасу	174
<i>Доценко І.О.</i> Інформаційні технології навчання - методологія і технологія навчально-виховного процесу з використанням новітніх електронних засобів	178
<i>Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Чубенко В.</i> Дослідження ефективності суспензійної розливки рідкої сталі у ливарно-прокатні кліті для виготовлення тонких смуг	183
<i>Анотації</i>	188

**ДОСВІД КОРОТКОСПОВІЛЬНЕНОГО ПІДРИВАННЯ ЧАСТИН
СВЕРДЛОВИННИХ ЗАРЯДІВ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ ПАТ «ПІВНГЗК»**

Наведено результати експериментальних вибухів у Першотравневого та Ганнівського кар'єрах ПАТ «ПІВНГЗК», в яких застосовано розподілення свердловинних зарядів на дві частини і короткоуповільнене їх підривання одна відносно одної. Обґрунтовано конструктивні параметри свердловинних зарядів (верхнього і нижнього), забійки і інертного проміжку, таким чином, що весь 15 м уступ розподіляється на дві майже рівні частини. При цьому, забезпечується збереження цілісності газових пухирців у частині заряду, що підривається через сповільнення. Крім того, першочерговим вибухом верхнього заряду розвантажується нижня частина уступу від сил тяжіння, що створюються верхньою його частиною, чим покращується якість її подрібнення нижнім зарядом. Зроблено аналіз розповсюдження прямих і відбитих хвиль в тілі уступу після спрацювання верхньої частини заряду, яким обґрунтовано інтервал сповільнення між частинами видовженого заряду вибухової речовини, який охоплює терміни часу на проходження прямих хвиль до вільних поверхонь укосу і покрівлі уступу, відбитих хвиль до нижнього торця заряду, посування обох хвиль повз цей торець, а також, змінення розтягуючих напруг стискаючими. Лише по завершенню обумовленого процесу найдоцільніше підривати нижній заряд вибухової речовини. Наведено результати подрібнення гірських порід в експериментальних і контрольних дільницях вибухових блоків.

Ключові слова: експериментальні вибухи, свердловинні заряди, укос і покрівля, вибухові блоки.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Досвід виконання буровибухових робіт в кар'єрах Північного ГЗК свідчить, що у в'язких крупноблочних гірських породах переважна більшість негабаритних шматків утворюється в районі неактивної частини заряду - там де розміщується забивочний матеріал. Навпроти, в породах великої міцності, але хрупких, в районі забивки, за рахунок віддзеркалення від покрівлі уступу вибухової хвилі, якість вибухового подрібнення є задовільною, тоді як на рівні підосви уступу, де до існуючої міцності додаються стискаючі напруження від налягаючих зверху шарів порід, часто виникають проблеми із пропрацюванням по підосві уступу.

Таким чином, за різних умов виконання вибухових робіт, ми спостерігаємо нерівномірність подрібнення гірських порід по висоті уступу. Ця нерівномірність формує виробничі ситуації різного ступеню складності, які за умов врахування причин, що їх породжують, можуть бути усунені під час виконання проектних робіт. Найбільш доцільним, за таких умов, вважаємо метод короткоуповільненого підривання частин свердловинних зарядів.

Аналіз досліджень та постановка задачі. У літературі зустрічається твердження, що метод, представлений розосередженою конструкцією свердловинного заряду у поєднанні з багаторазовим різночасовим ініціюванням окремих частин заряду, є ефективним засобом керування енергією вибуху при руйнуванні гірських порід, який отримав розповсюдження і на кар'єрах Криворіжжя. Значні результати у дослідженні використання підривання із внутрішньо свердловинним сповільненням, у тому числі і на кар'єрах Кривбасу, були проведені проф. Е.І. Єфремовим, М.Ф. Друкованим та ін.

Основною характерною відзнакою, що відрізняє вибухові роботи сучасності від досвіду викладеного в роботі [7], є використання емульсійної вибухової речовини Емоніт-Н із газовими пухирцями в ній, що виконують роль сенсibilізаторів у зарядах вибухових речовин. Стосовно пропонованого способу із розподіленням заряду на частини і їх підриванням із сповільненнями, особливої уваги потребує розмір інертного проміжку, який забезпечуватиме цілісність газових пухирців у тій частині заряду, що підривається пізніше. На відміну від даних у роботі [7], в нашому випадку цей параметр, з урахуванням конкретних особливостей Першотравневого та Ганнівського родовищ, краще приймати в межах 3,5-4 м. Таке технічне рішення одночасно зменшує довжину забивки над верхньою частиною заряду до 3,7-4,2 м, що знову ж таки відрізняється від досвіду, наведеного в науковій праці [7].

Тому основним завданням дослідження, що описане в даній статті, було встановлення раціональних конструкцій свердловинних зарядів та сітки їх розташування, за яких забезпечувалося б вдосконалення способу ведення буровибухових робіт та підвищення якості вибухового подрібнення порід в умовах Першотравневого кар'єру ПАТ «ПІВНГЗК».

Викладення матеріалу та результати. Наведені параметри інертного проміжку і забивки формують в свердловинах на уступах висотою 14-17 м. При цьому два підступи, що мають майже однакову висоту, підриваються зі сповільненнями у часі. Забивка над верхнім зарядом та інертний проміжок між зарядами близькі за розмірами.

Задекларований спосіб короткоуповільненого підривання частин свердловинних зарядів одна відносно одної було використано саме з метою забезпечення рівномірності подрібнення гірських порід по всій висоті уступу на Першотравневому кар'єрі ПАТ «ПВНГЗК» на одній із частин експериментального блоку №78, розташованого на гор.+29/+17 м і підірваного 26.06.2014 р. На іншій (контрольній) ділянці вибухового блоку роботи виконували згідно паспорту ведення буровибухових робіт. У цій ділянці кар'єру було зареєстровано схильність до завищень по підшві уступу в межах 3,1-6,2 м. Навпроти, зі сторони фронтальної частини блоку і відкосу уступу, на рівні нижньої бровки спостерігались завищення по підшві в межах 1,0-2,0 м.

Блок складався кварцит-гематит-силікатними породами з міцністю за шкалою проф. Протод'яконова $f=12-14$. Водонасиченість свердловин південної частини блоку, в котру входив і експериментальний блок складала $h_b=1-3$ м. В середньому по північній частині блоку, висота стовпа води згідно даних маркшейдерського виміру досягала $h_b=5-9$ м. Загальна кількість свердловин на блоці складала 440 шт, серед яких кількість свердловин експериментального блоку складала 81 шт. Лінія опору по підшві для першого ряду свердловин (ЛОПП) досягала 7-25 м. Фактична глибина свердловин відповідно до маркшейдерського виміру для першого ряду свердловин складала $h_{св}=18-21$ м, для наступних рядів - $h_{св}=17-21$ м.

Виходячи з даних умов була застосована сітка розташування свердловин $6 \times 6,5$ м. При цьому довжина верхньої частини заряду складала $l_{з.в}=4,5$ м, маса відповідно $Q_{з.в}=290$ кг. Цей заряд в змозі зруйнувати товщу гірських порід на всю висоту верхнього підступу. Згідно цьому, існує поняття «перебур» у даному випадку умовне.

Для означених умов глибина перебору приймалась $l_{пер.в}=1,0$ м. Довжина забивки над верхнім зарядом складала 4,0 м, висота підступу який підривається верхнім зарядом складала: $h_{в.під}=l_{заб.}+l_{з.в-пер.в}=7,5$ м.

Питома витрата за означених умов для верхнього підступу складала: $q_{в.п}=0,99$ кг/м³. В даному випадку лінія опору по підшві для верхнього підступу для першого ряду складала $W_{1в}=6$ м, для послідовних рядів - $W_{2в}=6,5$ м. За паспортом, усереднена питома витрата вибухової речовини q , для даних гірничо-геологічних умов блоку, що складається з чотирьох рядів свердловин - $q=1,3$ кг/м³. Виробничу ситуацію із розташуванням блоку зображено на рис. 1.

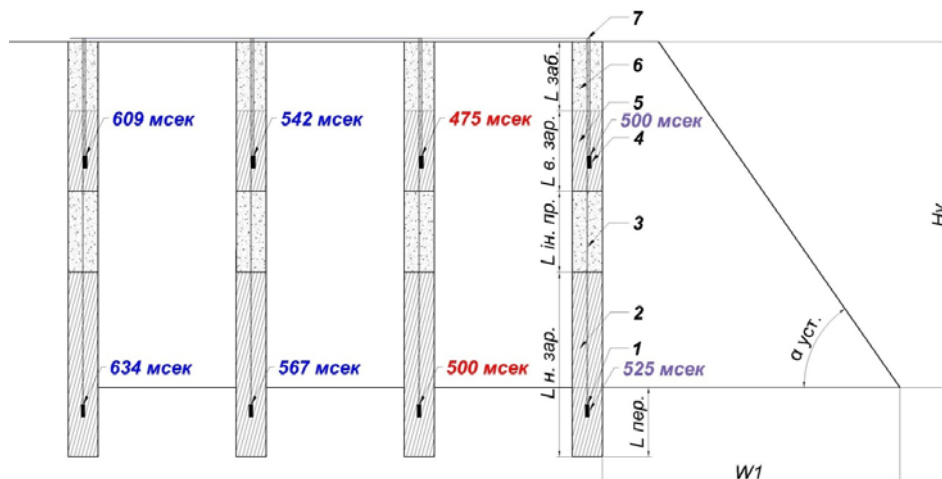


Рис 1. Розріз диспозиції експериментальної частини блоку: 1 - бойовик зі свердловинним капсулем-детонатором номіналом 500 мс; 2 - нижній заряд вибухової речовини Емоніт-Н; 3 - інертний проміжок із відсіву; 4 - бойовик зі свердловинним капсулем-детонатором номіналом 475 мс; 5 - верхній заряд вибухової речовини Емоніт-Н; 6 - матеріал забивки; 7 - хвилеводи

У якості матеріалу інертного проміжку між верхньою та нижньою частинами заряду використовувався породний відсів. Довжина проміжку становила 3,5 м.

При цьому, над верхнім зарядом виконувалась забійка, параметри якої встановлювали за формулою (1), м

$$13 \times d_{\text{зар}} \leq L_{\text{заб}} \leq 24 \times d_{\text{зар}} \quad (1)$$

де $L_{\text{заб}}$ - довжина забійки, фактично 4,0 м.

Схема комутації вибухового блоку була виконана з центральним врубом. Загальний час спрацювання блоку складав 4362 мс.

Верхній бойовик розташовували на рівні умовної підшови, тобто його відстань від підшови уступу складала - 7,5 м. На такій же відстані над покрівлею розташовували умовний ініціатор умовного заряду вибухової речовини, від якого формувалася відбита хвиля від покрівлі уступу.

Швидкість прямої, а отже і відбитої хвиль в цьому масиві гірських порід становить - 4,1 км/сек. Тоді до покрівлі хвиля дійде за 1,6 мс, а до укосу уступу за 1,1 мс. Умовне джерело хвилі, яка, віддзеркалившись, рухається від укосу уступу позначено літерою А, а умовне джерело для хвилі, яка рухатиметься віддзеркалившись від покрівлі уступу Б, рис. 2.

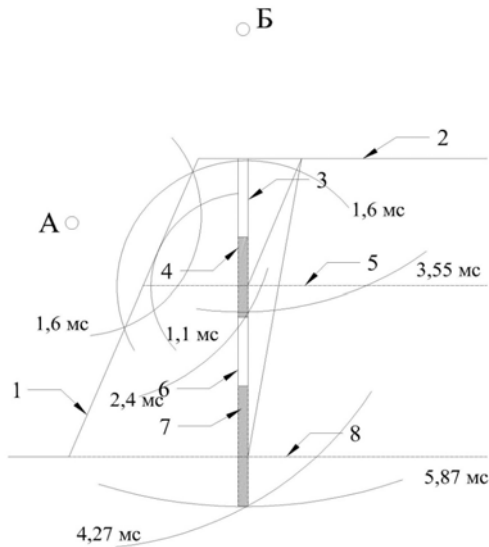


Рис. 2. Поперечний переріз уступу уздовж вибухової свердловини із нанесенням на ньому прямих і відображених вибухових хвиль, викликаних підриванням верхнього заряду: 1 - укіс уступу; 2 - покрівля уступу; 3 - частина свердловини із забійкою; 4 - частина свердловини із верхнім зарядом; 5 - умовна підшовка, що формується верхнім зарядом; 6 - частина свердловини із інертним проміжком; 7 - частина свердловини із нижнім зарядом; 8 - підшовка уступу. Позначені моменти часу підходу вибухових хвиль: прямої (1,1-1,6 мс) і відображених

Відбита хвиля, яка рухається від умовного джерела А, досягає торця верхнього заряду, через 2,4 мс, а торця нижнього заряду через 4,27 мс. У той же час відбита хвиля від покрівлі уступу досягне тих же меж відповідно через 3,55 мс і 5,87 мс відповідно. При виконанні даних розрахунків приймалися до уваги головні частини відбитих хвиль. Фактично ж хвиля має тіло, яке є асиметричним: швидке нарощування напруг і деформацій і повільне їх

сходження нанівець. Із зростанням відбита хвиля збільшує свою довжину. Більш повільне зменшення напруг і деформацій після досягнення їх максимуму пояснюється наявністю проявів пластичної хвилі [4,5]. На відстанях, означених на рис. 2: торці верхнього і нижнього зарядів, довжина тіла хвилі в аналогічних породах з урахуванням шляху прямої хвилі до віддзеркалення, згідно [4,5] складає відповідно біля 7-10 м. Під час досліджень нас більше цікавило останнє число, оскільки у відбитій хвилі напруги розтягуючі і необхідно дочекатися, коли вони зійдуть нанівець і зміняться стискаючими напругами, Лише після того найдоцільнішим буде підривати нижній заряд. Після вирахування часу головної частини відбитої хвилі від покрівлі уступу - 5,87 мс, додавався час - 2,44 мс необхідний для проходження тіла хвилі довжиною 10 м. У результаті було отримане значення часу, по досягненню котрого хвиля розтягнення буде змінюватися хвилею стиснення, а саме - 8,31 мс. Ця хвиля знову ж таки буде збільшувати свою довжину, при цьому зміна буде прямо пропорційна її асиметричності, створюючи більш сприятливі умови для підривання нижнього заряду. Прийняте нами сповільнення в 25 мс між підриванням двох частин свердловинного заряду добре відповідає умовам нашого експерименту. В даному контексті мається на увазі, що нижній заряд підривається в умовах стискаючих напруг.

Розраховуючи питому витрату вибухової речовини для нижнього заряду, відстань h_n від підшови уступу до умовної підшови, що відпрацьовується верхнім зарядом складає: $h_n = H_y - h_b = 17 - 7,5 = 9,5$ м. Значення висоти уступу 17 м не є паспортним, а реальним, для блоку №78. Місцями це значення навіть зростало. Дільниця гірських порід, яка підлягає подрібненню, має форму трапеції, верхня основа якої у масштабі становить 5,5 м, а нижня - 9,5 м.

За умов відстані між свердловинами в ряду - 6 м, матимемо об'єм що підлягає подрібненню нижнім зарядом, m^3

$$V_n = \left(\frac{5,5 + 9,5}{2} \right) \cdot 9,5 \cdot 6 = 427,5$$

За умов маси нижнього заряду - 400 кг, питома витрата вибухових речовин на весь уступ складала $q = 0,958 \text{ кг/м}^3$. Необхідно зазначити, що у відповідності до паспорту ведення буровибухових робіт для гірських порід міцністю $f=12-14$, питома витрата становить $q=1,3 \text{ кг/м}^3$, що підтверджує економічну ефективність результатів.

Паралельно з блоком у Першотравневому кар'єрі, було підірвано дільницю в Ганнівському кар'єрі ПАТ «ПВНГЗК» за тією ж схемою реалізації внутрішньосвердловинного сповільнення: зверху вниз. 23.10.2014 р. було підірвано експериментальний блок №106а, в якому було виділено дослідну дільницю для зарядів, розподілених на дві частини з підриванням зі сповільненнями: в першу чергу верхній заряд (475 мс), після чого нижній (500 мс). Блок був складений грубослоїстими магнетит-силікатними кварцитами з коефіцієнтом міцності за шкалою проф. Протод'яконова $f=16$.

При цьому, проектна висота уступу складала - 15 м, фактична - 18,0 м. Середнє значення лінії опору по підшві - 12,65 м, а окремі значення досягали - 16 м, середня відстань між свердловинами в ряду - 6 м. Але переважали значення - 6,5 м (50 %), середня відстань між свердловинами - 5,9 м, серед них значення 6,0-6,5 м складала 59 %.

Середня глибина свердловин складала - 20,0 м. Згідно даних маркшейдерського виміру, свердловини характеризувались сильною обводненістю. Висота стовпа води коливалась в межах 9-14 м.

Варіація параметрів розташування свердловин призвела до варіації питомої витрати вибухової речовини, яка в наступних рядах змінювалась в межах $1,0-1,56 \text{ кг/м}^3$.

Середні значення для всіх рядів в експериментальній частині блоку склали - $1,082 \text{ кг/м}^3$, а в контрольній - $1,177 \text{ кг/м}^3$.

Результати вимірювання якості подрібнення наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання якості подрібнення

Дільниця вибухового блоку	Коефіцієнт міцності, f	Вміст фракцій, % у межах крупності, мм					Розмір середнього куска, мм
		0-200	201-400	401-800	801-1200	>1200	
Першотравневий кар'єр							
Експериментальна	12-14	55,62	28,91	14,1	1,28	0,09	238
Контрольна	12-14	49,75	29,7	17,91	2,37	0,27	273
Ганнівський кар'єр							
Експериментальна	12-14	53,03	27,61	16,54	2,46	0,36	257
Контрольна	12-14	49,66	27,85	18,58	3,3	0,61	280

Фізичні процеси посування вибухових хвиль від частин свердловинних зарядів на експериментальній дільниці блоку №106а аналогічні тим, які розглядалися під час аналізу спрацювання зарядів в блоці №78 Першотравневого кар'єру. Аналіз результатів вимірювання кускуватості свідчить, що застосування методу внутрішньосвердловинних сповільнень при підриванні вибухових блоків є більш ефективним в породах з міцністю $f=12-14$, оскільки розмір середнього куска в них зменшився в експериментальних дільницях відносно контрольних на 14,7 %, тоді як у породах більш міцних ($f=16$) - лише на 9 %. Така ж сама залежність спостерігається і під час вимірів вмісту негабариту.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведеними експериментальними вибухами на двох кар'єрах ПАТ «ПВНГЗК» доведено ефективність розподілення свердловинних зарядів на дві частини і короткоуповільнене їх підривання з інтервалом сповільнення 25 мс. Наведено параметри розташування зарядів і результати вибухових робіт.

Покращення забезпечено: появою нової вільної поверхні на рівні торця верхньої частини заряду з наступним формуванням відбитої хвилі від неї після спрацювання нижньої частини заряду; розвантаженням нижньої частини уступу від тиску верхніх шарів гірських порід, які підняті у повітря верхньою частиною заряду.

Подальші дослідження планується спрямувати у напрямку розширення умов застосування запропонованого способу.

Список літератури

1. Купрін В.П., Коваленко І.Л. та ін. Розробка і впровадження емульсійних вибухових речовин на кар'єрах України. – Дніпропетровськ:ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 243 с.

2. **Биков К.С., Носов В.М.** та ін. Пат. 31419 Україна МПК7F42D1/02. Пристрій для розосередження заряду вибухової речовини в обводненій свердловині //опубл.10.04.2008, Бюл №7.
3. **Купрін В.П.** та ін. Оцінка детонаційних характеристик емульсійних вибухових речовин марки Україніт та Емоніт // Інформац. Бюл. – УСПВ. – 2012. – №1. – С. 6–12.
4. **Ефремов Э.И.** Выбор метода размещения и параметров промежуточных детонаторов при использовании скважинных зарядов / **Ефремов Э.И., Ищенко Н.И., Пономарев А.В.** // информационный бюллетень УСПВ, №1, 2011. – С. 2–6.
5. **Мельников Н.В.** Влияние конструкции зарядов на результаты взрывных работ, - В кн. Сборник докладов IV симпозиума в г. Ролла (США, 1961), Госгортехиздат, М., 1962.
6. **Марченко Л.Н.** Опыт применения зарядов с воздушными промежутками. Тезисы и материалы научно-технического семинара «Совершенствование буровзрывных работ на открытых разработках». Днепропетровск, «Промінь», 1963.
7. **Ефремов Э.И.** Взрывание с внутрискважинными замедлениями., «Наукова думка», Киев – 1971. – 167 с.
8. **Кук М.А.** Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пер. с англ. под. ред. **Г. П. Демидюка и Н.С. Бахаревич.** М., Недра, 1980. - 453 с. – Пер. изд.: США, 1974, с.382-385.
9. **uvall W.I/ and T.C. Atchison,** “Rock Brekage by Explosives”, RI 5356 (Bur. of Mines), Sept/ 1957; Missouri School of Mines and Metallurgy, Symposium of Mining Research, TS No/ 97, p. 100 (1959), L. Obert, Bur. of Mines RI 6053 (1962).
10. **Hino K.** Theory and Practice of Blasting, Nippon, Kayaku Co., Ltd., 1959.
11. **Johansson C.H. and P.A. Persson,** Detonics of High Explosives, Academic Press, New York, London, 1970; P.A. Persson, N. Lundborg, and C.H. Johansson, “The Basic Mechanisms in Rock Blasting”, Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock Blasting 5-3, Belgrade, Yugoslavia, 1970.

Рукопис подано дор редакції 17.03.16

УДК 622.27

Н.И. СТУПНИК, В.А. КАЛИНИЧЕНКО, доктори техн.наук, проф.,
С.В. ПИСЬМЕННЫЙ, М.Б. ФЕДЬКО, И.О. МУЗЫКА, кандидати техн. наук, доц.,
Е.В. КАЛИНИЧЕНКО, магистр горного дела, канд. эконом. наук, доц.,
 Криворожский национальный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТНОЙ КАМЕРЫ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД В НЕУСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ

В настоящее время отработка железных руд Криворожского железорудного бассейна подземным способом ведется на глубинах более 1300 м. Их отработка традиционными системами разработки в сложных горно-геологических условиях приводит к повышенным потерям и засорению добытой рудной массы. С целью повышения показателей извлечения, предложена идея с формированием очистной камеры параболической формы, которая позволит сохранить устойчивость на весь период отработки и предотвратит засорение рудной массы со стороны всякого бока в процессе выпуска. Устойчивость очистной камеры обеспечивается оптимальным соотношением высоты к ее ширине. Разработанная методика по определению параметров очистной камеры параболической формы, которая учитывает радиусы вертикального и горизонтального устойчивого обнажения позволяет определить устойчивые параметры камеры. В процессе исследований определена величина максимального разрушающего давления на контуре очистной камеры параболической формы. Было установлено, что разрушающее давление зависит от угла приложенной нагрузки к контуру очистной камеры и физико-механических свойств горных пород окружающих ее. Данная методика базируется на результатах лабораторных исследований выполненных для условий Криворожского железорудного бассейна.

Ключевые слова: железные руды, устойчивые параметры камеры, очистные камеры

Проблема та ее связь с научными и практическими задачами. В Криворожском железорудном бассейне сосредоточено значительное количество запасов природно-богатых и природно-бедных руд, которые в настоящее время разрабатываются открытым и подземным способами. Подземные горные работы в условиях отработки железных руд Криворожского бассейна приближаются к уровню предельной глубины подъема 1500-1700 м (первая ступень вскрытия), а открытые - к проектному контуру карьера. Для дальнейшего успешного функционирования горных предприятий с подземным способом разработки необходимо выполнить модернизацию и техническое переоснащение подъема, вентиляции, систем разработки.

С целью остаться на мировом рынке перед горнорудными предприятиями стоит вопрос о повышении содержания полезного компонента в добытой горной массе. В связи с этим, горные

предприятия увеличивают минимальное бортовое содержание железа в массиве с 46 до 58% при добыче подземным способом. Повышение минимального бортового содержания железа в массиве на 6-12 % приведет к снижению балансовых запасов железных руд до 50 % [1-5].

Анализ исследований и публикаций. За последние 20 лет почти в два раза снизились объемы добычи железной руды в Криворожском бассейне, на 10-15 млн т в год. Это связано с консервацией шахт в промышленном регионе, а также из-за ухудшения горно-геологических и горнотехнических условий. Все эти факторы способствуют к оставлению значительных запасов железных руд в недрах Земли перспективных к отработке открыто-подземным и подземным способами.

Ведущие научно-исследовательские и проектные институты (ГНИГРИ, г. Кривой Рог; "Кривбасспроект", г. Кривой Рог; ИГТМ НАН Украины, Днепропетровск), университеты горного профиля (ГВУЗ "КНУ" г. Кривой Рог; ГВУЗ НГУ г. Днепропетровск) активно ведут работу по перспективному технологическому прогнозированию особенностей добычи полезного ископаемого в регионе, а также совершенствованию технологии.

Успехи, достигнутые в вопросах повышения качества железорудного сырья, позволили значительно улучшить эффективность обогащения природно-бедных руд в высоко градиентных магнитных полях, что позволит эффективно обрабатывать залежи неокисленных магнетитовых кварцитов подземным или комбинированным способами.

В устойчивых породах всячего бока и средней устойчивости руд, широкое применение нашла этажно-камерная система разработки с обрушением целиков. Данная система разработки позволяет извлекать камерный запас без дополнительного засорения руды. Для предотвращения засорения камерных запасов оставляют рудный "треугольник" (потолочину), поддерживающий породы всячего бока.

К главным достоинствам этажно-камерной системы относятся: получение большого количества чистого полезного ископаемого (до 60 %), и четкое разделение потока чистой руды из камеры и разубоженной руды из целиков (выдача руды из блока по сортам имеет важное значение, так как исключает необходимость обогащения всей добытой рудной массы), малый удельный объем нарезных работ, составляющий 2,7-4,5 м/1000 т.

К недостаткам можно отнести следующее: двухстадийность выемки запасов, наличие большого объема незаполненных пустот, значительные потери и засорение руды при обрушении целиков, большие затраты на поддержание выработок в породах лежащего бока из-за длительного срока их службы, ограниченные условия применения [6-8]. С целью уменьшения засорения руды при отработке междукамерных целиков и потолочин применяют подэтажно-камерную систему разработки, табл. 1.

Таблица 1

Показатели по системам разработки применяемых в Кривбассе

Наименование показателей	Этажно-камерная				Подэтажно-камерная	Подэтажное обрушение
	итого	в том числе				
		камер.	МКЦ	потолоч.		
Удельный вес в годовом объеме, %	35,0	-	-	-	20,0	45,0
Удельный объем ПНР, м/тыс.т	1,9-3,0				2,5-4,5	3,0-5,0
Потери руды, %	16,4	4,0	27,9	42,9	15,9	14,7
Засорение руды, %	13,0	9,6	23,0	11,2	11,4	6,5

Постановка задачи. Для поддержания и наращивания производственных мощностей необходимо выполнить генеральную реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий в течение ближайших 10-15 лет: переход на комбинированные схемы вскрытия; проведение модернизации подъемных установок; повышение бортового содержания полезного компонента в добытой горной массе.

Изложение материала и результаты. Повысить содержание полезного компонента в добытой рудной массе возможно за счет увеличения объема очистной камеры. В условиях Криворожского железорудного бассейна это достигается только за счет увеличения компенсационной камеры. При увеличении объема очистной камеры, возникает необходимо увеличить ширину междукамерного целика в 1,5-2,5 раза. Увеличить объем очистной камеры возможно за счет изменение ее формы с прямоугольной на параболическую форму.

Параметры очистной камеры параболической формы определяются шириной блока по про-

стиранию, которая обеспечивает ей устойчивое состояние при формировании в неустойчивых рудах. Значения координат плавно огибающей кривой определяется интегралом

$$y = -c \int (x^{2k-1} dx) / \sqrt{(b^2 - x^2)^r}, \text{ при } k > 0,5; 0 < r < 2. \quad (1)$$

Координаты плавно огибающей кривой *MBL*, рис. 1, имеющей форму эллипса соответствующего параболическому своду определяют по формуле (1). При изменении значений x от 0 до b кривая функции убывает, а первая производная имеет вид [9]

$$y' = c \cdot x^{2k-1} / \sqrt{(b^2 - x^2)^r}, \text{ при } k > 0,5; 0 < r < 2, \quad (2)$$

где c, k - действительные числа; r - наименьшее нечетное действительное число.

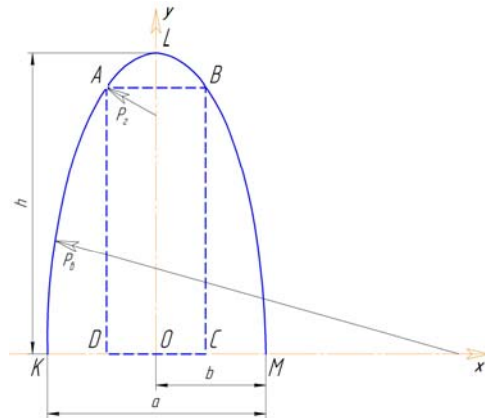


Рис. 1. Расчетная схема к определению очистной камеры параболической формы

Тогда вторая производная выражения (2) равняется $y'' = -(c \cdot x^{2(k-1)}((2k-1)b^2 + (r+1-2k)x^2)) / (b^2 - x^2)^{r/2+1}$, (3) а кривая *MBL*, будет выпуклой при всех значениях производной $-b < x < b$.

Учитывая, что очистная камера имеет вид параболической формы, текущие координаты свода определяются [10]

$$\begin{cases} x^2 = -2P_2(y - h_k), \\ y^2 = -2P_6(x - h_k), \end{cases} \quad (4)$$

где x, y - текущие координаты параболы, м.

Параметры очистной камеры параболической формы, исходя из параболического закона сводообразования, максимально приближены к предельно-допустимому контуру устойчивого равновесия и определяются [9-11]

$$\begin{cases} e^2 = 2 \cdot P_2 \cdot h, \\ h^2 = 2 \cdot P_6 \cdot e, \end{cases} \quad (5)$$

где h и b - вертикальная и горизонтальная полуоси кривой, м; P_2, P_6 - радиусы максимально-допустимого устойчивого соответственно горизонтального и вертикального обнажений очистной камеры параболической формы, м (согласно опытно-промышленных испытаний для условий Криворожского железорудного бассейна составляют $P_2=1-6$ м, $P_6=30-90$ м).

После преобразования, выражение (4) с учетом формулы (5) примет вид

$$\begin{cases} b = 2 \cdot \sqrt[3]{P_2^2 \cdot P_6}, \\ h = 2 \cdot \sqrt[3]{P_2 \cdot P_6^2}. \end{cases} \quad (6)$$

Выполнив расчеты по формуле (6), построены зависимости ширины и высоты очистной камеры параболической формы от радиусов горизонтального и вертикального обнажений приближенных к максимально-допустимому устойчивому равновесию, рис. 2,3.

Из приведенных графиков видно, что ширина очистной камеры изменяется от 12,5 до 60 м, а высота камеры от 38 до 145 м с изменением горизонтального радиуса обнажения от 1 до 6 м и вертикального от 30 до 90 м.

Задаваясь соотношением высоты к ширине очистной камеры радиус вертикального устойчивого обнажения определяется

$$\frac{h}{2b} = \frac{2 \cdot \sqrt[3]{P_2 \cdot P_6^2}}{2 \cdot \sqrt[3]{P_2^2 \cdot P_6}} \Rightarrow \left(\frac{h}{a}\right)^3 = \frac{8 \cdot P_2 \cdot P_6^2}{P_2^2 \cdot P_6}, \quad (7)$$

а выполнив соответствующие преобразования и выразив выражение (7) через радиус вертикального обнажения получим окончательное выражение

$$h/a = \sqrt[3]{8 \cdot P_6 / P_2}. \quad (8)$$

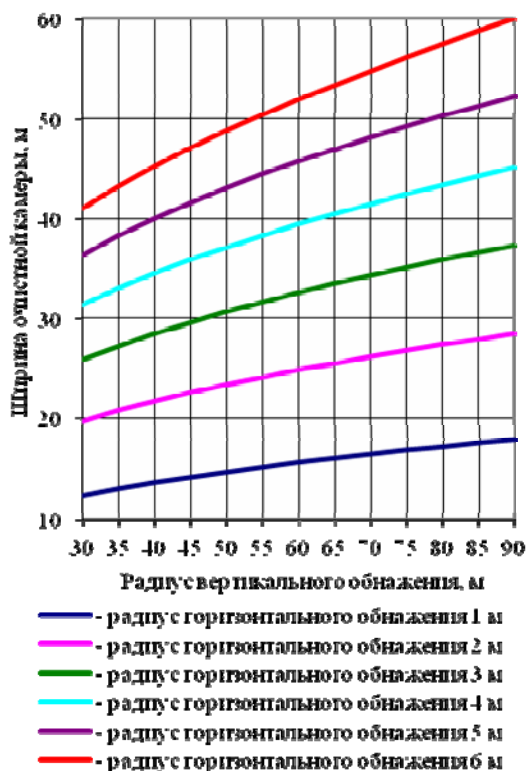


Рис. 2. Зависимости изменения ширины очистной камеры от радиуса вертикального и горизонтального обнажений

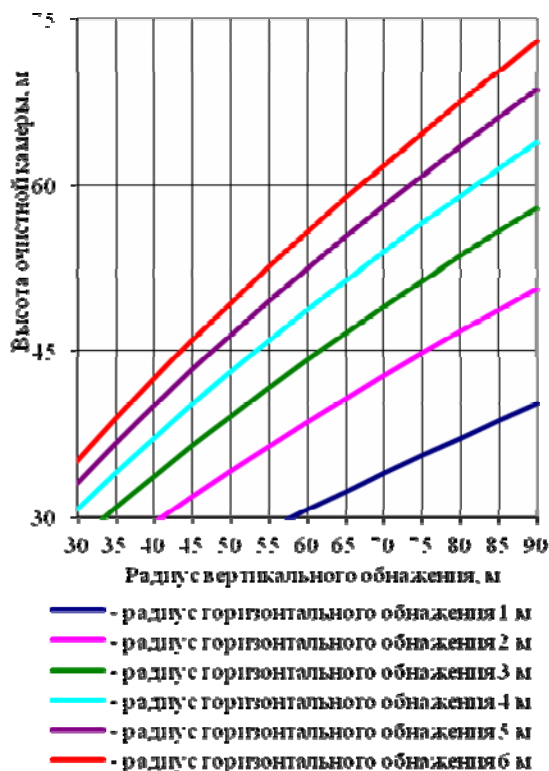


Рис. 3. Зависимости изменения высоты очистной камеры от радиуса вертикального и горизонтального обнажений

Результаты расчетов соотношения высоты очистной камеры к ее ширине в зависимости от радиусов вертикального и горизонтального обнажения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Соотношение параметров очистной камеры

Радиус горизонтального обнажения, м	Соотношение параметров очистной камеры от радиуса вертикального обнажения, м													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	
1,0	1,55	1,64	1,71	1,78	1,84	1,90	1,96	2,01	2,06	2,11	2,15	2,20	2,24	
2,0	1,23	1,30	1,36	1,41	1,46	1,51	1,55	1,60	1,64	1,67	1,71	1,74	1,78	
3,0	1,08	1,13	1,19	1,23	1,28	1,32	1,36	1,39	1,43	1,46	1,49	1,52	1,55	
4,0	0,98	1,03	1,08	1,12	1,16	1,20	1,23	1,27	1,30	1,33	1,36	1,38	1,41	
5,0	0,91	0,96	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,18	1,21	1,23	1,26	1,29	1,31	
6,0	0,85	0,90	0,94	0,98	1,01	1,05	1,08	1,11	1,13	1,16	1,19	1,21	1,23	

Из табл. 2 видно, что соотношение высоты к ширине очистной камеры изменяется с 0,85 до 2,24 с обеспечением ее устойчивости при обработке рудных залежей в неустойчивых породах.

Оптимальное соотношение параметров очистной камеры колеблется в пределах 1,23-1,55.

Объем очистной камеры параболической формы зависит от кривой образующей ее. Подставляя входящие величины в выражение (4), текущие координаты кривой образующей очистную камеру определяются по выражениями

$$\begin{cases} x = -P_2^{2/3} \cdot P_6^{1/3} + \sqrt{P_2^{4/3} \cdot P_6^{2/3} + 4 \cdot P_2^{4/3} \cdot P_6^{2/3}}, \\ y = 4 \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3} - (\sqrt{5} - 1)^2 \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3}. \end{cases} \quad (9)$$

После преобразования получим

$$\begin{cases} x = (\sqrt{5} - 1) \cdot P_2^{2/3} \cdot P_6^{1/3}, \\ y = (\sqrt{5} - 1) \cdot P_2^{1/3} \cdot P_6^{2/3}. \end{cases} \quad (10)$$

Координаты плавно огибающей кривой, имеющей форму эллипса соответствующего параболическим сводам с радиусами P_z и P_g , определяют по формуле

$$y = \pm h \cdot \sqrt[4]{(1 - x^2/b^2)^3}, \quad (11)$$

После подстановки значений в выражение (11) и соответствующих преобразований получим уравнение кривой, образующей контур очистной камеры параболической формы [10]

$$y = \pm \left(2\sqrt[3]{P_z \cdot P_g^2} \right) \cdot \sqrt[4]{\left(1 - x^2 / 4 \cdot \left(\sqrt[3]{P_z^2 \cdot P_g} \right)^2 \right)^3}. \quad (12)$$

Объем очистной камеры параболической формы $KALBM$ (см. рис. 3.22), в диапазоне $-b < x < b$ из условия устойчивости определяется интегральным выражением [11-13]

$$V_{к.к} = \pm L_{к.к} \cdot \int_{-b}^b \int_0^h \left(2 \cdot \sqrt[3]{P_z \cdot P_g^2} \right) \cdot \sqrt[4]{\left(1 - x^2 dx / 4 \cdot \left(\sqrt[3]{P_z^2 \cdot P_g} \right)^2 \right)^3} dy, \quad (13)$$

где V - объем компенсационной камеры параболической формы, м³; L - длина компенсационной камеры, м.

Однако, горный массив не является однородным, поэтому необходимо определить насколько будет подвержена очистная камера разрушению от места заложения ее в горной массиве.

Согласно выполненным исследованиям [14-17] было установлено, что разрушающее давление создаваемое на контуре очистной камеры зависит от угла приложенной нагрузки, физико-механических свойств горных пород окружающих ее и определяется по формуле

$$P_{к.в} = \pm \frac{r \cdot \tau_0 \cdot \sin \delta}{\sin 2\delta - r^2 \cdot \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \rho}. \quad (14)$$

где r - расстояние от центра выработки к элементарному объему, м; τ_0 - начальное сопротивление сдвигу, т/м²; δ - угол, под которым действует нагрузка на контур выработки, град.; β - угол сдвига горных пород, град.; ρ - угол внутреннего трения пород, град.

Если разрушающее давление, определенное по формуле (14), больше нормальных напряжений создаваемых горными породами в массиве, то выработка будет устойчивой. Когда значения нормальных напряжений в массиве горных пород будет больше разрушающего давления, то выработка будет подвержена деформациям.

Таким образом, на основании исследований обоснованы устойчивые параметры очистной камеры параболической формы при отработке неустойчивых рудных залежей системами с массовым обрушением руды и налегающих пород.

Список литературы

1. Пути совершенствования качества металлургического сырья на шахтах Кривбасса / **В.С. Гирин, Н.К. Кравцов, В.А. Витряк** // Разруб.рудн.месторожд. – Кривой Рог: КТУ. – 2000. – Вып. 70. – С. 10-13.
2. SWOT-анализ ОАО "КЖРК" – залог успешной работы железорудных шахт Кривбасса в условиях глобального рынка / **Письменный С.В., Б.Н.Андреев, Бровко Д.В., Кривошеин С.В., Петрик Н.Н.** // Форум гірників 2010: Матеріали між. конф. (21-23 жовтня 2010 р.). – Дніпропетровськ: НГУ, 2010. – С.189-193.
3. Современное состояние и перспективы развития предприятий по добыче и переработке железорудного и флюсового сырья в Украине / **В.А.Колосов, В.П.Воловик, Н.И.Дядечкин** // Горн.журн. – 2000. – №6. – С. 162-168.
4. Перспективы поддержания производственных мощностей шахт и карьеров Кривбасса/ **Б.Н. Андреев, С.В. Письменный, Д.В. Бровко** // Минск, 2013. – С.115-120.
5. Комбіновані способи подальшої розробки залізрудних родовищ Криворізького басейну / **М.І.Ступнік, С.В.Письменный** // Гірничий вісник: Кривий Ріг, 2012. – Вип. 95(1). – С. 3-7.
6. **Сторчак С.А., Письменный С.В., Сбитнев В.А.** Повышение качества рудной массы при поэтажном обрушении, за счет технологических факторов // Качество минерального сырья. Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2002. – С. 70-74.
7. **Золотарев И.И., Стариков Н.И., Фаустов Г.Т.** Отработка параллельных залежей в условиях Криворожского бассейна // Горный журнал. – 1962. - №6. – С. 19-23.
8. **Абашин П. А., Пикалов А. И., Фаустов Г. Т., Шкробко Г. С, Говоров А.В.** Исследование устойчивости целиков при отработке параллельных залежей // Горный журнал. – 1974. - №5. – С. 57-59.
9. Пат. 48832А, UA, E21C41/16. Спосіб розробки крутоспадних рудних родовищ, що містять включення пустих порід / **Сторчак С.О., Щелканов В.О., Хівренко О.Я., Череди́ченко О.Є., Карамані́ч Ф.І., Сасенко В.К., Хівренко В.О., Сбітнів В.О., Письменный С.В.** № 2001128777; Заявлено 18.12.2001; Опубл. 15.08.2002 р., Бюл. № 8.
10. **Письменный С.В., Хівренко В.О., Сбитнев В.А., Полухина Н.В.** Определение параметров компенса-

онной камеры сводчатой формы // Разраб. рудн. месторожд. – Кривой Рог: КТУ. – 2002. – Вып. 79. – С. 48-52.

11. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды / **Н.И.Ступник, С.В.Письменный** // Вісник Криворізького національного університету, 2012. – Вип. 30. – С. 3-7.

12. Формирование нагрузки от локальных вывалов при сплошном сводообразовании / **Тимченко А.В., Пустобриков В.Н., Цидаев Т.С.** // Вестник Владикавказского научного центра. – Владикавказ, 2007. – Т. 7. - №2. – С. 44 – 48.

13. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Физическое моделирование формы компенсационных камер при отработке блоков на больших глубинах // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 31. – С. 3-7.

14. **Ступник Н.И., Андреев Б.Н., Письменный С.В.** Исследование формы поперечного сечения подземных выработок при комбинированной отработке месторождений // Вісник Криворізького національного університету: - Кривий Ріг, 2012. – Вип. 32. – С. 3-6.

15. **Андреев Б.Н., Бровко Д.В., Письменный С.В.** Локализация высокоминерализованных шахтных вод в условиях дренажного комплекса шахты "Гигант-Глубокая" // Современные проблемы шахтного и подземного строительства: Донецк: Норд-Пресс, 2009. – Вып.10-11. – С. 111-119.

16. **Письменный С.В.** Исследования устойчивости целиков от формы очистной камеры при отработке магнетитовых кварцитов в полях действующих шахт подземным способом// Вісник Криворізького національного університету: – Кривий Ріг, 2014 – Вип. 36. – С. 9-13.

17. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Повышение качества горной массы при отработке сложноструктурных залежей Криворожского бассейна подземным способом // Качество минерального сырья. Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2014. – С. 19-26.

Рукопис подано до редакції 07.04.16

УДК 622.271

С.А. ФЕДОРЕНКО, ст. препод., С.А. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф.,
Ю.М. НАВИТНИЙ, канд. техн. наук, доц., С.В. ТКАЛИЧЕНКО, канд. эконом. наук, доц.
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦПТ КАК РЕЗЕРВА МУЛЬТИСТРУКТУРНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ

Показано, что вмещающие горные породы в проектных контурах рудных карьеров – разнообразны и многие из них пригодны для продуктивного использования. Их качество и запасы – достаточны для добычи как альтернативного сырья, добываемому в нерудных карьерах. Для оценки эффективности этого целесообразным является анализ возможности использования рудных конвейерных трактов в карьере ИнГОКа. Показано, что Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, в разрабатываемом его карьере имеется широкий спектр технических средств для организации мультиструктурных грузопотоков даже в существующих стесненных условиях ведения горных работ. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа знания горно-технологических условий и потребительских характеристик потенциальной нерудной продукции - недостаточно. Для этого необходим более глубокий системный анализ состояния и соотношения разнообразных ресурсов, проектных наработок, производственного и экономического потенциала предприятия, адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов. Относительно технологической составляющей в таком системном подходе относительно ИнГОКа показано, что до 2022 года реальные возможности перехода на комплексную разработку месторождения в его карьере с вовлечением в транспортировку нерудной попутной продукции ЦПТ являются весьма ограниченными без радикальных изменений принятых проектов. Однако, после 2027 г. это становится уже целесообразным, и заключается в изменении структуры существующих грузопотоков с минимальными их модификациями. При этом основная идея минимизации проблем перехода на новые виды продукции (диверсификация сырья целевой добычи и конверсия предприятия) заключается в использовании ритмичных пульсаций производительности трактов ЦПТ.

Ключевые слова: карьер, конвейер, минеральная продукция, грузопоток, совмещенные потоки, комплексные технологии.

Введение. В условиях тотальной деградации промышленности Украины горно-металлургический комплекс остается основой ее экономики. При этом железорудные месторождения разрабатываются сопоставимо с предыдущим этапом масштабно, а они являются исключительно комплексными и потенциально могут рассматриваться как альтернативная нерудная сырьевая база других отраслей в случае восстановления последних.

Постановка проблемы. Ресурсосбережение - доминанта сегодняшнего природопользования и геотехнологий. Поэтому, архаично сохраняющиеся непомерные энергоемкость и отход-

ность украинского горного производства, являются недопустимыми и представляют все большую угрозу его развитию. Научный поиск в этом отношении никогда не прекращался, но наиболее целесообразным и реально возможным все же представляется конкретный переход рудных карьеров к комплексному освоению месторождений (КОМ), одной из главных трудностей на пути к чему является неизбежное усложнение структуры и организации сырьевых грузопотоков при переводе карьера на целевую добычу нескольких видов сырья, включая попутные полезные ископаемые (ППИ). В связи с этим и с учетом зарубежного опыта следует ожидать в ближайшие годы значительных изменений в традиционных подходах к указанным операциям в направлении расширения использования циклично-поточных технологий (ЦПТ) и пересмотра принципов их эксплуатации.

Анализ состояния проблемы и публикаций. Многие разновидности вмещающих пород железорудных месторождений Украины обстоятельно изучались на предмет их пригодности для продуктивного использования в качестве нерудных полезных ископаемых [1-5]. С другой стороны, множество исследований посвящено усовершенствованию карьерных грузопотоков и средств их реализации [6-7]. Но, несмотря на масштабы и серьезность выполненных исследований, убедительность и оптимистичность выводов относительно целесообразности и даже необходимости перевода рудных карьеров на КОМ, реальные шаги в этом отношении не пошли дальше организации практически на каждом из ГОКов маломощных (до 300 тыс. т/год) комплексов по производству щебня из скальной вскрыши, как правило, низкокачественного, потребляемого практически всецело на внутренние потребности комбинатов. Как показывает анализ структуры продукции ГОКов Украины, до сегодняшнего дня идея КОМ остается не реализованной, в том числе и на ИнГОКе, на котором в начале 1990-х годов было свернуто производство строительных песков из отходов обогащения, изделий из природного камня, и др. Что же касается использования комплексов ЦПТ для этих целей, то оно совсем неизучено [8-9].

В Украине объемы транспортирования горной массы с использованием ЦПТ не превышают 20 %, на предприятиях же Канады, США, Австралии, Чили и других стран - свыше 50 [10-12]. Проблема, однако, заключается не столько в объемах использования ЦПТ, сколько в различии технологических подходов.

Целью исследования является анализ сложившейся ситуации и возможностей перспективного и поэтапного использования ЦПТ в условиях ИнГОКа для решения обозначенной проблемы, но - с минимально возможными изменениями действующих проектов и технологий.

Содержание исследования. Анализ доступной информации о составе и состоянии технологических комплексов ГОКов позволяет сделать выводы о том, что, при соответствующей их модернизации, имеются реальные предпосылки использования существующих комплексов ЦПТ для последовательного циклического транспортирования разнотипного минерального сырья ими.

Недостатка в мобильных, высокопроизводительных и высокоадаптивных технических средствах нет, главным препятствием для реализации имеющихся на большинстве ГОКов потенциальных возможностей является отсутствие необходимых для этого средств, приобретающая катастрофические масштабы отмеченная деградация промышленности и обусловленная этим безнадёжность ситуации в инвестиционном отношении.

Что касается практической реализации рассматриваемой проблемы, то она связана главным образом со структурной и организационной сложностью рассматриваемой многоэлементной полифункциональной природно-производственной системы «месторождение - ГОК», в элементном многообразии которой ограничимся комплексом, в наибольшей мере создающим «узкие места» при этапной конверсии комбината (рис. 1).

При этом целесообразно, рассматривать не кризисно-этапные показатели деятельности последнего, а привязанные к периодам относительно стабильным, но - послекризисным (после 2008 г.).

«Комплексным проектом поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения» (ГП «Кривбасспроект», 04237-1211/1110-1-ПЗ, 2006 г.) производительность ИнГОКа по железорудному концентрату предусмотрена в 14 млн т/год, для обеспечения чего были выделены проектные периоды отработки карьера (2006-2011 гг., 2012-2016 гг., 2017-2021 гг., 2022-2026 гг., 2027-2031 гг., 2032-2036 гг., 2037-2041 гг., 2042-2046 гг., 2047-2054 гг.).

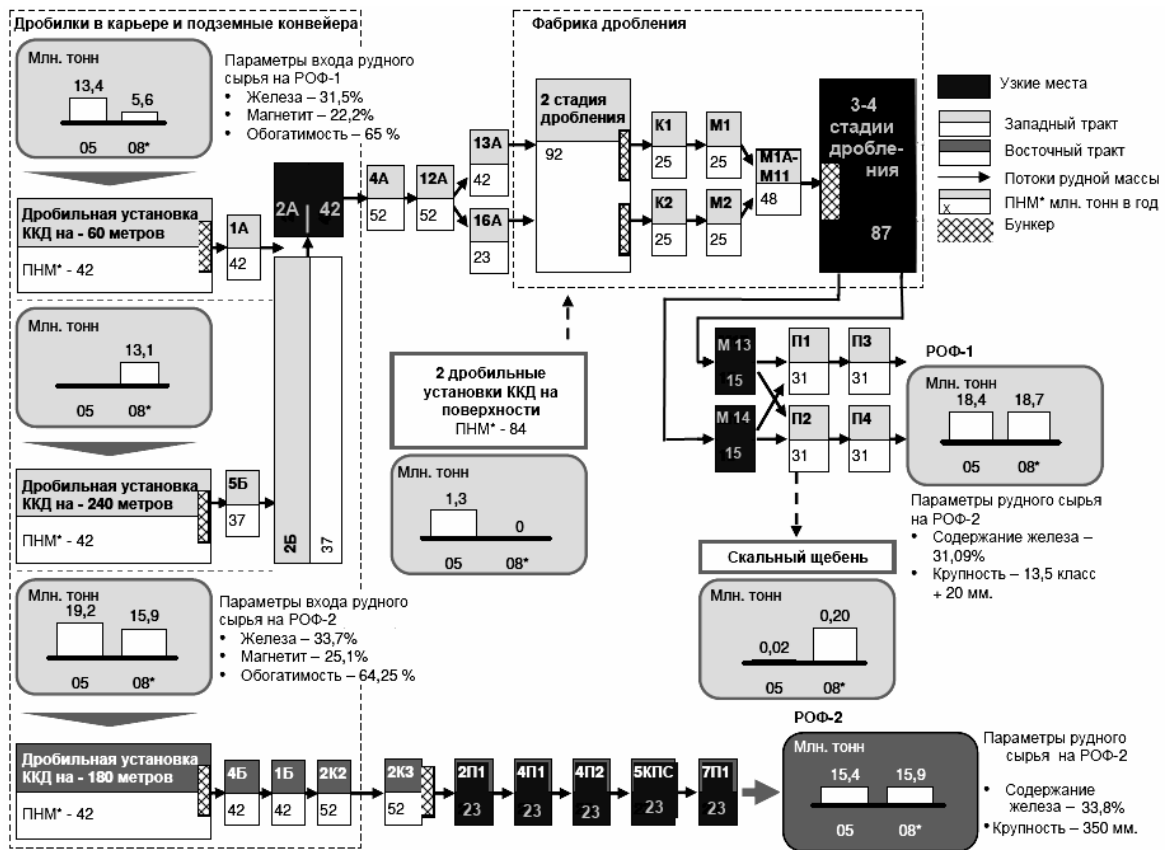


Рис. 1. Структурно-функциональные особенности элементов базового комплекса канального совмещения разносырьевых грузопотоков при конверсии рудника

При принятом режиме горных работ добыча руды в карьере может производиться до 2054 г. При этом указанная производительность предположительно сохранится до 2022-2027 г., после чего начнется ее планомерное снижение, связанное с постановкой верхних горизонтов карьера в конечное положение и, соответственно, сокращение активного и общего фронтов работ по руде и вскрыше. Скорость углубки карьера по периодам - 5-7,5 м/год. Но, несмотря на отдаленную проектную перспективу, данная тенденция начала проявляться, начиная с 2008 г. (табл. 1,2).

Таблица 1

Состояние запасов

	На 1.01.2009			На 1.01.2010			На 1.01.2011		
	вскрытые	подготовленные	готовые	вскрытые	подготовленные	готовые	вскрытые	подготовленные	готовые
Всего, тыс.т	221111	23474	8909	196569	20090	8658	183830	20590	8822
Обеспеченность, мес.	76,9	8,2	3,1	68,3	7,0	3,0	59,9	6,7	2,9
Норматив обеспеч., мес.			1,5			1,5			1,5

Таблица 2

Состояние фронтов горных работ (длина фронта, км)

Общий фронт			Активный фронт						Временно нерабочий фронт								
по добыче			по вскрыше			по добыче			по вскрыше			по добыче			по вскрыше		
2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
26,63	24,12	23,00	33,88	34,69	38,42	6,36	4,80	5,64	14,52	20,54	22,40	20,27	19,32	17,36	19,36	14,15	16,02

После построения ряда последовательных положений горных работ карьера, были подсчитаны запасы руды по разновидностям и объем вскрыши, в интервалах между этими положениями. Показатели карьера по периодам приведены в табл. 3.

Показатели карьера ИнГОКа по периодам работы

Периоды, год	Извлекается всего за период		Среднегодовая производительность		Эксплуатационный коэффициент вскрыши
	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м ³	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м ³	
2012-2016	170 000	68 100	34 000	13620	0,4
2017-2021	164 000	66 075	32 790	13215	0,4
2022-2026	115 000	36 000	23 000	7200	0,31
2027-2045	390 865	70 375	20 000	3910	0,18

Из таблицы видно, что годовая производительность карьера уменьшается в связи с тем, что с глубиной в отработку вовлекаются более богатые руды и для получения заданной производительности по концентрату, необходимо извлекать их меньше. Комбинат сможет стабильно производить 14 млн т концентрата в год 15 лет (по 1.01.2022 г.).

После 2022 года происходит выбытие производственной мощности карьера, что связано с уменьшением активных фронтов по полезному ископаемому т.к. верхние горизонты северного борта и южный борт достигают предельного положения. На оставшихся в работе горизонтах не обеспечивается необходимая длина активного фронта добычных работ.

Наиболее проблемным с точки зрения обеспечения равномерной и максимально полной загрузки ЦПТ является переходный - «конверсионный» период, когда, при сохранении общей производительности ГОКа по горной массе, в структуре продукции соотношение рудной и нерудной составляющей все больше смещается в сторону последней. *Основная сложность этого периода заключается в перманентной адаптивной оптимизации общекарьерного многопродуктового грузопотока, состоящего из отдельных монопродуктовых каналов, использующих общие каналы конвейерных трактов ЦПТ в последовательно-периодическом режиме.*

На основании табл. 1-3 и дополнительных расчетов был построен интегральный график грузопотока карьера ИнГОКа (рис. 2), который позволил визуализировать динамику перемещаемой горной массы в целом и по категориям «руда» - «вскрыша», в последнюю из которых и входят нерудные ППИ.

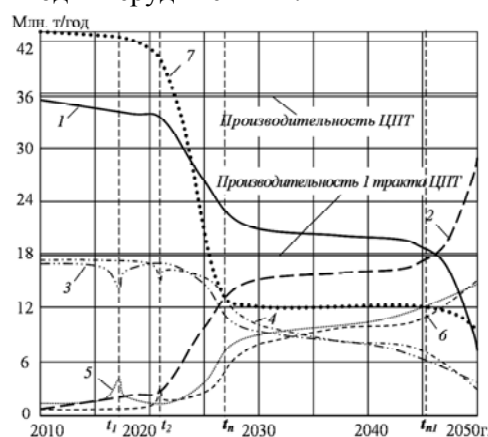


Рис. 2. Интегральный график грузопотока карьера ИнГОКа: 1 – рудный грузопоток; 2 - технический резерв ЦПТ карьера; 3,4 - рудопотоки трактов «Восточный» и «Западный»; 5,6 - технический резерв трактов «Восточный» и «Западный»; 7 - вскрышной грузопоток карьера. t_1 , t_2 - периоды перевода трактов «Восточный» и «Западный» на обслуживание новых концентрационных горизонтов; t_n - время возможности перевода ЦПТ на полное обслуживание породного грузопотока; t_{n1} - время возможности перевода породного грузопотока ЦПТ на полное обслуживание 1 трактом («Восточный»)

Анализ графика показывает, что до 2022 г. использование пульсаций производительности ЦПТ по руде для транспортирования нерудного сырья является крайне ограниченным.

Вместе с тем, в тот же период делают это крайне затруднительным и параметры рабочих площадок рудных и вскрышных уступов: буферно-аккумулирующие склады могут создаваться только за счет сдваивания уступов или устройства в борту врубовых пространств - пионерных заоткосок бортов до их проектных контуров. Если объем разрабатываемых в зоне ЦПТ пород превышает ее возможности, выделяют зону эффективного автотранспорта ($\leq 1,5$ км).

Реализация такого режима требует исключительно пропорционального согласования текущей добычи руд и ППИ, с тем, чтобы, если не исключить, то, по крайней мере, минимизировать объемы складирования последнего (буферный запас), соответственно межпульсационным возможностям ЦПТ [13-15], определяемым из анализа отчетности ИнГОК (рис. 3-7).

Из данных наблюдений следует, что: 3-4 стадии дробления и последующие конвейеры работают в одном неравномерном режиме; 3-4 стадия дробления загружена в среднем на 63% ПНМ, но есть пики, при которых загрузка доходит до 97%; конвейеры М13 и М14 загружены в среднем на 67% своей мощности, но есть пики, при которых они перегружены сверх мощности до 104%.

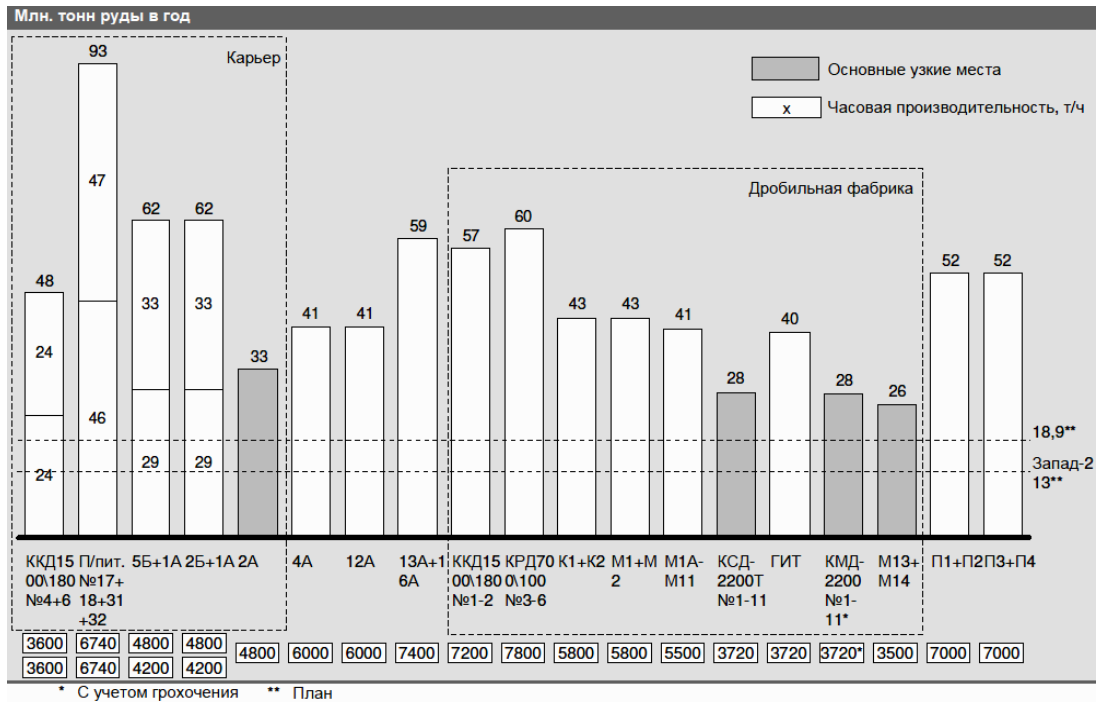


Рис. 3. Технический лимит оборудования западного тракта

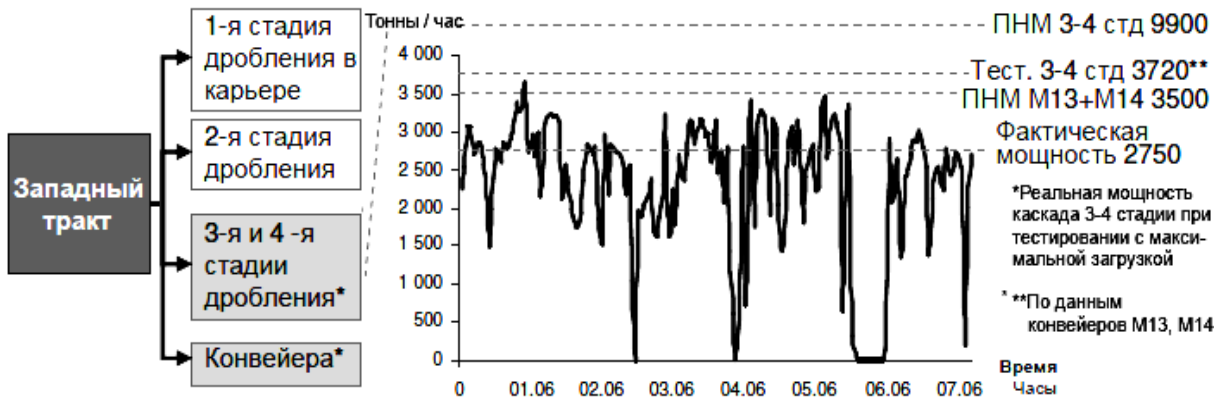


Рис. 4. Недельная почасовая производительность, (01.06-07.06) западного тракта - тракт работает в среднем на 67 % от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки

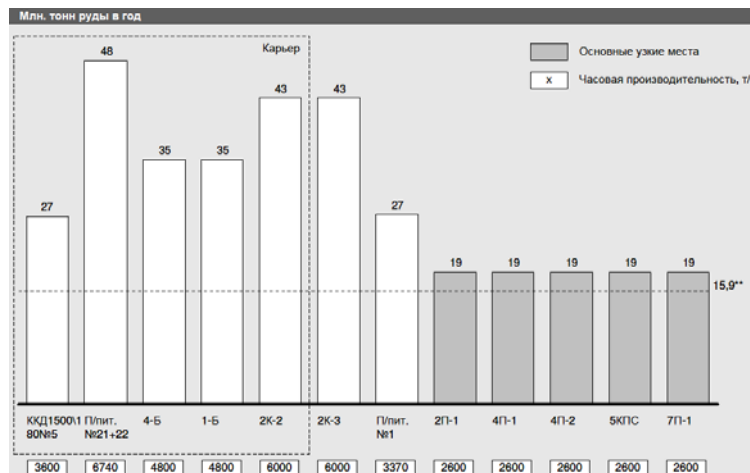


Рис. 5. Технический лимит оборудования восточного тракта



Рис. 6. Недельная почасовая производительность, (01.06-07.06) восточного тракта - тракт работает в среднем на 83 % от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки

Эти данные свидетельствуют о том, что и по восточному тракту: оборудование восточного тракта последовательно работает в одном режиме, который отслеживается по дробилке ККД №5 -180 м; средняя производительность 1-й стадии дробления составляет 2155 т/ч, или 45 % ПНМ; конвейер 7П1 загружен в среднем на 83 % своей мощности, но есть пики, при которых он перегружены сверх мощности, до 136 %.

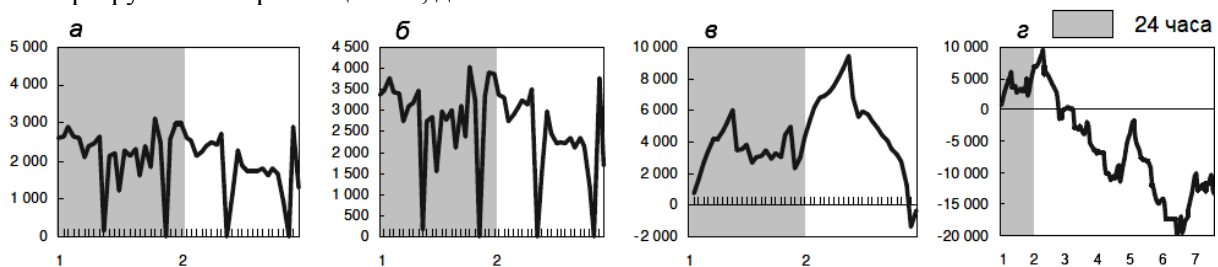


Рис. 7. Характер пульсации реальной загрузки восточного тракта

Несмотря на не совсем совершенную периодичность и регулярность, данные пульсации позволяют достаточно показательно оценить резервы и узкие места в данном звене ЦПТ:

1-2 июня (рис. 7а) - реальная загрузка восточного тракта происходит неравномерно, при средней загрузке 2 155 т/час максимальная загрузка доходит до 3000 т/час, перекрывая максимальную производительность тракта;

1-2 июня + 30 % (рис. 7б) - при повышении загрузки тракта на 30 % растет средняя производительность тракта, но колебания увеличиваются и максимальные значения значительно перекрывают максимальную производительность тракта;

заполнение бункера 1-2 июня +30 % (рис. 7в) - при работе тракта на постоянную среднемесячную мощность за 2 дня работы бункер достигает объема 10 тыс. т, потом опустошается до нуля и не обеспечивает среднюю загрузку тракта

заполнение бункера 1-7 июня +30 % (рис. 7г) - при работе тракта на постоянную среднемесячную мощность за 7 дней работы бункер достигает объема 10 тыс. т, потом опустошается до нуля и не обеспечивает среднюю загрузку тракта. Для обеспечения средней загрузки тракта в это время бункер должен был быть загружен на 30 тыс. т.

На данный момент использование бункера неоправданно из-за больших колебаний в течение продолжительного периода. Таким образом, постройка бункера перед ККД-180 м не может обеспечить равномерную загрузку восточного тракта.

Выводы. Как видно из изложенного, Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, имеется определенный потенциал для организации мультиструктурных грузопотоков даже в весьма стесненных условиях. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа необходим дальнейший глубокий системный анализ адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов.

Список литературы

1. Виницкий К.Е. О ресурсосберегающих технологиях и комплексном освоении недр. / Горные науки промышленности. -М.: Недра, -1989. - 15-21.
2. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов УССР. -К.: Наукова думка, 1984. - 417 с.

3. Шапар А.Г. и ин. Ресурсозберігаючі технології ви-добутку корисних копалин на кар'єрах України. –К.: Наукова думка, 1998. – 288 с.
4. Постоловский В.В., Добрынин А.Е., Пропоненко В.И. Реструктуризация горно-обогатительных предприятий. - Кривой Рог.: Минерал, 2000. – 334 с.
5. Комплексная разработка рудных месторождений / А.Д. Черных, В.А. Колосов, О.С. Брюховецкий и др.; под ред. А.Д. Черных. – К.: Техніка, 2005. – 376 с.
6. Юдин А.В., Мальцев В.А. Эволюция перегрузочных комплексов на глубоких карьерах // Горный журнал, 2002. –№ 4. – С. 37-42.
7. Шешко Е.Е., Картавий А.Н. Эффективный крутонаклонный конвейерный подъем глубоких карьеров // Открытые горные работы. – 2000. – № 3. – С. 21-25..
8. Mineral sizing at Mission // Mining magazine. – 1998. – November. – 37-39 pp.
9. Вайсберг Л. А., Зарогатский Л. П. Новое оборудование для дробления и измельчения материалов // Горный журнал. – 2000. – № 3. – С. 17-21.
10. Шеметов П.А. Особенности работы горно-транспортных комплексов при открытой разработке месторождения Мурунтау. http://giab-online.ru/files/Data/2005/2/16_SHemet12.pdf
11. Вайсберг Л. А., Баранов В.Ф. Состояние и перспективы развития циклично-поточных технологий // Горный журнал. – 2002, –№ 4. – С. 11-14, 66-72.
12. Снитка Н.П., Шеметов П.А. Развитие ЦПТ с крутонаклонным конвейером в глубоком карьере Мурунтау. // Горнопромышленные ведомости. <http://www.miningexpo.ru/news/21589> – 2012.
13. Афанасьев С.В., Жуков С.О.. Теоретичні засади менеджменту конверсії гірничорудних підприємств. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 246 с.
14. Жуков С.А., Федоренко С.А., Пузанов Е.В. Координация грузопотоков при переводе рудных карьеров на комплексное освоение недр // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТУ, 2002. - Вып. 78. - С. 32-36.
15. Федоренко С.А., Жуков С.А. Определение параметров формируемого участка карьера при многоканально-интегрированной транспортной схеме // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТ, 2007. - Вып. 91. - С. 31-36.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.16

УДК 622.271.33: 622.12

В.Г. БЛИЗНЮКОВ, д-р техн. наук, проф.,
С.А. ЛУЦЕНКО, И.В. БАРАНОВ, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ КРУТОПАДАЮЩИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Необходимость в определении перспективных конечных границ железорудных карьеров обусловлена тем, что после выхода горных работ на проектный контур карьеры будут работать в режиме ежегодного снижения (выбытия) производственной мощности, а для подготовки перекрытия такого выбытия потребуется 5-7 лет при любом способе разработки. При этом увеличится глубина разработки месторождения, а большая часть верхних горизонтов рабочей зоны будет погашена, что потребует вовлечения значительно большего объема инвестиций на освоения запасов за утвержденным проектным контуром карьера. В статье, на примере Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» показано определение перспективных контуров отработки карьера, выполнены исследования изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера. Перспективные границы Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже экономических показателей подобных горно-обогатительных комбинатов. По результатам проведенных исследований установлено, что прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн т. При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн м³. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектном контуре отработки карьера составляет 0,6 м³/т. При разработке месторождения в перспективном контуре отработки карьера коэффициент вскрыши будет составлять 0,81 м³/т. При разработке месторождения в перспективных контурах отработки карьера срок его эксплуатации может быть продлен до 43 лет против 37 (при работе в утвержденном контуре отработки).

Ключевые слова: границы железорудных карьеров, проектный контур, глубина карьера.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время на большинстве карьеров Кривбасса горные работы на верхних горизонтах подходят к границам карьера по поверхности. Этот период (10-12 лет) будет характеризоваться наибольшим эксплуатационным коэффициентом вскрыши. Именно за это время себестоимость руды и в целом затраты на производство концентрата достигнут допустимой величины. Величина эксплуатационного коэффициента вскрыши этого периода, определяющая конечные границы карьеров, может быть уменьшена за счет выбора направления развития горных работ и определения ра-

циональных контуров карьеров по поверхности. Уменьшение эксплуатационного коэффициента позволит расширить конечные границы карьеров, тем самым увеличить запас руды в контурах карьеров и промышленный потенциал горно-обогатительных комбинатов.

Кроме того, своевременное определение конечных контуров карьеров позволяет планировать потребность в земельных площадях под поверхностные здания и технологические сооружения, обеспечивающие нормальную работу горно-обогатительных комбинатов на длительное время. При этом немаловажное значение имеет и социальный фактор.

Необходимость уже сейчас определять перспективные конечные границы карьера обусловлена тем, что после указанного выше периода карьер будет работать в режиме ежегодного снижения (выбытия) производственной мощности, а для подготовки перекрытия такого выбытия потребуется 5-7 лет при любом способе разработки. При этом увеличится глубина разработки месторождения, а большая часть верхних горизонтов рабочей зоны будет погашена, что потребует вовлечения значительно большего объема инвестиций на освоения запасов за утвержденным проектным контуром карьера.

С определением перспективных конечных контуров карьера произойдет изменение объемов вскрышных пород, руды и ее качества, при которых необходимо установить его производственную мощность и период работы комбината.

Анализ исследований и публикаций. Вопросом определения границ карьеров занималось большое количество ученых. Наибольший вклад [1-5] в теории проектирования границ открытых горных работ принадлежат А.И. Стешенко, И.А. Кузнецову, П.И.Городецкому, А.И. Арсентьеву, В.В. Ржевскому, В.С. Хохрякову, В.Г. Близнюкову, А.К. Полищуку. Исследования по определению перспективных границ отработки карьеров проводились Академией горных наук Украины [6] и Государственным высшим учебным заведением «Криворожский национальный университет» [7]. В этих работах в основу определения граничного коэффициента вскрыши было положено сравнение показателей работы исследуемых предприятий с показателями подобных горно-обогатительных комбинатов. Экономическая эффективность и срок работы предприятия, полнота использования запасов полезных ископаемых и объемы инвестиций прямо зависят от границ открытых горных работ.

Цена товарной руды (продукции), которая зависит от ее качества, всегда определяла границы открытых горных работ. Однако на различных горнодобывающих предприятиях товарная продукция одного и того же качества может иметь различную цену реализации, что в свою очередь может внести ошибку при определении конечных контуров карьеров. Поэтому предложена методика определения граничного коэффициента вскрыши, которая позволяет избежать влияния неприродных и нетехнологических факторов на цену концентрата [8]. На основе проведенных исследований была разработана новая методика определения границ карьеров [9], с учетом изменения граничного коэффициента вскрыши во времени, которая позволяет определять конечную глубину проектируемого карьера с учетом возможного изменения объемов выемки вскрышных пород и добычи руды на базовых предприятиях-конкурентах, т.е. с учетом изменения их текущих коэффициентов вскрыши.

Это дает возможность предприятию оставаться конкурентоспособным в течении всего срока эксплуатации месторождения.

Постановка задач. Целью данной работы является исследование изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины проектируемого карьера, а также динамики с течением времени текущих коэффициентов вскрыши по ГОКах и горнодобывающим предприятиям Украины.

Такое исследование даст возможность решить вопрос определения перспективных границ проектируемых железорудных карьеров в зависимости от влияния технологических показателей карьеров-конкурентов.

В конечном итоге перспективные контуры должны обеспечить минимальное значение коэффициента вскрыши в целом по карьере [10].

Изложение материалов и результаты. Для выполнения исследований за основу был взят Первомайский карьер ПАО «Северный ГОК».

Для определения рациональной глубины Первомайского карьера наметили несколько вариантов контуров карьера по поверхности (рис. 1).

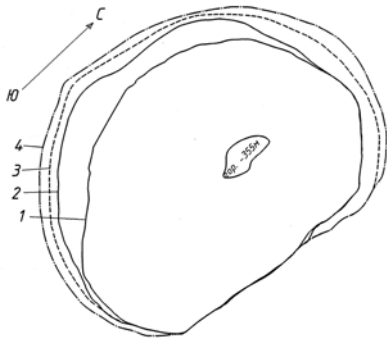


Рис. 1. Возможные контуры Первомайского карьера по поверхности: 1 - современное положение горных работ; 2 - контур карьера по первому варианту; 3 - по второму варианту; 4 - по третьему варианту

При построении контуров карьера и положения горных работ по мере их понижения приняты значения углов откосов бортов карьера к моменту их погашения согласно значениям представленных в работе [11]. Углы рабочих бортов карьера приняты согласно значениям, которые фактически достигнуты на Первомайском карьере.

Для этих вариантов были приняты следующие конечные глубины карьера H_k :

I вариант - нижняя отметка дна карьера «-565 м», $H_k=670$ м;

II вариант - положение дна карьера через 50 м, т.е. нижняя отметка дна карьера «-615 м», $H_k=720$ м;

III вариант – положение дна карьера через 120 м, т.е. нижняя отметка дна карьера в замковой части месторождения «-665 м», $H_k = 770$ м.

Характеристика Первомайского карьера по исследуемым вариантам представлена в табл. 1.

Таблица 1

Эксплуатационная характеристика Первомайского карьера

Показатели	Варианты конечной глубины карьера (H_k)		
	I вариант	II вариант	III вариант
Углы откосов рабочих бортов (α), град	16-20	16-20	16-20
Наибольший текущий коэффициент вскрыши n_m , м ³ /т	0,78	0,87	0,965
Глубина горных работ с наибольшим текущим коэффициентом вскрыши H_r , м	-355	-400	-445

По каждому из рассматриваемых вариантов, для определения максимальных текущих коэффициентов вскрыши, отстроили положение горных работ в момент их выхода по уровню дневной поверхности на проектные (конечные) контуры карьера. При построении календарных планов горных работ были использованы рекомендации «МИ-ЦЕНТР» [11]. Подвигание бортов карьера по каждому из рассматриваемых вариантов осуществляем в северном, южном и западном направлениях. Подвигание борта в восточном направлении не целесообразно, в связи с наличием на нем фабрики. Далее по каждому варианту производим расчеты объемов выемки руды и вскрышных пород и определяем максимальные текущие коэффициенты вскрыши.

По результатам расчетов построили графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера $n_{max} = f(H_k)$ (рис. 2).

Исходным для расчетов принято положение горных работ на 01.01.2014 г.

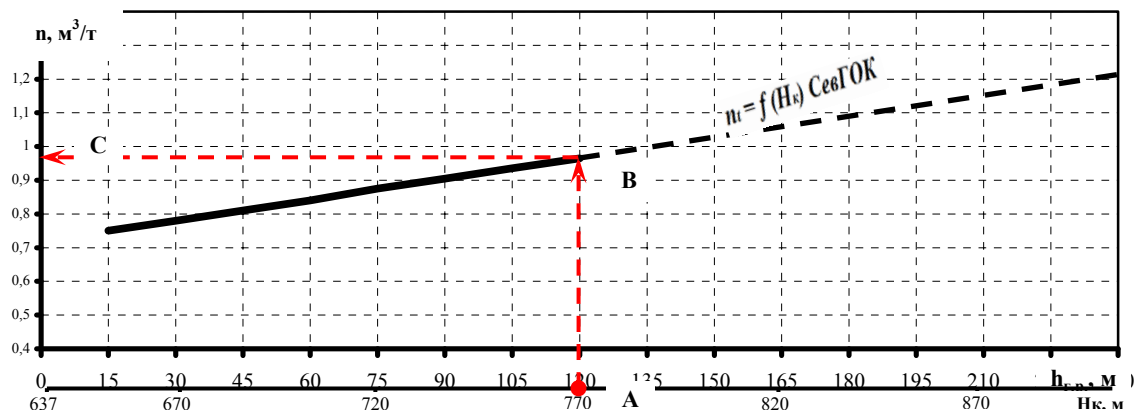


Рис. 2. Графики изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от увеличения конечной глубины карьера

Анализ вариантов конечной глубины карьера показал, что развитие контуров карьера по поверхности ограничивается наличием (за исключением отвалов на северном и юго-западном бортах карьера) транспортных коммуникаций, зданий и сооружений.

Максимальная перспективная глубина карьера, при которой нет ограничений развития контуров по поверхности составляет 770 м (сплошная линия $n_{m\max} = f(H_k)$ на рис. 2), при этом граничный коэффициент вскрыши составляет 0,97 м³/т (рис. 2 линия А-В-С). При увеличении перспективной глубины Первомайского карьера необходимо будет выполнить не только перенос (ликвидацию) выше указанных отвалов, но и перенос (или снос) транспортных коммуникаций, зданий и сооружений (пунктирная линия $n_{m\max} = f(H_k)$ на рис. 2).

Определение граничного коэффициента вскрыши и конечной глубины карьера на различных участках месторождения производили по разработанным методикам [8,9].

Их суть состоит в исключении влияния субъективных факторов на цену товарной продукции, которые делают неточным применение существующих методов определения конечных контуров карьеров.

Методика определения границ карьеров предусматривает применения граничного коэффициента вскрыши как величины не постоянной, а изменяющейся во времени, и такой, которая зависит от изменения текущих коэффициентов вскрыши на карьерах-конкурентах. Согласно этих методик граничный коэффициент вскрыши для Первомайского карьера определяли с учетом возможного изменения во времени объемов вскрышных пород и руды на базовых предприятиях-конкурентах.

Для этого проследили динамику (рис. 3) с течением времени текущих коэффициентов вскрыши по ГОКа и горнодобывающим предприятиям Украины (ЮГОКа, ЦГОКа, АМКР, ПГОКа и ИнГОКа, КЖРК).

Определим перспективные границы Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с каждым из перечисленных ГОКов.

Для этого на графике изменения наибольших текущих коэффициентов вскрыши в зависимости от изменения конечной глубины карьера отразим кривую выбранного граничного коэффициента вскрыши (рис. 4а,б).

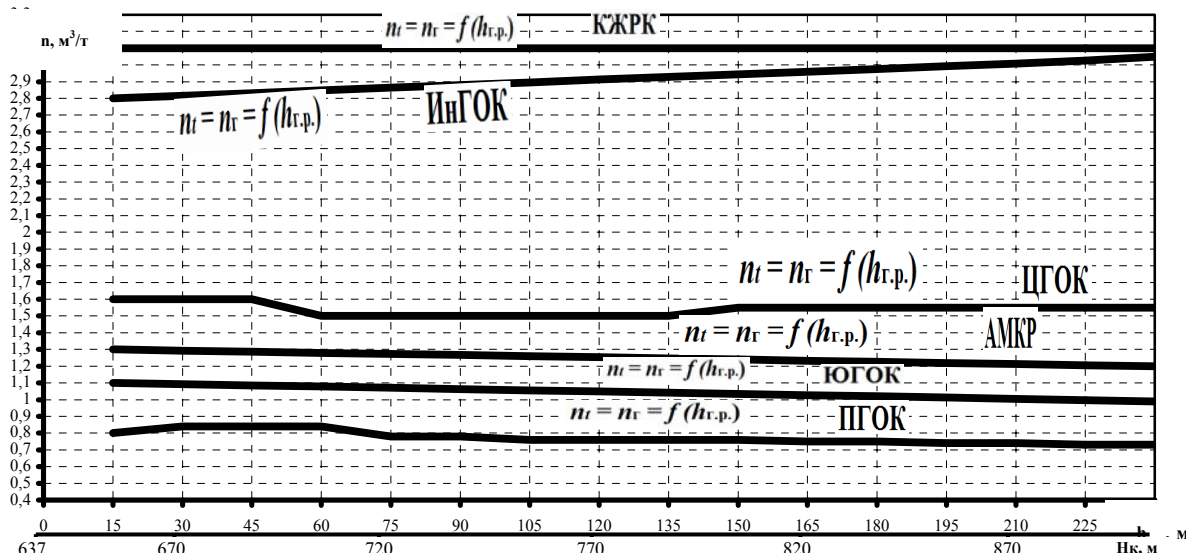


Рис. 3. Изменение во времени текущих коэффициентов вскрыши (граничных для Первомайского карьера) по карьерам-конкурентам

Затем определим точку пересечения кривой отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линиями граничных коэффициентов вскрыши.

От точек пересечения проводим вертикальные линии к оси абсцисс и определяем перспективную глубину карьера по сравнению с каждым из выше перечисленных ГОКов.

В качестве примера рассмотрим определение глубины Первомайского карьера по сравнению с экономическими показателями работы ПГОКа и ЮГОКа.

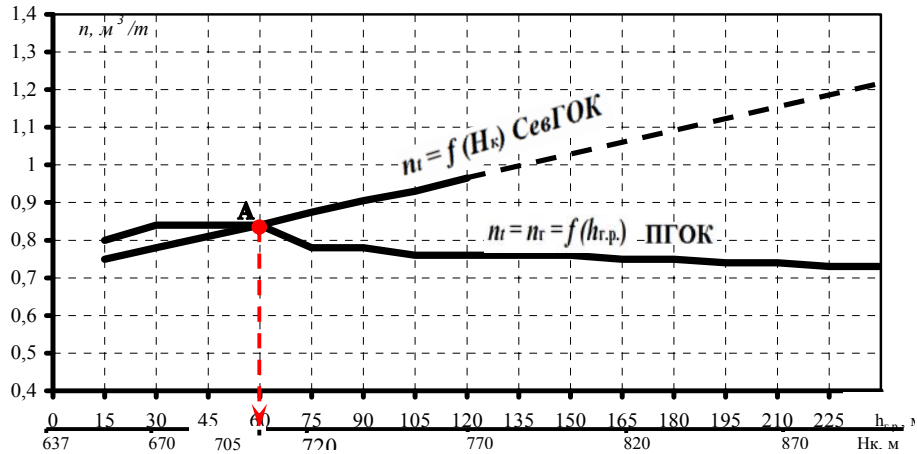


Рис. 4а. Графическое определение глубины Первомайского карьера

По сравнению с ПГОКом На рис. 4а отметим точку пересечения (точка А) линии, отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линией отражающей граничный коэффициент вскрыши (граничный коэффициент вскрыши составляет $n_{гр}=0,84 \text{ м}^3/\text{т}$).

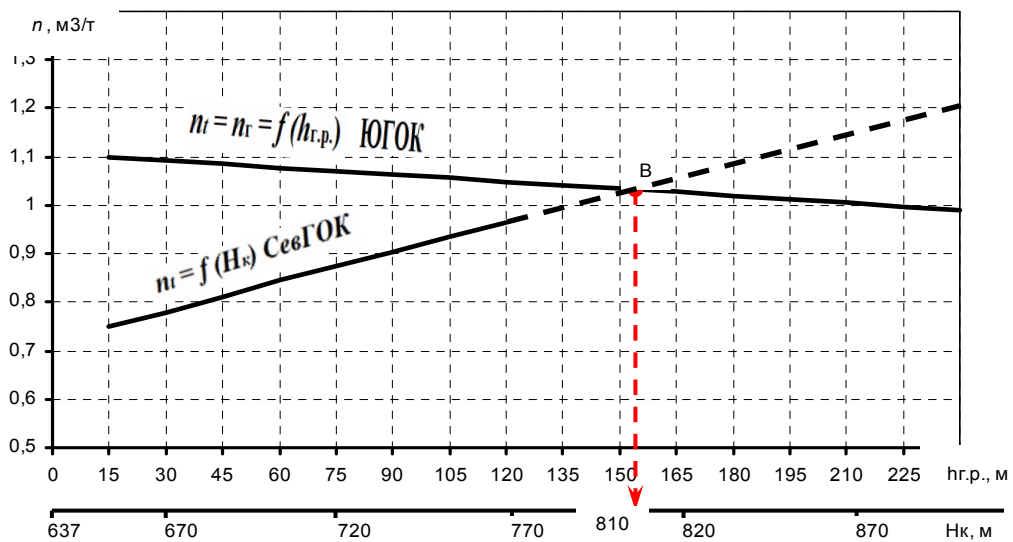


Рис. 4б. Графическое определение глубины Первомайского карьера

После этого из точки А проводим вертикальную линию на ось абсцисс и определяем перспективную глубину Первомайского карьера ($H_к=705 \text{ м}$).

По сравнению с ЮГОКом. На рис. 4б отметим точку пересечения (точка В) линии отражающей изменение наибольших текущих коэффициентов вскрыши с линией отражающей граничный коэффициент вскрыши (граничный коэффициент вскрыши составляет $n_{гр}=0,84 \text{ м}^3/\text{т}$).

После этого из точки В проводим вертикальную линию на ось абсцисс и определяем перспективную глубину Первомайского карьера ($H_к=810 \text{ м}$).

Перспективные границы Первомайского карьера, которые обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже подобных экономических показателей по сравнению с ГОКом и горнодобывающими предприятиями Украины (ЮГОКа, ЦГОКа, АМКР, ПГОКА и ИнГОКа, КЖРК) представлены в табл. 2.

Перспективная глубина Первомайского карьера (H_k) и ее увеличение, определенные по равенству экономических показателей горнодобывающих предприятий-конкурентов

Показатели	Предприятия-конкуренты					
	ПГОК	ЮГОК	АМКР	ЦГОК	ИнГОК	КЖРК
Глубина карьера H_k , м	705	810	890	>890	>890	>890
Прирост глубины карьера ΔH_k , м	35	140	220	>220	>220	>220

Из табл. 2 видно, что при увеличении конечной глубины Первомайского карьера минимум до 705 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 35 м) экономические показатели добычи и производства концентрата будут не хуже, чем на Полтавском ГОКе. Из этого следует, что по сравнению с другими ГОКами Украины эти показатели тем более будут не хуже.

В случае установления перспективной глубины карьера по экономическим показателям базовых предприятий-конкурентов ГОКов и горнодобывающих предприятий Кривого Рога перспективная конечная глубина Первомайского карьера, обеспечивающая конкурентоспособность его товарной продукции, составит минимум 810 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 140 м). Однако при данной глубине карьера контуры по поверхности требуют переноса части Северного автоотвала и транспортных коммуникаций практически по всему периметру карьера.

Максимальная перспективная глубина карьера, при которой нет ограничений развития контуров по поверхности составляет 770 м (прирост глубины относительно действующего проекта составит 100 м), т.е. при глубине разработки месторождения 770 м обеспечивается конкурентоспособность товарной железорудной продукции Первомайского карьера на внутреннем рынке Украины. Поэтому, в качестве перспективной конечной глубины Первомайского карьера рекомендуется глубина 770 м.

Выводы. Подсчитаны погоризонтные объемы выемки руды и вскрышных пород в перспективном контуре отработки карьера.

Прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн т. При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн м³. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектом контуре отработки карьера составляет 0,6 м³/т.

При разработке месторождения в перспективном контуре отработки карьера коэффициент вскрыши будет составлять 0,81 м³/т. При разработке месторождения в перспективных контурах отработки карьера срок его эксплуатации может быть продлен до 43 лет против 37 (при работе в утвержденном контуре отработки).

Список литературы

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров / А.И.Арсентьев. – 2-е издание переработанное и дополненное – М.: Недра, 1970. – 319 с.
2. Арсентьев А.И. Развитие методов определения границ карьеров / А.И.Арсентьев, А.К.Полищук // Л.: - Наука, 1967.
3. Ржевский В.В. Проектирование контуров карьеров. / В.В.Ржевский. – Москва.: - Metallurgizdat, 1956.
4. Хохряков В.С. Проектирование карьеров / В.С.Хохряков – М.: - Недра, 1980.
5. Близиюков В.Г. Определение главных параметров карьера с учетом качества руды / В.Г. Близиюков – М.: Недра, 1978. – 151 с.
6. Определение перспективных границ и производительности Первомайского карьера ПАО «СевГОК»: Отчет о НИР (заключит. Том I)//Академия горных наук Украины. № ГР 0115U002577.-Кривой Рог. 2014.- 93 с.
7. Определение перспективных границ карьера, обеспечивающих конкурентоспособность железорудной продукции Полтавского ГОКа: Отчет о НИР (заключит.) // Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет». № ГР 011U003099. - Кривой Рог, 2014.-115 с.
8. Близиюков В.Г. Исключение субъективных факторов при определении конечных контуров железорудных карьеров в составе ГОКов / Близиюков В.Г., Баранов И.В., Савицкий А.В. // Вісник Криворізького національного університету.- Кривий Ріг: КНУ, 2012. – Вип. 31. – С.3–6.
9. Близиюков В.Г. Совершенствование методов определения границ карьеров / Близиюков В.Г., Баранов И.В., Савицкий А.В. // Гірничий вісник. - Кривий Ріг. - КНУ, 2015. вип. 99. - С.3-9.
10. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых, К.: - Министерство промышленной политики Украины, 2007.
11. Научно-исследовательская работа «Определение рациональной стратегии развития транспортной схемы Первомайского карьера ПАО «СЕВГОК».- «МИ-ЦЕНТР», г. Кривой Рог, 2013.

С.В. ФІЛАТОВ, канд. техн. наук, доц., І.В. ГІРІН ст. викладач,
С.О. ЖУКОВ, В.С. ГІРІН, доктори техн. наук, професори
Криворізький національний університет

МАКСИМІЗАЦІЯ ВІДПОВІДНОСТІ ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ФАКТОРІВ РУХУ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ ЯК МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ РОБОТИ

У статті наведено результати досліджень щодо зменшення коефіцієнту опору кочення великовантажного кар'єрного автосамоскида за рахунок застосування нового поперечного профілю кар'єрної автодороги. Розкрито механізм впливу профілювання поверхні руху на енергетичні показники руху автосамоскида, а також – характер зміни плями контакту колеса з дорогою в залежності від характеристик гуми та умов її деформування. Наведено діючі технічні умови на повний комплект тягового обладнання великовантажного кар'єрного автосамоскида а також методи визначення швидкості руху останнього з урахуванням зміни параметрів поперечного профілю кар'єрного шляху. Зазначено, в якому напрямку зосереджуються наукові пошуки авторів: не тільки удосконалення запропонованих у попередні періоди методів і методик, але і самих підходів щодо пояснення механізму деформування великорозмірної гумової шини максимально навантаженого колеса при русі поверхнею змінного поперечного профілю з різними деформаційними та фрикційними характеристиками. Представлено методику проведення досліджень та їх результати, а також подано блок-схему основних реальних напрямків технічно можливого та технологічно доцільного підвищення швидкості руху усереднено типового великовантажного кар'єрного автосамоскида. Автори зосередили увагу на дослідженні впливу на параметри руху великорозмірного колеса характеру кривизни утворюючих профілю дороги, на відміну від досліджених раніше прямолінійних утворюючих. Доведено, що на експлуатаційну швидкість кар'єрного автосамоскида найбільш суттєво впливають: кут поперечного, відповідного колісним парам, центральносиметричного нахилу поверхні та ширина автодороги, а також значно залежні від цього коефіцієнти опору кочення та зчеплення шин. Запропонована методика дозволяє значно розвинути теоретичне обґрунтування експериментально підтвердженої гіпотези про зменшення коефіцієнту опору кочення при ввігнутому профілі кар'єрної автодороги. Також зменшення коефіцієнта опору кочення дає можливість знизити величину тяги та потужності на ведучих колесах великовантажного кар'єрного автосамоскида, що підвищує машинний ресурс для виконання додаткових обсягів перевезень. Оскільки транспортну роботу можна виконувати з меншими показниками потужності двигуна самоскида, то це в свою чергу забезпечує і зменшення енерговитрат - об'ємів пального на транспортування заданих обсягів гірничої маси.

Ключові слова: кар'єр, профіль дороги, кар'єрний автосамоскид, опір руху, великорозмірні колеса.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Зі збільшенням глибин залізрудних кар'єрів неминуче зростає собівартість руди, в якій основною зростаючою складовою є питома частка витрат на транспортування гірничої маси. Швидкість руху великовантажного кар'єрного автосамоскида є основним параметром його роботи, що визначає продуктивність, паливну економічність та знос основних його вузлів, агрегатів, систем та деталей.

Тому така актуальність транспортної проблеми глибоких кар'єрів обумовлює пошук її вирішення в напрямі формування комплексних підходів, які полягають в максимальному узгодженні зовнішніх і внутрішніх чинників транспортних процесів: власне машинних, дорожніх, а також - загальнокар'єрних.

Аналіз досліджень і публікацій. Наукові основи використання автомобільного транспорту на залізрудних кар'єрах і його взаємозв'язку з іншими технологічними процесами закладалися в працях Ржевського В.В. [1,2], Шешко Ю.Ф. [2], Васильєва М.В. [3], М.В. Мельникова [4], П.І. Томакова [5], Новожилова М.Г. [6] та ін.

Крім перерахованих робіт для встановлення порівняльної ефективності різних видів транспорту, пов'язаних з цим питань проектування кар'єрів та стійкості породних масивів є багато досліджень В.Ф. Бизова[7], Ю.П. Астаф'єва[8], О.С. Пригунова та ін.

На особливу увагу заслуговують праці З.Л. Сироткіна [9], В.Л. Яковлева О.О. [10], А.А. Белятинського [11] та ін.

Розрахункові показники основних видів кар'єрного транспорту, раціональне сполучення потужностей навантажувального і транспортного устаткування й обґрунтування їхніх параметрів знайшли відображення в роботах К.Є. Віницького [12].

У ряді робіт визначаються область застосування, схем різних видів транспорту і приводяться розрахунки основних параметрів, а також ряду техніко-економічних показників кар'єрного транспорту [13-15].

Розрахунок основних параметрів транспортного устаткування і техніко-економічних показників значною мірою доповнює монографія М.В. Васильєва, Б.В. Фадєєва, С.Л. Фісенко.

Постановка завдання. Раціональна швидкість руху - це така швидкість, за якої спостерігається найменша собівартість перевезень за весь період експлуатації автосамоскида. В той же час мінімальна собівартість перевезень забезпечується при максимально можливій у даних умовах продуктивності великовантажного автосамоскида.

За критерій оптимізації експлуатації великовантажного кар'єрного автосамоскида приймається його максимальна продуктивність за весь період експлуатації. Це можна забезпечити лише за рахунок підтримки найбільш можливої допустимої швидкості за умови повного дотримання правил безпеки при транспортуванні залізної руди.

Оскільки технічна швидкість великовантажного автосамоскида оговорюється паспортними даними заводу-виробника, то залишається підвищувати тільки експлуатаційну, найреальнішим з рішень чого є зменшення коефіцієнта опору кочення.

Враховуючи стан означеної проблеми та виявлені протягом виконаних теоретичних і експериментальних вишукувань тенденції щодо результативності поперечного профілювання кар'єрних автодоріг, автори зосередили увагу на дослідженні впливу на параметри руху великорозмірного колеса характеру кривизни утворюючих профілю, на відміну від досліджених раніше прямолінійних утворюючих.

Викладення матеріалу та результати. У Криворізькому національному університеті протягом багатьох років велися інтенсивні дослідження й експерименти щодо пошуку шляхів досягнення зазначеного. Одним з нетрадиційних підходів до вирішення проблеми було використання впливу поперечного профілю автодороги на параметри руху великовантажного кар'єрного автосамоскида.

Виконані експерименти переконливо довели вірність попередніх припущень і тому зараз постає питання щодо промислового впровадження розробленого рішення, яке включає в себе не тільки методи теоретичного обґрунтування характеристик зазначеного профілю, але й технологію профілювання поверхні руху транспортних бERM кар'єрів.

Яка ж природа явища і чому мова йде саме про кар'єрні великовантажні автосамоскиди, а не про автомобілі загального користування?

Як показав аналіз результатів виконаних досліджень і спостережень в натурних умовах, основним фактором, який зумовлює зміну показників режиму руху колеса великого діаметру, в тому числі і значення коефіцієнту опору кочення, є особливості деформування гумової шини, зовнішнім проявом чого можна розглядати зміну форми й орієнтації плями контакту її з поверхнею руху. Внаслідок того, що автомобільні колеса мають розвал та сходження, саме ввігнутий поперечний профіль поверхні руху забезпечує максимальну відповідність орієнтації цих плям контакту напряму руху автосамоскида в енергетичному відношенні. За цих умов зміна фіксованих показників суттєво відрізняється при спостереженні за рухом звичайних автомобілів і великовантажних, що пояснюється близькістю деформативних характеристик самої гуми їхніх шин, але різними пропорціями останніх і зовнішніми умовами деформування.

Це стає повністю зрозумілим та навіть очевидним на прикладі поняття і сенсу масштабу моделювання при створенні й дослідженні фізичних моделей. Тобто, при схожості фізичних параметрів матеріалів різномасштабних моделей, геометричні та питомі сили - змінюються радикально. Саме з цих причин значний ефект проявляє себе тим слабше, чим меншим є розмір шини автомобіля і навантаження на неї. Тому сьогодні говорити про ефективність та перспективність корисного використання розглянутого ефекту стосовно автомобілів загального користування - не має сенсу. Тим більше, що дане рішення - поперечне профілювання доріг - не є реальним в умовах інтенсивності руху, маневрування та динамічно мінливих швидкостей автомобілів на дорогах загального користування, на відміну від відносно більш статичних і переважно сталих режимів руху самоскидів кар'єрних.

Основним фактором, що впливає на профіль дороги, а звідси - й на швидкість руху великовантажного кар'єрного автосамоскида, є підвищений нагрів тягових електричних двигунів, встановлених у задніх колісних редукторах. На більшості сучасних великовантажних кар'єрних автосамоскидів застосовується електромеханічна трансмісія з дизель-електричним приводом і саме такими тяговими колісними електродвигунами. Так, наприклад, згідно діючих технічних

умов, на повний комплект тягового обладнання для великовантажного кар'єрного автосамоскида ТУ 16-739.105-82 воно повинне забезпечувати:

нормальний тяговий режим з довгостроковою реалізацією динамічного фактору при поздовжньому ухилі кар'єрної автодороги в 65 %;

з реалізацією чотирьохвилинного динамічного фактору при поздовжньому ухилі кар'єрної автодороги у 100 %;

з реалізацією протягом 5 секунд динамічного фактору до 220 %;

безперервне електродинамічне гальмування порожнього автосамоскида, а також підгальмування протягом 1-1,5 хвилин завантаженого автосамоскида зі швидкістю 20-30 км/год. на ухилі у 80 %.

Для визначення швидкості руху великовантажного автосамоскида можна застосувати три методи: графоаналітичний, статистичний і метод, заснований на моделюванні процесу руху великовантажного автосамоскида.

Перший метод є досить відомим і застосовується при проектуванні кар'єрів, але на гірничих підприємствах при розрахунках продуктивності великовантажного автосамоскида його не використовують. Графоаналітичний метод дає не точні показники швидкості на 20-30 %, тому, що не враховує перехідні режими руху великовантажного автосамоскида. При використанні потужних та дорогих автомобілів цей метод не може бути застосованим. Він використовується тільки у порівнянні різноманітних моделей однотипних автосамоскидів.

Для визначення параметрів швидкості руху кар'єрного автосамоскида необхідно використовувати статистичний метод, який базується на проведенні хронометражних спостережень і результатів експериментальних досліджень, або метод моделювання процесу руху автосамоскида.

Останній метод поки що не набув широкого застосування у проектній практиці щодо гірничовидобувних підприємств, але, враховуючи його високу точність і доступність, у перспективі, на наше переконання, метод моделювання процесу руху великовантажного автосамоскида буде застосовуватися на більшості кар'єрів України й світу.

Життєздатність цього перспективного методу обґрунтовано застосуванням нового покоління великовантажних кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією, які у майбутньому будуть домінувати на відкритих гірничих роботах, а також - застосуванням сучасних комп'ютерних засобів і програмного забезпечення, якими можна адекватно моделювати рух великовантажного автосамоскида з оперативною інформативною візуалізацією процесу. Саме в даному напрямку зосереджуються на сьогодні наукові пошуки авторів щодо широкого впровадження розробленого рішення. А це, насамперед, - не тільки удосконалення запропонованих у попередні періоди методів і методик, а де в чому - і самих підходів щодо пояснення, принаймні - трактування самого механізму деформування великорозмірної гумової шини максимально навантаженого колеса при русі поверхнею змінного поперечного профілю з різними деформативними та фрикційними характеристиками.

З урахуванням гірничотехнічних, дорожніх та кліматичних умов, а також при поступовому впровадженні у проектну практику систем автоматичного проектування, моделювання руху великовантажного кар'єрного автосамоскида в залежності від його вантажопідйомності буде одним із основних процесів при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом. Крім того, багатьма дослідженнями, проведеними за останні роки різноманітними компаніями, дозволили виявити закономірності від різноманітних факторів і описати їх відповідними математичними рівняннями.

Експлуатаційна швидкість великовантажного кар'єрного автосамоскида є кількісною і якісною характеристикою ефективності процесу транспортування залізної руди на відкритих гірничих роботах. Ця швидкість призначається керівництвом підприємства з урахуванням техніки безпеки при транспортуванні залізної руди, а також тягово-швидкісними, динамічними та навантажувальними характеристиками цих автосамоскидів.

Оскільки кар'єрні автодороги відносяться до внутрішніх автошляхів, розташованих в межах гірничо-видобувних підприємств, і забезпечують виконання технологічних процесів гірничих робіт з виключно внутрішніми вантажопотоками, ізолюваними від міських мереж, то зазначене їх поперечне профілювання значно спрощується в організаційному плані, а відтак - підвищення експлуатаційної швидкості руху великовантажних кар'єрних автосамоскидів стає повністю реальним, тим більше, що не вимагає значних додаткових, не лише капітальних, але й

поточних витрат, є всі підстави стверджувати, що в разі упровадження ці витрати окупляться протягом уже першого року, позитивно впливаючи на показники технологічних процесів транспортування руд та порід розкриття. Блок-схему основних напрямків підвищення швидкості руху кар'єрних автосамоскидів представлено на рис. 1.



Рис. 1. Основні напрямки можливого підвищення швидкості руху великовантажного кар'єрного автосамоскида залежно від зовнішніх та внутрішніх факторів: 1 - максимально повна адаптація системи розробки кар'єру; 2 - оптимізація граничних горизонтів в межах глибин автоперевезень; 3 - зміна висоти уступу; 4 - забезпечення буровибуховими роботами відповідності самоскиду характеристик гірської маси та її стану; 5 - оптимізація технологічних комплексів за параметрами навантажувального і транспортного обладнання; 6 - зменшення висоти підйому вантажу шляхом оптимізації розміщення складів та концентраційних горизонтів; 7 - зменшення опору кочення; 8 - підвищення коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою; 9 - поліпшення гальмівних якостей; 10 - застосування раціональних методів водіння; 11 - підвищення мотивації праці водіїв; 12 - підвищення потужності двигуна; 13 - збільшення ККД трансмісії; 14 - поліпшення аеродинамічних якостей; 15 - оснащення автомобілів сучасними засобами позиціонування; 16 - удосконалення систем спостереження; 17 - удосконалення системи диспетчеризації кар'єрного транспорту; 18 - раціональне формування та перерозподіл загальних вантажопотоків; 19 - формування однотипних вантажопотоків у структурі загальнокар'єрного; 20 - зменшення кількості автосамоскидів; 21 - упровадження комп'ютеризованих АСУТП та відповідного сучасного ПЗ; 22 - зміна відстані транспортування; 23 - зменшення кута підйому доріг; 24 - збільшення радіусів поворотів; 25 - збільшення ширини доріг; 26 - профілювання кар'єрних автодоріг

вації праці водіїв; 12 - підвищення потужності двигуна; 13 - збільшення ККД трансмісії; 14 - поліпшення аеродинамічних якостей; 15 - оснащення автомобілів сучасними засобами позиціонування; 16 - удосконалення систем спостереження; 17 - удосконалення системи диспетчеризації кар'єрного транспорту; 18 - раціональне формування та перерозподіл загальних вантажопотоків; 19 - формування однотипних вантажопотоків у структурі загальнокар'єрного; 20 - зменшення кількості автосамоскидів; 21 - упровадження комп'ютеризованих АСУТП та відповідного сучасного ПЗ; 22 - зміна відстані транспортування; 23 - зменшення кута підйому доріг; 24 - збільшення радіусів поворотів; 25 - збільшення ширини доріг; 26 - профілювання кар'єрних автодоріг

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, на експлуатаційну швидкість кар'єрного автосамоскида найбільш суттєво впливають: кут поперечного, відповідного колісним парам, центральносиметричного нахилу поверхні та ширина автодороги, а також значно залежний від цього коефіцієнт опору кочення та зчеплення шин.

Запропонована методика дозволяє значно розвинути теоретичне обґрунтування експериментально підтвердженої гіпотези про зменшення коефіцієнту опору кочення при ввігнутому профілі кар'єрної автодороги, який складає 0,026 порівняно з цим коефіцієнтом при русі автосамоскида дорогою з випуклим профілем, який за цих умов зростає до 0,044 й вище.

Роблячи підсумок, можна сказати, що вже на даному етапі поглиблених досліджень усе більш конкретно проглядаються не тільки теоретичні результати, але й практична їх перспективність, адже зі зменшенням коефіцієнту опору кочення коліс великовантажного кар'єрного автосамоскида підвищується його швидкість, яка впливає на продуктивність перевезень.

Також зменшення коефіцієнта опору кочення дає можливість знизити величину тяги та потужності на ведучих колесах великовантажного кар'єрного автосамоскида, що підвищує машинний ресурс для виконання додаткових обсягів перевезень. Оскільки транспортну роботу можна виконувати з меншими показниками потужності двигуна самоскида, то це в свою чергу забезпечує і зменшення енерговитрат - об'ємів пального на транспортування заданих обсягів гірничої маси.

Подальші дослідження варто присвятити поглибленому дослідженню закономірностей взаємодії коліс великовантажного кар'єрного автосамоскида зі шляхом, профільованим нелінійними утворюючими.

Список літератури

1. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров. - М.: Недра, 1977. - 598 с.
2. Астахов А.С. Динамические методы оценки эффективности горного производства. - М.: Недра, 1973. - 271 с.
3. Шешко Е.Ф., Ржевский В.В. Основы проектирования карьеров. - М.: Недра, 1977. - 355 с.
4. Васильев М.В., Смирнов В.П., Кулешов А.А. Эксплуатация карьерного автотранспорта. - М.: Недра, 1979. - 280 с.
5. Мельников Н.В., Фадеев Б.В. К решению научных и технических проблем глубоких карьеров // Физико-технические горные проблемы: Сб. - М.: Наука, 1971. - С. 5-10.
6. Томаков П.И. Структура комплексной механизации карьеров с техникой цикличного действия. - М.: Недра, 1976. - 232 с.

7. Новожилов М.Г., Бондарь С.А., Дриженко Ю.А. Область применения перспективных видов транспорта на глубоких карьерах // Горн. журн. - 1972. - № 12. - С. 34-37.
8. Бызов В.Ф., Мартыненко В.П., Станков А.П. Железородная промышленность глазами международных экспертов. - Кривой Рог: Минерал, 1995. - 35 с.
9. Астафьев Ю.П., Полищук Г.К., Горлов Н.И. Планирование и организация погрузочно-транспортных работ на карьерах. - М.: Недра, 1986. - 168 с.
10. Сироткин З.Л., Альтшулер В.М., Казарез А.Н. Надежность карьерных автосамосвалов. - М.: Недра, 1974. - 72 с.
11. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. - Новосибирск.: Наука. Сиб. отделение, 1989. - 240 с.
12. Белятынский А.А. и др. Проектирование автомобильных дорог с учетом экономии энергоресурсов / А.А. Белятынский, Л.В. Василенко, А.М. Романюха. - К.: Будівельник, 1990. - 104 с.
13. Виницкий К.Е. Оптимизация технологических процессов на открытых горных разработках. - М.: Недра, 1976. - 280с.
14. Тымовский Л.Г. Комбинированный транспорт на карьерах. - М.: Госгортехиздат, 1963. - 120 с.
15. Жуков С.А., Филатов С.В., Гирич В.С. Состояние карьерного транспорта, пути его обновления и модернизации // Гірничя електромеханіка та автоматика. - Дніпропетровськ: НГУ, 2002. - №68. - С. 64-66.
16. Автомобільні двигуни / І.І. Тимченко, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, М.Р. Муджобасв / За ред. І.І. Тимченка. - Х.: Основа, 1995. - 464 с.

Рукопис подано до редакції 22.03.16

УДК 622.807:502.175

М.Ф. ЄВДОКИМЕНКО, Є.В. ФРАНЦЕВ, М.В. БОНДАР, М.К. КУРІНОВА,
НДІБПГ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МОНІТОРИНГ ТА ПРОГНОЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ МАСОВИХ ВИБУХІВ У ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ КРИВ БАСУ

Викиди забруднюючих речовин під час проведення масових вибухів є залповими, тобто за короткий час у повітря викидається значна кількість забруднювачів. При цьому виникає небезпека перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони та на межі житлової забудови. При визначенні місця відбору проб враховується місце розташування блоку, що підривається, параметри буро-вибухових робіт, напрям вітру, відстань до цього блоку. Крім визначення концентрацій забруднюючих речовин, що утворюються під час проведення масових вибухів, НДІБПГ КНУ проводить моніторинг природоохоронних заходів, які підприємство застосовує для боротьби з викидами. Важливим аспектом попередження забруднення атмосферного повітря при масових вибухах є прогнозні розрахунки приземних концентрацій на межі СЗЗ перед проведенням вибухів. Знання наслідків масового вибуху дозволить оперативно відкоригувати технологію ведення вибухових робіт у частині застосування заходів з пилогазоподавлення. Для вирішення цього питання необхідно розробити модель прогнозних розрахунків стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів на підставі комп'ютерних програм, затверджених Мінприроди України. В цьому випадку визначаються еквівалентні максимальні разові викиди (ЕМРВ) забруднюючих речовин, приведені до двадцятихвилинного інтервалу осереднення, величини яких можна використати як вихідні дані для програми розрахунків розсіювання ЕОЛ. Як показують результати розрахунків, вони мають досить велику збіжність з фактичними приземними концентраціями, отриманими шляхом вимірювань на підфакельних постах.

Ключові слова: масовий вибух, моніторинг, забруднюючі речовини, приземні концентрації, прогнозні розрахунки.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Викиди забруднюючих речовин під час проведення масових вибухів у кар'єрах є залповими, тобто за короткий час у повітря викидається значна кількість забруднювачів. При цьому виникає небезпека перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони та на межі житлової забудови. Непоодинокі скарги жителів прилеглих до кар'єрів житлових масивів на забруднення повітря масовими вибухами підтверджують наявність проблеми та необхідність її вирішення. Тому суворе дотримання технології вибуху, а також моніторинг стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів є практичним завданням для виробничників та екологічних служб міста.

НДІБПГ КНУ протягом багатьох років займається вимірюванням вмісту в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, що викидаються під час масових вибухів. Вимірювання проводяться на підфакельних постах на межі санітарно-захисної зони та житлової забудови прилеглих

лих районів. За період з 2003 року, коли почалися вимірювання, накопичений великий досвід у проведенні таких робіт та напрацьовано достатньо матеріалу для його обробки та систематизації.

Важливим аспектом попередження забруднення атмосферного повітря при масових вибухах є прогнози розрахунки приземних концентрацій на межі СЗЗ перед проведенням вибухів. Знання наслідків масового вибуху дозволить оперативно відкоригувати технологію ведення вибухових робіт у частині застосування заходів з пилогазоподавлення. На жаль сьогодні немає затвердженої методики та комп'ютерної програми щодо проведення цих розрахунків, тому вирішення цього питання також є актуальним.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботах [1-4] наведено результати досліджень стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів у кар'єрах Кривбасу. Дослідження запиленості й загазованості повітря на межі санітарно-захисної зони від кар'єрів показали, що концентрації шкідливих газів оксиду вуглецю та оксидів азоту не перевищують гранично допустимих концентрацій для житлових масивів. Концентрація пилу в цих же точках в ряді випадків перевищує ГДК і залежить від обсягу вибухових речовин, глибини залягання блоку порід, що підривається, рельєфу місцевості, метеорологічних параметрів. У результаті обробки експериментальних даних, отримана емпірична формула, що дозволяє розрахувати запиленість повітря на межі санітарно-захисної зони від кар'єра в залежності від вищевказаних параметрів.

Однак в роботі не наведено дані щодо фактичних вимірюваних концентрацій забруднюючих речовин. Емпірична формула для визначення концентрацій забруднюючих речовин не враховує кількість блоків, що підриваються та їх розташування, а також різну відстань визначення концентрацій.

Запиленість і загазованість повітря на різних відстанях від кар'єрів після масових вибухів визначається за відомими аналітичними рішеннями рівняння турбулентної дифузії [5-9]. Цей метод дозволяє різнобічно підійти до прогнозу забруднення повітря на різних відстанях від кар'єрів з урахуванням зміни таких важливих параметрів, як стан атмосфери і дисперсність пилу. Провести розрахунок розсіювання домішок в приземному шарі атмосфери після масових вибухів можна за методикою НДІБПГ [10]. Однак ця методика призначена для визначення концентрацій забруднюючих речовин у пилогазовій хмарі, як у миттєвому джерелі, і не враховує необхідний 20-хвилинний інтервал осереднення концентрації забруднюючих речовин у хмарі під час руху над землею поверхнею, що потрібно згідно керівного документа [11]. Крім того, відсутні затверджені Мінприроди України комп'ютерні програми, розроблені за даною методикою, що не дозволяє оперувати великою кількістю вхідних даних та отримувати необхідні результати щодо прогнозу стану атмосфери під час проведення масових вибухів.

Постановка завдання. Питанням, що потребує вирішення, є аналіз багаторічних досліджень стану атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони та житлової забудови під час проведення масових вибухів у кар'єрах та розробка методики прогнозного оцінювання величин приземних концентрацій забруднюючих речовин у визначених точках СЗЗ та житлової забудови. Для вирішення цього питання необхідно визначити середні максимальні разові концентрації забруднюючих речовин у точках відбору проб та розробити модель прогнозних розрахунків стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів на підставі комп'ютерних програм, затверджених Мінприроди України.

Викладення матеріалу та результати. За основу аналізу взяті вимірювання, що проводилися на кар'єрах ПАТ «АМКР» в період 2008-15 рр. За цей час було проведено 354 відбору проб повітря.

Дослідження проводяться на кар'єрах № 2-біс та № 3 ПАТ «АМКР». Найближчий житловий масив від кар'єра № 2-біс (с. Шевченка) знаходиться на відстані 1000 м, найближчий житловий масив від кар'єра № 3 (с. Всебратьське) розташоване на відстані 1,5 км.

Вибір точки відбору проб з урахуванням місця розташування блоку, що підривається, в кар'єрі здійснюється так. Точка відбору проб повітря для визначення концентрацій забруднюючих речовин, що утворюються під час проведення масового вибуху, встановлюється на межі санітарно-захисної зони кар'єра, або на межі житлового масиву з підвітряного боку кар'єра. При визначенні місця відбору проб враховується місце розташування блоку, що підривається, параметри буровибухових робіт (довжина і ширина блоку, що підривається), напрям вітру, відстань до цього блоку. У разі підривання декількох блоків, при неможливості встановлення більше одного поста спостереження, точка відбору проб вибирається відносно блоку, де підривається найбільша кількість вибухових речовин.

Ширина смуги, в якій знаходиться точка відбору проб, визначається за умови максимального часу проходження пилогазової хмари через точку відбору проб. Це означає, що через точку повинна пройти частина хмари, що має максимальний розмір по ходу руху. Ця частина хмари визначається виходячи з розташування блоку, що підривається, по відношенню до напрямку вітру.

Методика відбору проб полягає в наступному. Для організації місця відбору проб вибирається відкритий, провітрюваний з усіх боків майданчик з твердим та не курним покриттям, з підвітряного боку кар'єру. Відбір проб проводиться на висоті 1,7 м над поверхнею землі.

Одночасно з відбором проб повітря проводяться метеорологічні спостереження за швидкістю та напрямком вітру, температурою повітря та барометричним тиском. Час початку відбору проб після вибуху розраховується виходячи з вимірної швидкості повітря та відстані до найближчого блоку, що підривається. Після закінчення розрахованого часу вмикається аспіратор і протягом 20 хвилин проводиться відбір проб повітря на запиленість і загазованість.

Проби пилу відбираються на фільтр АФА-ВП-10, проби шкідливих газів відбираються у мішок з поліетиленової плівки з подальшим аналізом на газоаналізаторі MiniWarn.

Проводяться вимірювання пилу, оксидів азоту (NO_x) та оксиду вуглецю (CO).

Результати промислових досліджень запиленості та загазованості повітря на межі СЗЗ та житлової забудови під час проведення масових вибухів у кар'єрах ПАТ «АМКР» за період 2008-2015 рр. наведено на рис. 1.

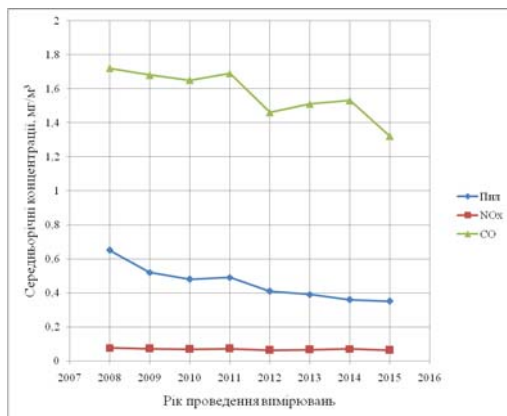


Рис. 1. Середньорічні максимальні разові концентрації пилу, NO_x та CO на межі СЗЗ під час проведення масових вибухів у кар'єрах №2-біс та №3 ПАТ "АМКР"

За даними моніторингу стану повітря під час проведення масових вибухів у кар'єрах ПАТ «АМКР» можна зробити висновок про те, що з 2008 р. по 2015 р. середні максимальні разові концентрації забруднюючих речовин мають тенденцію до зниження. Так у 2008 р. середня концентрація пилу склала $0,65 \text{ мг/м}^3$, NO_x - $0,076 \text{ мг/м}^3$, CO - $1,72 \text{ мг/м}^3$. При цьому мінімальні і максимальні концентрації склали: пил - $0,13\text{-}3,60 \text{ мг/м}^3$, NO_x - $0,027\text{-}0,083 \text{ мг/м}^3$, CO - $1,0\text{-}4,4 \text{ мг/м}^3$. У 2015 р. середні концентрації склали:

пил - $0,35 \text{ мг/м}^3$, NO_x - $0,063 \text{ мг/м}^3$, CO - $1,32 \text{ мг/м}^3$, мінімальні та максимальні концентрації мали значення: пил - $0,23\text{-}0,43 \text{ мг/м}^3$, NO_x - $0,033\text{-}0,113 \text{ мг/м}^3$, CO - $0,17\text{-}4,88 \text{ мг/м}^3$.

Загальне зниження середніх концентрацій забруднюючих речовин пояснюється поглибленням гірничих робіт у кар'єрах № 2-біс та № 3 за цей час приблизно на 50 м, через що більша частина пилу та газів не залишає кар'єрного простору, а осідає в кар'єрі.

Крім того впровадження сучасних емульсійних вибухових речовин та засобів підривання, а також постійне застосування природоохоронних засобів дозволило зменшити питомі викиди забруднюючих речовин на кар'єрах підприємства. В останні роки під час підривання блоків, що знаходяться на нижніх горизонтах, газопилова хмара майже не виходила з кар'єру, а от при підриванні верхніх горизонтів максимальні концентрації наближалися до гранично допустимих.

Схожі тенденції спостерігаються й на інших кар'єрах Кривбасу.

Відповідно до [12] на кар'єрах повинні впроваджуватися природоохоронні заходи щодо зменшення викидів забруднюючих речовин під час ведення різних технологічних операцій, в тому числі й вибухових робіт. Крім визначення концентрацій забруднюючих речовин, що утворюються під час проведення масових вибухів, НДІБПГ КНУ на кар'єрах ПАТ «АМКР» проводить моніторинг природоохоронних заходів, які підприємство застосовує для боротьби з викидами. На сьогодні це зовнішня та внутрішня водяні набійки, підривання на підпірну стінку з гірничої маси, що була підривана раніше (підривання в затиснутому середовищі), зволоження матеріалу штатної набійки водою. Як показують результати моніторингу, підприємство у повному обсязі виконує зазначені заходи з пилоподавлення, завдяки чому також в останні роки приземні концентрації забруднених речовин не перевищують гранично допустимих.

Незважаючи на зменшення середніх за рік максимальних концентрацій забруднюючих речовин не залишає бути актуальним питання розрахунків прогнозного забруднення атмосферного повітря під час проведення масових вибухів у кар'єрах, щоб завчасно попередити негативні наслідки вибуху.

На сьогодні відсутні як затверджена методика визначення максимальних разових приземних концентрацій під час проведення масових вибухів, так і програми щодо реалізації цієї методики в комп'ютерних програмах. Однією з популярних програм розрахунків забруднення атмосфери є програма ЕОЛ різних версій, що затверджена Мінприроди України, і яка базується на нормативній методиці розрахунків концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств ОНД-86 [13].

Згідно з [13] розрахунками визначаються разові концентрації, що відносяться до 20-30-хвилинного інтервалу осереднення [14-16]. Масовий вибух - це процес швидкоплинний, викид забруднюючих речовин при цьому є залповий, його тривалість складає максимум кілька десятків секунд. Величина масової витрати матеріалу за цей час сягає десятків тонн.

Тому, наприклад, під час розробки дозвільних документів на викиди забруднюючих речовин масові вибухи нормуються як залпові і для них розраховуються тільки маси річних викидів забруднюючих речовин.

При цьому оцінка впливу на навколишнє середовище у вигляді розрахунків розсіювання не проводиться.

Але бувають випадки, коли необхідно провести розрахунки розсіювання забруднюючих речовин під час проведення масового вибуху в кар'єрі, наприклад, для прогнозу оцінки впливу вибуху на навколишні території.

В цьому випадку визначаються еквівалентні максимальні разові викиди забруднюючих речовин, приведені до двадцятихвилинного інтервалу осереднення, величини яких можна використати як вихідні дані для програми розрахунків розсіювання ЕОЛ.

Розрахунки еквівалентних максимальних разових викидів забруднюючих речовин для проведення розрахунків забруднення атмосфери під час проведення масових вибухів проводяться по [10] з урахуванням [13,14] за формулою, г/с

$$M_{mp} = 0,0329 \cdot Q_{bl}^{-0,08} \cdot q_{пит} \cdot (1 - \eta) \cdot V \cdot t, \quad (1)$$

де Q_{bl} - кількість вибухових речовин у блоці, що підривається, кг; $q_{пит}$ - питомий викид забруднюючих речовин, кг/кг ВР; η - ефективність природоохоронних заходів; V - витрата пилогазоповітряної суміші, м³/с; t - час підривання блоку, с.

Витрата пилогазоповітряної суміші у (1) визначається за формулою

$$V = 0,785 \cdot v \cdot d_{св}^2 \cdot N_{св},$$

де v - швидкість виходу залишків продуктів детонації із свердловини, м/с; $d_{св}$ - діаметр свердловини, м; $N_{св}$ - кількість свердловин у блоці.

Час підривання блоку у (1) визначається з урахуванням [14] за формулою

$$t = 0,00019 \cdot Q_{св}^{1,34} \cdot (n_a + n_b - 1),$$

де $Q_{св}$ - кількість вибухової речовини у свердловині, кг; n_a - кількість свердловин у ряду; n_b - кількість рядів свердловин на блоці.

Для перевірки доцільності використання еквівалентних максимальних разових викидів в якості прогнозних розрахунків впливу масових вибухів на довкілля були проведені розрахунки розсіювання з використанням конкретних даних по масовим вибухам, що проводилися у кар'єрах ПАТ «АМКР». Для розрахунків ЕМРВ приймалися фактичні дані по масовим вибухам: кількість ВР у блоці, кількість блоків, що підриваються за один масовий вибух, кількість свердловин на блоках, місце та глибина розташування блоку.

Результати розрахунків у порівнянні з приземними концентраціями, отриманими в результаті вимірювань на підфакельних постах наведено у табл.

Таблиця

Результати розрахунків та фактичних вимірювань приземних концентрацій

Дата вибуху	Горизонт блоку, м	Кількість вибухових речовин у блоці, кг	Кількість свердловин у блоці	Кількість вибухових речовин у свердловині, кг	Розрахункові величини приземних концентрацій, мг/м ³			Фактичні величини приземних концентрацій, мг/м ³		
					NO _x	CO	пил	NO _x	CO	пил
07.05.15	-135	73480	133	552,48	0,091	0,48	0,59	0,085	0,54	0,41
	-120	73190	126	580,87						
	-45	54570	95	574,42						

06.08.15	-240	58370	90	648,56	0,078	0,41	0,45	0,053	0,39	0,43
	-225	73860	120	615,50						
	-180	83870	140	599,07						
	-45	78570	140	561,21						
13.08.15	-135	67580	133	508,12	0,075	0,39	0,48	0,065	1,00	0,42
	-105	64000	102	627,45						
03.12.15	-150	29820	55	542,18	0,055	0,29	0,34	0,060	0,51	0,38
	-120	44370	84	528,21						
	-30	64710	126	513,57						

Як показують результати розрахунків, вони мають досить велику збіжність з фактичними приземними концентраціями, отриманими шляхом вимірювань на підфакельних постах. Так по оксидам азоту розбіжність результатів склала 7-32 %, по оксиду вуглецю - 5-61 %, по пилу - 5-18 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведений аналіз приземних концентрацій забруднюючих речовин, виміряних під час проведення масових вибухів у кар'єрах на підфакельних постах, який показав, що за останні роки концентрації знижуються внаслідок поглиблення гірничих робіт та удосконалення технології вибухових робіт.

Визначено методіку розрахунку еквівалентних максимальних разових викиди забруднюючих речовин під час масових вибухів у кар'єрах, величини яких можна використовувати як вихідні дані для прогнозних розрахунків впливу масових вибухів на довкілля. У подальшому треба удосконалювати модель прогнозу стану повітря під час проведення масових вибухів.

Список літератури

1. Тыщук В. Ю., Евдокименко Н.Ф., Котов Ю.Т. Разработка метода оценки влияния массовых взрывов в карьерах на запыленность и загазованность атмосферного воздуха. Информационный бюллетень Украинского союза инженеров-взрывников, № 1 (22), 2014. С. 13-18.
2. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / [Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич, В.Д. Петренко, В.А. Мартиненко] Под ред. чл.-корр. НАН Украины Е.И. Ефремова. – Днепропетровск: Січ, 1996 – 179 с.
3. Тыщук В.Ю. Розроблення і дослідження способу та засобу боротьби з пилом і газами при масових вибухах у кар'єрах / В.Ю.Тыщук М.Ф. Євдокименко, Ю.Т. Котов, В.Н. Палеха//Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць – Кривий Ріг: КТУ, 2006. – Вип. 12. – С. 174-179.
4. Тыщук В.Ю., Євдокименко М.Ф., Губа М.М., Горобець Ю.І., Кузьменко П.К. Дослідження рівня забруднення атмосферного повітря на межі санітарно-захисної зони від кар'єрів після проведення масових вибухів // Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. – Зб. наук. праць. – Кривий Ріг: ДП «НДІБПГ». – 2007. Вип. 9. – С. 85-98.
5. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 448 с.
6. Левин А.В. О диффузии пылегазового облака в пограничном слое атмосферы // Тр.УкрНИИГМИ, вып. 150, 1976, с. 8-10.
7. Бересневич П.В., Деньгуб В.И., Наливайко В.Г. Изменения концентраций пыли, выделившейся при массовом взрыве в карьере, ФТПРПИ, № 2, 1987. - С. 100-103.
8. Sun W.-Y. and C.-Z. Chang. Diffusion model for a convective layer. Part 2: Plume released from a continuous point source. J. Climate Appl. Meteorol. 1986, vol. 25, No 10, pp. 1454-1463
9. Pasquill F. Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling: [part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values] / F. Pasquill // EPA-600/4-76-030b, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711. - 1976.
10. Методика расчета приземной концентрации вредных примесей при массовых взрывах на карьерах, Кривой Рог, НИИБТГ, 1996. – 17 с.
11. РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Минздрав СССР, 1991. – 693 с.
12. Екологічні вимоги до кар'єрів щодо зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. – Кривий Ріг, ДП «НДІБПГ», 2006.
13. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятия. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 92 с.
14. Методика расчета выбросов вредных веществ карьеров с учетом нестационарности их технологических процессов. – Кривой Рог, ВНИИБТГ, 1989. - 57 с.
15. Сборник методик по расчету содержания загрязняющих веществ в выбросах от неорганизованных источников загрязнения атмосферы. - Донецк, УкрНТЭК, 1994. - 146 с.
16. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. - Л., Гидрометеоздат, 1986. - 183 с.

Є.К. БАБЕЦЬ, канд. техн. наук, проф., В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.,
Д.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, К.Г. ТІТОРЕНКО, пошукачі
НДГРІ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ДРОБАРНИХ ФАБРИК

Розроблено методи ситуаційного управління енергоспоживанням дробарного комплексу, сировина на який поступає з декількох кар'єрів, або дільниць. На базі експертних систем, розроблено технології ситуаційного аналізу електроспоживання процесів дроблення в періоди обмеження енергосистеми. Побудована архітектура інтелектуальної системи підтримки рішень та наведено результати імітаційного моделювання електроспоживання дробарної фабрики в періоди обмежень потужності енергосистеми. Доведено, що ситуаційна модель енергоспоживання дробарної фабрики з постачанням руди з чотирьох джерел дозволяє спроектувати сучасну інтелектуальну систему експертного оцінювання багатостадійного процесу дроблення в періоди «день», «ніч», «пік», «напівпік» на базі правил – продукцій, дерева рішень для системи прогнозування параметрів енергоспоживання і, яка забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на одну тону дробленого продукту.

Визначено ознаки проблемних ситуацій, та побудовано моделі БД, БЗ, правила - продукції та множина управлінських рішень, щодо оцінки стану енергосистеми, обладнання дробарної фабрики, питомих витрат електроенергії та параметрів ефективного виробничого циклу технологічних процесів в періоди обмежень потужності енергосистеми.

Наведено приклади проектування експертних моделей для постановки задач прийняття рішень, і задач людиномашинного спілкування. Така технологія дозволяє моделювати в межах системи ІСУЕ - АСУТП весь спектр технологічних ситуацій, які виникають в процесі управління енергоспоживанням ДФ і процесами дроблення та здрібнення в різні періоди доби енергонавантаження системи.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, правила - продукції, дерево рішень, експертна система.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними результатами. Основними завданнями гірничо-металургійного комплексу України на період 2016-2020 років є розробка оптимальних систем електроспоживання процесів виробництва продукції, пов'язаних з впровадженням інтелектуальних систем управління та прийняття управлінських рішень щодо мінімізації питомих витрат електрики на виробництво 1 т концентрату, обкотишів [1]. Внаслідок недостатнього рівня автоматизації і комп'ютеризації технологічних процесів дроблення, подрібнення та збагачення енергозабезпеченість вітчизняних гірничодобувних підприємствах істотно відстає від світового рівня. До 50 % основних витрат у собівартості гірничозбагачувального комбінату і 70-85 % витрат на електроенергію становлять технологічні процеси дроблення, здрібнення та збагачення. Тому енергозабезпечення визначено одним із пріоритетних напрямків державної політики України до 2030 р., а комплексне вирішення проблеми енергозбереження є одним із найбільш вірогідних для гірничо-металургійного комплексу (ГМК) шляхів успішного подолання економічної та енергетичної криз [2].

Аналіз досліджень та публікацій. Підвищення ефективності управління оптимізацією режимів роботи електроспоживання підприємств ГМК, в основу яких покладено математичні методи, моделі, алгоритми і сучасні системи менеджменту енергозабезпечення технологічних процесів дроблення та збагачення руди, які дозволяють звести до мінімуму штрафи за порушення встановлених лімітів на електричну потужність (активну й реактивну) і втрати продукції внаслідок не ефективного використання електроенергії є актуальною науковою проблемою.

Суттєвий вклад в удосконалення та впровадження методів управління електроспоживанням підприємств внесли роботи вітчизняних вчених П.П. Апенко, А.С. Волотковського, Г.Г. Півняка, В.М. Вінославського, Б.Н. Авілова-Карнаухова, А.В. Праховника, В.П. Розена, А.К. Шидловського, М.П. Ковалко. Детальний ретроспективний аналіз наукових праць з енергоефективності підприємств наведено в роботах [3-9] і свідчить про те, що проблема зменшення нерівномірності споживання електричної енергії, розроблення та удосконалення систем управління електроспоживанням підприємств в умовах невизначеності вихідної інформації є актуальною задачею їх енергоменеджменту та складає напрям досліджень даної статті авторів.

Постановка завдання. Метою статті є рішення актуальної наукової задачі автоматизованого управління траєкторією електроспоживання дробарної фабрики (ДФ) підприємства ГМК у

періоди обмежень енергосистеми з урахуванням технологічних ситуацій постачання сирової руди для її подрібнення.

Викладення матеріалу та результати. Сучасна автоматизована система управління електроспоживанням технологічних процесів дроблення руди на (ДФ) гірничо-металургійного комплексу України представляє собою багаторівневу людино-машину систему керування, в якій інтелектуальна система управління електроспоживанням (ІСУЕ) й АСУТПДФ утворюють узгоджену систему оперативного управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням кількісних параметрів витрат електроенергії в періоди пікових навантажень енергосистеми [9].

Новизна алгоритмів полягає у тому, що оптимізація режимів роботи обладнання ДФ в час пікових навантажень виконується за рахунок максимального використання резервів стадії дроблення по продуктивності, перерозподілу об'ємів перероблення і бункерних запасів матеріалу по інтервалах періоду оптимізації, коли зменшення продуктивності в часи «напівпіку» і «піку» енергосистеми компенсується підвищенням продуктивності в період «ніч» та «напівпік».

У результаті роботи ІСУЕ диспетчер одержує: інформацію про виробничі ситуації в електропостачанні ДФ в періоди обмежень енергосистеми; про очікувані зміни в схемі енергопостачання і відхилення параметрів режимів за допустимі межі; ІСУЕ рекомендує також управлінські рішення і результати їх реалізації, а також надає вказівки диспетчеру щодо покращення ступеня оптимальності режимів енергоспоживання.

Об'єктно-орієнтований підхід, використаний в ІСУЕ при розробці експертної системи (ЕС) прогнозування проблемних ситуацій, дає змогу диспетчеру виконувати оптимальне керування налагодженням чотирьох стадійного циклу дроблення - подрібнення і забезпечення в реальному масштабі часу виконання портфеля замовлень збагачувальної фабрики по системі точно - в термін подрібненої руди з класом +10 мм не більше заданого відсотка. Крім цього ІСУЕ дозволяє:

оптимізувати енергоспоживання дробарної та збагачувальної фабрик за тризонними тарифами в різні періоди навантаження енергосистеми;

довести питомі затрати електроенергії на виробництво 1 т концентрату до $e_{\text{опт}}$;

оптимізувати роботу дробарної фабрики в періоди максимального навантаження енергосистеми, у напівпіковий період і нічного мінімального навантаження енергосистеми з врахуванням проблемної ситуації. При цьому ІСУЕ оцінює: продуктивність рудного постачання; збурення - гранулометричний склад вхідної руди, її міцності ρ , стан футеровок конусних дробарок тощо;

В базу правил (БП) ІСУЕ введено критерій - «ефективний виробничий цикл» (manufacturing cycle effectiveness, MCE) [10], який розраховується за формулою

$$MCE = \frac{\text{час виробництва потрібного продукту до класу } +10\text{мм}}{\text{тривалість загального виробничого циклу}}. \quad (1)$$

Для оцінки параметрів енергоспоживання ДФ і параметрів руди що надходять на дробарний комплекс ПАТ «ЦГЗК» з трьох кар'єрів (Петрівського, Глеюватського, Артемівського) і шахти ім. Орджонікідзе розроблено п'ять атрибутів, яким відповідно до нечіткої логіки будемо надавати такі значення електроспоживання, як високий, норма, вище норми, нижче норми.

Як атрибути візьмемо найбільш значимі щодо прогнозування чинників електроспоживання:

Добовий період роботи дробарної фабрики (добовий графік потужності).

Продуктивність процесу дроблення.

Міцність сирової руди.

Надійність обладнання.

Персонал електропостачання ДФ. Нехай структура називається «електроспоживання», необхідно створити ЕС. З використанням значення факторів на означений день, наприклад 18 березня 2016 р., сира руда в цей день надходила з трьох кар'єрів у такі періоди роботи ДФ:

3 0 год до 8 год ранку - з Петрівського кар'єру;

3 9 год ранку до 14 год доби Глеюватського кар'єру;

3 14 год до 20 год ночі з Артемівського кар'єру;

Після 21 години ночі до 7 годин ранку сира руда надходила з шахти ім. «Орджонікідзе».

Організаційно в роботі ДФ ПАТ «ЦГЗК» введено два ремонтних періоди з 7 до 8 годин ранку і з 20 до 21 години вечора, коли електроспоживання мінімальне, а $P_{з.м} \in P_{зад.реж.рем}$ його обладнання відповідає $P_{зад.реж.рем}$ потужності заданого режиму ремонтом і профілактикою електро-технічного і механічного обладнання, переналагодженням розміру розвантажувальних щілин КД і частоти хитань її рухливого конусу V тощо.

Запишемо функцію створення об'єктів енергоспоживання:

Створити - об'єкт (ім'я - структури - електроспоживання, ім'я - об'єкту = Петровський кар'єр, = рівень питомих витрат електроенергії більше $e_{опт}$, = руда більшої міцності, = крупність більше норми, = потужність максимальна = налагодження дробарного комплексу на $Q_{др}$ "норма", МСЕ \rightarrow до 1);

Отже, коли на переробку в період з 0 год до 8 годин надходила сира руда із Петровського кар'єру, то дробарно-збагачувальний комплекс працював із вихідними параметрами $e_{пит.витр} \rightarrow$ |більші $e_{опт}$ ч/т концентрату, а текстурні характеристики руди віднесені до дуже міцних, гранулометричний склад вхідної руди $\gamma_{вх} \in \gamma_{вх}$ більше норми, але $\gamma_{вх}$ задовольняє портфелю замовлення збагачувальної фабрики; Електроспоживання відповідає 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23 до 7 годин), а електроспоживання ДФ близько норми, а МСЕ наближається до 1.

Створити - об'єкт (ім'я структури електроспоживання, ім'я об'єкту = Глеюватський кар'єр = рівень питомих витрат електроенергії більше $e_{опт}$, = руда найбільшої міцності = крупність значно більше норми = потужність більше заданих значень = налагодження дробарного комплексу: зменшити $Q_{ор}$ норма на $\Delta Q_{ор} \in 10$ т/год. = інакше електроспоживання «аварія», а МСЕ стає більше 1;

Отже, коли на переробку в період з 9 години ранку до 14 години дня руда надходить з Глеюватського кар'єру, то дробарно-збагачувальний комплекс буде працювати із вихідними параметрами $e_{пит.витр} \rightarrow$ |більше/дорівнює $e_{пот1}$ ч/т концентрату |, а текстурні характеристики руди віднесені до найміцніших, гранулометричний склад не відповідає вимогам портфелю замовлень збагачувальної фабрики.

Режим електроспоживання в період пікових навантажень до 11 годин дня близько до норми, з оплатою 1,5 тарифу в години максимального навантаження енергосистеми.

Створити об'єкт (ім'я структури електроспоживання, ім'я об'єкту - Артемівський кар'єр = рівень питомих витрат електроенергії менше $e_{пот2}$ = руда найменшої міцності = крупність відповідає технологічній карті дроблення = потужність відповідає оптимальним режимам дроблення = налагодження дробарного комплексу): збільшити норма на 10 т/год. = електроспоживання «норма», а МСЕ значно менше 1.

Отже, коли на переробку в період з 14 до 20 годин руда в дробарний комплекс надходить з Артемівського кар'єру, то дробарно-збагачувальний комплекс буде працювати із прогнозним параметром $e_{пит.витр} \rightarrow$ |менше $e_{пот2}$ ч/т концентрату|, а МСЕ знаходиться в межах 0,9-0,95.

При цьому портфель замовлень на подрібнену руду із класом +10 мм буде відповідати технологічним характеристикам збагачувальної фабрики, а затрати на електроенергію - будуть відповідати повному тарифу у «напівпіковий» період навантаження енергосистеми.

Створити об'єкт (ім'я структури електроспоживання, ім'я об'єкту = аглоруда = шахта Орджонікідзе, рівень питомих енерговитрат біля норми = руда середньої міцності = крупність відповідає технологічній карті дроблення = потужність відповідає оптимальним режимам дроблення = команда = «так держати».

Отже, коли на переробку в період з 21 години ночі до 7 годин ранку аглоруда надходить на ДФ, то дробарно-збагачувальний комплекс буде працювати із прогнозним параметром $e_{пит.витр} \rightarrow e_{опт}$ год/т, а сумарні витрати електроенергії відповідають 0,4 тарифу в години нічного мінімального навантаження енергосистеми.

Після створення об'єкту перейдемо до побудови Бази знань (БЗ). Презентуємо БЗ у вигляді дерева рішень, а після того перетворимо його у правила «Якщо - то». Дерево рішень наведено на рис. 1 з правилами логічного виводу: А,Б,В,Г,Д,Е.

Запишемо ці правила - продукції у вигляді:

Якщо «Руда Петровського кар'єру», «час 0-8 годин доби», руда вище норми міцності, то електроспоживання вище норми; Рекомендація контроль МСЕ.

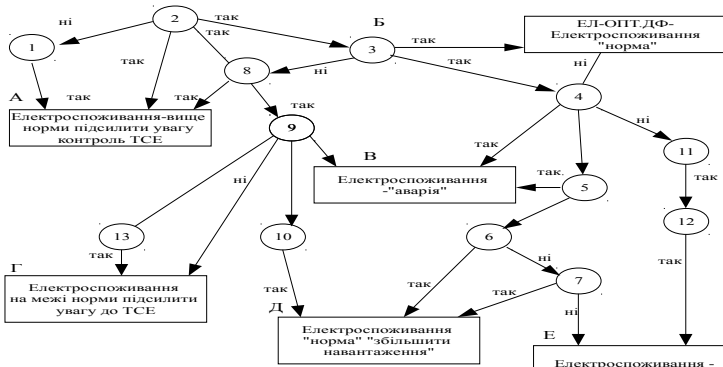


Рис. 1. Дерево рішень для системи прогнозування параметрів енергопостачання: 1 - руда Петрівського кар'єру; 2 - час роботи з 0-8 години; 3 - потужність максимальна; 4 - міцність руди максимальна; 5 - крупність Глеюватського кар'єру більше норм; 6 - продуктивність "норма"; 7 - час роботи з 14 до 20 години; 8 - міцність руди "норма"; 9 - час роботи з 9 до 14 години дня; 10 - руда Артемівського кар'єру; 11 - руда шах.м.Орджонікідзе час роботи 21година ночі до 7 години ранку; 12 - потужність відповідає "норма"; 13 - руда із двох кар'єрів надходить почергово

із Петрівського і Артемівського кар'єрів з 9 до 14 години дня

Якщо «Руда Глеюватського кар'єру», «час 9-14 годин доби», руда «найбільшої міцності», то електроспоживання «Аварія»; Рекомендація: «зупинити процес».

Якщо «Руда Артемівського кар'єру», «час 14-20 годин доби», руда «найбільшої міцності», то електроспоживання «норма»; Рекомендація збільшити навантаження на 10 т/год.

Якщо «Руда шахти «Орджонікідзе», «час 21 до 7 годин ранку», то електроспоживання «норма»; Рекомендація «так держати»

Якщо «руда надходить із двох кар'єрів почергово», «час з 9 до 14 годин дня», то «Електроспоживання на межі норми». Рекомендація - підсилити увагу до чинників «потужність» і МСЕ.

Якщо «руда надходить почасово із кар'єра Глеюватка і шахти Орджонікідзе» в часи денної зміни з 9 до 14 годин, то електроспоживання «норма». Рекомендація контроль МСЕ.

На рис. 2 наведено архітектуру експертної системи.

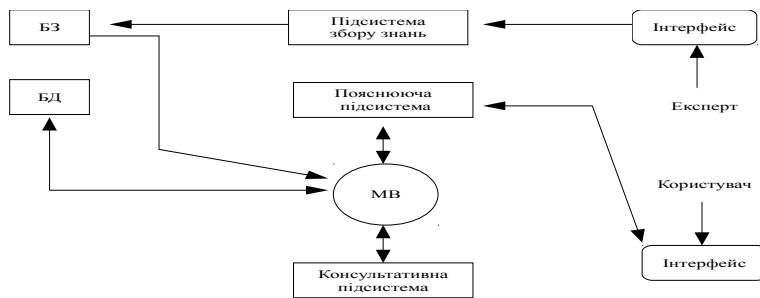


Рис. 2. Архітектура експертної системи

В ЕС є виконавче ядро системи, яке побудоване з метою моніторингу, прийняття рішень і діалогу з диспетчером ДФ, у вигляді вище записаних правил продукції. Для управління і оптимізації процесів енергоспоживання ДФ пропонуємо наступну архітектуру експертної системи:

БЗ - база знань, яка використовується для збереження знань про предметну область;

механізм виведення (МВ), який використовується для співставлення з станом електроспоживання (пошуковий підхід);

БД - база даних (робоча пам'ять), яку використовують для збереження основних факторів про роботу енергосистеми, процесів дроблення, алгоритмів оптимізації енергоспоживання;

пояснююча підсистема, яка дозволяє користувачу на питання чому знати, як і чому система надала таке рішення, а на питання як знати, як система прийшла до такого висновку (рішення);

підсистема визначення знань, яка представляє можливості поновлення або модифікації бази знань;

інтерфейси користувача - один для доступу до БЗ через модуль визначення знань, а інший - для користування системою, що бажають одержати доступ до неї у консультативному режимі.

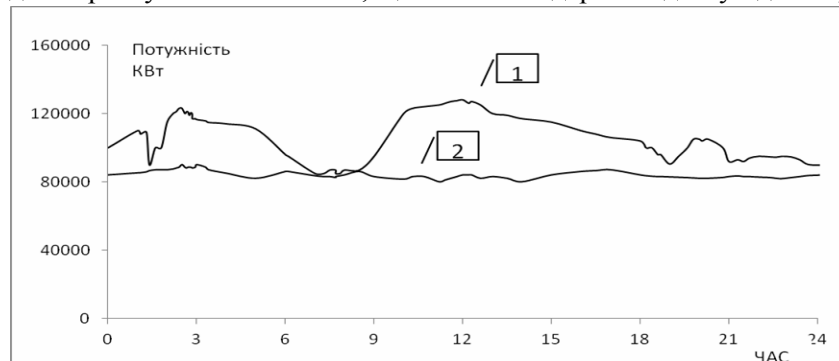


Рис. 3. Добовий графік споживання електричної потужності: 1 - з диспетчером; 2 - система ІСУЕ-ДИСПЕТЧЕР

На рис. 3. наведено графіки добового електропоживання електричної потужності дробарного комплексу ПАТ»ЦГЗК» з диспетчерським управлінням (графік 1) та системою ІСУЕ - диспетчер (графік

2), що свідчить про ефективність використання такого методу управління електроспоживанням дробарних фабрик [6].

У системі ІСУЕ дробарних фабрик використано елементну базу SCADA - систем та сенсори вимірювання потужності, напруги та струму [11,12].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Розроблена архітектура інтелектуальної системи прийняття рішень для диспетчерського управління енергоспоживанням дробарної фабрики. Визначені ознаки проблемних ситуацій, побудовані моделі БД, БЗ, правила - продукції та множина управлінських рішень, щодо оцінки стану енергосистеми, обладнання дробарної фабрики, питомих витрат електроенергії та параметрів ефективного виробничого циклу технологічних процесів в періоди обмежень потужності енергосистеми.

Наведено приклади проектування експертних моделей для постановки задач прийняття рішень, і задач людино-машинного спілкування. Така технологія дозволяє моделювати в межах системи ІСУЕ - АСУТП весь спектр технологічних ситуацій, які виникають в процесі управління енергоспоживанням ДФ і процесами дроблення та здрібнення в різні періоди доби енергонавантаження системи.

Список літератури

1. **Хорольський В.П.** Багаторівнева інтелектуальна система оптимізації електроспоживання гірничо-збагачувальних підприємств / **В.П.Хорольський, Д.В. Хорольський, К.Г.Тігоренко** // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015 - №2. - С.192-198.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року/ Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15.03.2006 №145 – р.
3. **Авилов - Карнаухов Б.Н.** Економія електроенергії на рудо-обогатительних фабриках / **Б.Н. Авиллов - Карнаухов.** – М.: Недра, 1987. – 159 с.
4. Автоматизация проектирования систем электроснабжения / **В. Н. Винославский, В. И. Тарадай, У. Бутц, Д. Хайнуе.** - К.: Виша шк. Главное изд-во, 1988. - 208 с.
5. Електрифікація гірничого виробництва: Підручник у 2-х томах За редакцією **Л.О. Пучкова, Г.Г. Півняка.** - Дніпропетровськ, 2010.
6. Электрификация фабрик агломерации и окомкования руд черных металлов: Справочное пособие **В.П. Апенко, С.А. Волотковский, М.И. Скляров, В.М. Торгаев.** - М.: «Недра», 1976. - 151с.
7. Енергозбереження - пріоритетний напрямок державної політики України / **Ковалко М.П, Денесюк С.П.;** Відпов. ред. **Шидловський А.К.** – Київ УЕЗ, 1998 - 506 с.
8. **Праховник А.В.** Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / **В.П.Розен, В.В. Дегтярев** - М.: Недра, 1985. - 232 с.
9. **Хорольський В.П.** Автоматизована система управління електроспоживанням збагачувальної фабрики підприємства гірничо-металургійного комплексу/ **В.П. Хорольський, Д.В. Хорольський, К.Г. Тігоренко** // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015-№5. - С. 86-92.
10. The balanced scorecard. Translating Strategy into Action/ **Robert S. Kaplan, David P. Norton.** Harvard Business School Press., 2003, 282 pp.
11. PIC16F87* 28/40pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC 30292C. - Microchip Technology Inc., 2002 - 184 p.
12. PIC18FXX2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS 30564A. - Microchip Technology Inc., 2003 – 299 p.

Рукопис подано до редакції 07.04.16

УДК [622.831: 622.272/.273.1]: 622.341.1

В. В. ЦАРИКОВСКИЙ, д-р техн. наук, **Т.Т. СЕДУНОВА**,
Вал. **В. ЦАРИКОВСКИЙ**, канд.техн. наук, НИГРИ ГВУЗ «КНУ»

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ И ПОРЯДКОВ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КОЛЕБАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТБОЙКЕ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ШАХТЫ им. ОРДЖОНИКИДЗЕ ПАО «ЦГОК»

Приведены результаты исследований влияния порядков отработки запасов магнетитовых кварцитов и объемов взрывааемых взрывчатых веществ в одном замедлении на интенсивность колебаний земной поверхности, прилегающей к шахтному полю.

Указанные исследования обусловлены спецификой условий отработки магнетитовых кварцитов заключающейся, с одной стороны, в том, что на земной поверхности, прилегающей к шахтному полю, расположены многоэтажные

жилые здания и промышленные сооружения, а, с другой стороны, учитывая высокую прочность магнетитовых кварцитов обработка их с применением крупномасштабной технологии требует проведение массовых взрывов с общей массой взрываемых веществ от 30 до 170 т. В связи с огромными массами взрываемых взрывчатых веществ колебания земной поверхности достигают 6-7 баллов, что отрицательно отражается на состоянии жилых зданий и промышленных сооружений.

Проведенные исследования позволили установить взаимосвязь между уменьшением массы одновременно взрываемого заряда и порядков отработки запасов, определяющих наличие обрушенных пород у отбиваемого массива, с интенсивностью сейсмических колебаний земной поверхности. Указанные взаимосвязи позволяют еще на этапе проектирования очистной выемки прогнозировать интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности при ведении взрывных работ.

Данные исследования проведены при массовых взрывах с интервалом замедлений между отдельными сериями взрывов не менее 75 мс и эпицентральных расстояниях до контролируемых объектов от 360 до 1200 м.

Ключевые слова: параметры системы, порядок отработки, жилое здание, промышленное здание, взрывчатое вещество, замедление, сейсмическое колебание, земная поверхность, прогноз, проект

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Отработка магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе производится вертикальными и горизонтальными концентрированными зарядами, веерами и пучками глубоких скважин. При этом общий объем взрывчатых веществ (ВВ), взрываемых при массовом взрыве колеблется от 30 до 170 т, а масса одновременно взрываемого взрывчатого вещества на одно замедление составляет от 1-5 до 30 т.

Общий объем взрываемых ВВ зависит от системы разработки и параметров ее конструктивных элементов. При этажных системах разработки общий объем взрываемых ВВ колеблется от 40-50 до 180 т. При подэтажных системах разработки он колеблется от 20 до 50 т. При отработке запасов очистных и компенсационных камер общий объем взрываемых ВВ колеблется от 2-5 до 20-25 т.

Объем взрывчатых веществ взрываемых в одном замедлении зависит от способа отбойки запасов. При отбойке запасов с помощью глубоких скважин объем взрываемых ВВ в одном замедлении колеблется от 1-2 до 15 т, а при отбойке концентрированными зарядами достигает 15-30 т.

На поверхности, прилегающей к шахтному полю расположены жилые дома и промышленные здания и сооружения. При ведении взрывных работ интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности достигает 6-7 баллов, что бывает значительно выше допустимых для указанных зданий и сооружений.

Таким образом, проблема отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе в настоящее время заключается в том, что параметры конструктивных элементов систем разработки должны обеспечивать допустимые, с точки зрения сохранности поверхностных зданий и сооружений, объемы одновременно взрываемых ВВ. Порядки отработки запасов в шахтном поле должны обеспечивать создание условий для максимального снижения энергии взрыва, используемой на инициирование сейсмических колебаний горного массива.

Анализ исследований и публикаций. Волновая картина при производстве крупных массовых взрывов в шахтах носит сложный характер. Причиной этого является совокупность горнотехнических условий на пути распространения сейсмозрывных волн и особенности самого взрыва как источника упругих волн. В реальных условиях на массовый взрыв, как источника сильного сейсмического возмущения косвенно влияет целый ряд факторов, таких как масса заряда взрывчатых веществ, конструкция заряда, условия заложения заряда, свойства взрывааемых пород, наличие компенсационного пространства, схема отбойки и др.

Вопросами исследования интенсивности сейсмозрывных колебаний, генерируемых подземными взрывами и оценкой их влияния на горный массив и окружающую среду занимались такие известные ученые как Кудинов В.В. [1], Миндели Э.О. [2], Бойко В.В. [3], Кузьменко А.А. [4], Капленко Ю.П. [5], Оника С.Г. [6], Запорожец В.Ю. [7], Ефремов Э.И. [8], Воротельяк Г.А. [9], Вольфсон П.М. [10].

Постановка задачи. Для эффективной отработки магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе при одновременном сохранении поверхностных зданий и сооружений необходимы способы прогноза интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности в процессе отбойки запасов выемочных единиц еще на этапе составления проектов на их отработку.

Изложение материалов и результаты. Для прогнозирования интенсивности колебаний земной поверхности в процессе проведенных исследований установлена зависимость интенсивности колебаний земной поверхности от количества ВВ взрываемых в одном замедлении и

условий производства взрыва, т.е. от состояния окружающей среды, отбиваемый рудный массив. Последнее зависит от порядков отработки запасов в шахтном поле.

Инструментальные измерения сейсмической интенсивности выполняли со стороны висячего бока на эпицентральной дистанции 360-500 м, а со стороны лежащего бока - на эпицентральной дистанции 1000-1200 м от места проведения взрыва. Измерения проводились в соответствии с ГОСТ 8.010.-99 «Методика выполнения измерений». При проведении сейсмометрических наблюдений были использованы сейсмоприемники СМ-3. Для записи и сохранения изменений амплитудно-частотного спектра сейсмозрывных колебаний использовали цифровой осциллограф Tektronik TPS-2014.

Вопросы сейсмического воздействия взрывных работ на окружающий массив весьма сложны, так как они взаимосвязаны с эффективностью отбойки рудного массива. Чем выше степень использования энергии взрыва на разрушение отбиваемого рудного массива, тем ниже его сейсмическое воздействие на окружающий горный массив. И наоборот, чем меньше степень использования энергии взрыва на разрушение отбиваемого рудного массива, тем больше степень его использования на сотрясение окружающего рудного массива.

Известно, что степень использования энергии взрыва зависит от условий производства взрыва, т.е. от среды, окружающей рудный массив или точнее от плотности окружающей среды. Если плотность окружающей среды меньше плотности взрываемого массива детонационная волна, дойдя до среды с меньшей плотностью, возвращается во взрываемый массив, т.е. практически энергия взрыва дважды используется для разрушения отбиваемого массива.

Исходя из изложенного авторы, расширив перечень рекомендуемых П.М.Вольфсоном групп, характеризующих условия проведения взрывов, разделили указанные условия на следующие группы:

- отбойка рудного массива, граничащего со всех сторон с нетронутым массивом;
- отбойка рудного массива на одну обнаженную поверхность;
- отбойка рудного массива на две обнаженные поверхности;
- отбойка рудного массива на одну обнаженную поверхность и обрушенные породы;
- отбойка рудного массива, отрезанного от лежащего и висячего боков, а также граничащего одной из сторон с обрушенными породами;
- отбойка рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами.

Указанные группы условий проведения взрывов формируются при различных порядках отработки запасов как вкрест, так и по простиранию рудных тел.

Таким образом, для определения влияния порядков отработки запасов на интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности при проведении массовых взрывов определялись условия их производства, т.е. состояние окружающих массивов (массив, обрушенные породы).

Результаты расчетов, произведенных при проведении данных исследований, позволили сделать следующие выводы:

при отбойке рудного массива на одну обнаженную плоскость использование энергии взрыва составляет 49-57 %;

при отбойке рудного массива на две обнаженные плоскости использование энергии взрыва достигает 99 %;

при отбойке рудного массива на одну обнаженную плоскость и обрушенные породы использование энергии взрыва составляет порядка 94 %.

Таким образом, согласно расчетам при отбойке рудного массива на одну обнаженную поверхность около 43-51% энергии взрыва расходуется на инициирование сейсмических колебаний горного массива. При отбойке запасов на одну обнаженную поверхность и зажатую среду на инициирование сейсмических колебаний в горном массиве используется всего около 6% энергии взрыва.

При отбойке запасов, окруженных обрушенными породами, на инициирование сейсмических колебаний расходуется также порядка 6 % энергии взрыва.

На основании анализа экспериментальных исследований установлено, что при отбойке магнетитовых кварцитов на открытое очистное пространство:

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в одно замедление на 25 % скорость смещения горного массива снижается на 10-12 %;

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в два раза скорость смещения горного массива снижается на 22-29 %;

при уменьшении массы одновременно взрываемого заряда в четыре раза скорость смещения горного массива снижается на 41-51 %.

Исходя из изложенного следует, что если при отбойке магнетитовых кварцитов на одну обнаженную поверхность зарядами с массой ВВ в одном замедлении 20 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляет 6-7 баллов, то:

при взрывании заряда ВВ массой 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 5-6 баллов (1,5-6,0 см/сек);

при взрывании заряда ВВ массой 10 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 4-5 баллов (0,8-3,0 см/сек);

при взрывании заряда ВВ массой 5 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 2-3 балла (0,2-0,8 см/с);

при взрывании заряда ВВ массой 5 т несколькими сериями замедлений интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит 1-2 балла (0,2-0,3 см/с).

Как показали экспериментальные данные исследований, интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности зависит не только от объема одновременно взрываемого ВВ, но и от граничных условий расположения отбиваемого массива. Например, при массовых взрывах с массой ВВ на одно замедление 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составит:

при отбойке массива, граничащего со всех сторон с нетронутым массивом, от 5 до 6 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от всячего и лежащего боков открытыми очистными пространствами, от 4 до 5 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от всячего и лежащего боков обрушенными породами мощностью 30-40 м и более, от 3 до 4 баллов;

при отбойке массива, отрезанного от лежащего и всячего боков, а также граничащего одной из сторон вкрест простирания с обрушенными породами, от 2 до 3 баллов;

при отбойке массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами, от 1 до 2 баллов.

В плане вышеизложенного интерес представляет массовый взрыв, произведенный 17 ноября 2012 г. по отбойке запасов продольного целика в осях (+14)-(+2) и междукамерного целика +16 оси в подэтаже 527-482 м. Отбойка указанных запасов производилась с помощью семи вертикальных концентрированных зарядов (ВКЗ). Масса взрывчатых веществ в каждом из них составляла 14,9 т. Интервал замедлений между сериями взрывов колебался от 250 до 2000 мс.

Специфика массово взрыва заключается в следующем:

выработанное пространство в всячем боку отбиваемых запасов заполнено обрушенными породами мощностью от 50 до 60 м;

от лежащего бока отбиваемый массив в маркшейдерских осях (+17)-(+22) отрезан очистной камерой длиной вкрест простирания 60 м;

с юга отбиваемый массив контактирует с обрушенными породами шириной по простиранию 35 м;

севернее +22 оси отбиваемый массив граничит с нетронутым массивом.

Учитывая, что данный массовый взрыв по общему весу взрывчатых веществ (176 т) значительно превышал ранее проведенные взрывы на шахте им. Орджоникидзе сотрудниками НИГ-РИ ГВУЗ «КНУ» совместно с инженерно-техническими работниками шахты в качестве эксперимента по снижению интенсивности колебаний земной поверхности от взрывных работ был предложен порядок отбойки запасов, предусматривающий создание различных условий проведения взрывов в отдельных сериях замедлений.

В результате проведения анализа волновой карты (циклограммы) массового взрыва установлено, что:

при отбойке рудного массива на одну обнаженную поверхность зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 5,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего с юга и севера с обрушенными породами зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 3,5-4,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего с трех сторон с обрушенными породами зарегистрирована интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности соответствующая 2,5-3,0 баллам;

при отбойке рудного массива, граничащего со всех сторон с обрушенными породами сейсмических колебаний не зарегистрировано.

При традиционном последовательном взрывании вертикальных концентрированных зарядов с массой взрывчатых веществ в каждом из них от 13 до 15 т интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности составляла 5...6 баллов и выше.

Указанные результаты исследований получены при величине замедления между отдельными сериями взрывов не менее 75 м/с. Вышеприведенные результаты исследований позволяют прогнозировать интенсивность колебаний земной поверхности уже на этапе составления рабочих проектов на очистную выемку.

Выводы и направления дальнейших исследований. Результаты исследований позволяют определять геометрические параметры систем разработки как из условий обеспечения устойчивости их конструктивных элементов, так и из условия обеспечения допустимой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности. Реализация результатов исследований при проведении массовых взрывов на шахте им. Орджоникидзе подтвердила высокую достоверность прогнозируемой интенсивности сейсмических колебаний земной поверхности в процессе проведения взрывных работ. Для массовой реализации результатов исследований необходимо разработать методику определения параметров систем разработки с учетом допустимых объемов одновременно взрывааемых взрывчатых веществ.

Список литературы

1. Сейсмический эффект подземных взрывов на руднике им. Дзержинского / [В.В.Кудинов, В.М.Ткаченко, В.А.Гаврик и др.] // Горнорудное производство (подземная добыча руд): - НИГРИ. – Кривой Рог. – 1975. – С. 114-118.
2. Миндели Э.О. Методы и средства взрывной отбойки / Э.О. Миндели, В.А.Салганик, Г.А.Воротеляк. – М.: Недра, 1977. – С.120-125.
3. Бойко В.В. Действие взрыва в грунтовых и горных породах / В.В.Бойко. – К.: Наукова думка, 1982. – С. 164-166.
4. Кузьменко А.А. Сейсмическое действие взрыва в горных породах / А.А.Кузьменко, В.Д.Воробьев. – М.: Недра, 1990. – С.98-102.
5. Капленко Ю.П. Закономерности распространения волн в среде, находящейся под воздействием неоднородного поля статических напряжений / Ю.П.Капленко, В.А.Колосов // Разработка рудных месторождений / - Кривой Рог: КТУ. – 1997. Вып.61. – С.5-54.
6. Оника С.Г. Определение расстояния и масс зарядов, безопасных по действию ударных воздушных волн в сложных условиях/ С.Г. Оника, В.А.Гаврик, А.В.Курман // Проблемы горно-добывающей промышленности и металлургического комплекса Украины: Сб.науч.трудов НИГРИ. – Кривой Рог. – 1977. – С.87-92.
7. Запорожец В.Ю. Сейсмическое воздействие подземных массовых взрывов на поверхностные сооружения / В.Ю.Запорожец, С.А.Козырев // Горный журнал. – 1999. - №9. – С.63-66.
8. Ефремов Э.И. Способы повышения полезного действия взрыва / Э.И.Ефремов, В.П.Мартыненко // Бюл. УСИВ. – 2002. - №2. – С.6-10.
9. Воротеляк Г.А. Сейсмическое районирование жилых массивов, прилегающих к карьерам / Г.А.Воротеляк, В.А.Гаврик // Достижения и перспективы научно-технического прогресса в горнодобывающей промышленности: – Сб.науч.трудов ГНИГРИ. – Кривой Рог. – 2002. – С.97-103.
10. Вольфсон П.М. Торцовый выпуск руды / Издательский центр ГВУЗ «КНУ». – Кривой Рог, 2015. – 127 с.

Рукопись поступила в редакцию 13.04.16

УДК 528.021

О.С. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, проф., Ю.Ю. АТАМАНЕНКО, аспірантка,
О.С. НАМІНАТ, асистент, Криворізький національний університет

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЙОМКИ МІСЦЕВОСТІ БЕЗПЛОТНОЮ МОДЕЛЛЮ

В статті розглянуто спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості під час фіксування дорожньо-транспортної пригоди за допомогою квадрокоптера, в результаті чого було отримано планові аерофотознімки із кутом відхилення оптичної осі від прямовисного положення, який не перевищує 3°. Описано детальний порядок роботи на місці скоєння аварії, що включає в себе налаштування моделі, огляд місцевості, взліт квадрокоптера над місцем ДТП, обліт заданої території, відео і фотозйомку, посадку моделі. Висота польоту квадрокоптера контролюється за

допомогою пульта дистанційного керування. Передача матеріалів відео та фотозйомки здійснюється по бездротовій системі Wi-Fi зв'язку, які автоматично зберігаються на карті пам'яті квадрокоптера та комп'ютерного мобільного обладнання. У разі потреби отримують скріншоти фотографій, на яких чітко показано висоту польоту, відстань моделі до пульта дистанційного керування, рівень сигналу, рівень живлення акумуляторної батареї, GPS – статус, режим польоту, статус літального апарату, якість сигналу пульта дистанційного керування, дату, годину тощо. Політ відбувається в межах 15 хвилин, посадку квадрокоптера здійснюють у зручному місці, не використовують при цьому злітно-посадочну смугу. Подано результати фотозйомки, обробка яких виконувалась із використанням стандартної комп'ютерної програми Spotlight Pro 10. Метою опрацювання було отримати відмасштабований фотознімок, на якому швидко і достовірно за допомогою лінійних функцій можна визначити необхідні лінійні елементи, які потрібно відображати за вимогами діючих відповідних нормативно-правових документів при складанні схеми аварії. Пропонується зосередити зусилля на дослідженні причин виникнення помилок визначення лінійних елементів зйомки місцевості запропонованим способом та дослідити шляхи їх усунення.

Ключові слова: зйомка місцевості, лінійні елементи, дорожньо-транспортна пригода, квадрокоптер, схема аварії, металева рулетка, лазерний сканер, Spotlight Pro 10, растрове зображення, аварійний трикутник, розмір сторони трикутника, коефіцієнт збільшення фотознімка.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Автоматизація процесу фіксування ДТП вимагає вдосконалення порядку опрацювання матеріалів аерофотознімання, розгляду запропонованого способу визначення елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю.

Аналіз досліджень і публікацій. Використання металевої рулетки є основним методом, який використовують інспектори поліції при фіксуванні дорожньо-транспортних пригод [1]. Новітнім і перспективним методом, що відповідає сучасним вимогам є метод наземного лазерного сканування [2]. Зважаючи на складну економічну ситуацію, в якій сьогодні знаходиться наша країна, можна припустити, що таке цінне обладнання, яким є лазерний сканер, вряд чи зможуть закупувати та використовувати співробітники поліції. Зазначимо, що технічні можливості використання безпілотної моделі у фіксуванні ДТП розглядалися раніше у публікаціях [3,4].

Постановка завдання. Було поставлено завдання - здійснити експериментальне випробування фіксування дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) у місті Кривому Розі безпілотною моделлю разом із співробітниками сектору Криворізького відділу поліції Головного управління Національної Поліції та опрацювати спосіб визначення лінійних елементів, отриманих матеріалів зйомки. На рис. 1 приведено фрагмент схеми місця ДТП з відстанями, вимірними металевою рулеткою та відстанями, які визначені запропонованим способом.

Викладення матеріалу та результати. Автоматизація процесу фіксування ДТП шляхом застосування літального апарату, а саме квадрокоптера, оснащеного знімальною апаратурою, а також пристроями зберігання і передачі інформації, управління і зв'язку забезпечує: можливість використання мобільної безпілотної моделі у фіксуванні пригод інспекторами поліції; високу точність, детальність зйомки наявних і важкодоступних ділянок, порівняно з стандартними видами зйомок [5]; перспективу відмови від стандартних методів, які не відповідають необхідній точності в процесі картографування ділянки ДТП [6]; можливість зменшення часу фіксування аварії на різних шляхах сполучення та сприяє швидкому звільненню проїжджої частини дороги; відсутність необхідності в обладнанні злітно-посадкової смуги, так як зліт квадрокоптера здійснюється практично з будь-якої точки; формування матеріалів аерофо-зйомки, які можуть служити звітною документацією про місце скоєння ДТП.

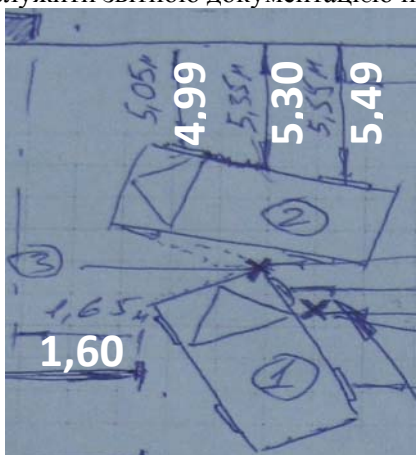


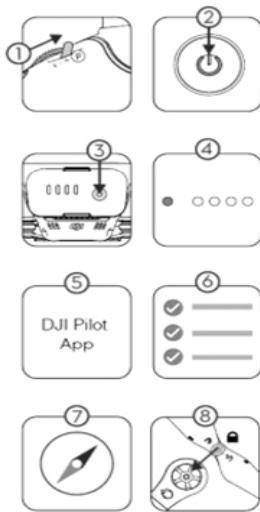
Рис. 1. Фрагмент схеми місця скоєння ДТП

Нижче наводиться порядок роботи, який полягає у наступному. Після прибуття на місце скоєння аварії оглянули місцевість і встановили літальний апарат на рівну відкриту площадку. Процес підготовки моделі до польоту здійснювався за такою схемою (рис. 2): перевели перемикач режимів польоту на пульті дистанційного керування (ДК) вправо в положення (P MODE). P MODE - Режим позиціонування, A MODE - Режим АТТІ і F MODE - Функціональний Режим (1); увімкнули пульт ДК, натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули утримуючи її протягом 2 сек (2); вставили Intelligent Flight Battery у модель Phantom 3 Professional. Включили батарею,

натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули її утримуючи протягом 2 сек (3); переконалися в тому, що LED індикатор на пульті ДК горить зеленим світлом, показуючи цим, що пульт ДК готовий до використання (4); підключили мобільний пристрій до пульта ДК кабелем USB і запустили додаток DJI Pilot (5); у додатку натиснули на кнопку «Camera». Переконалися, що квадрокоптер готовий до польоту натисканням кнопки меню «Контрольний список» на екрані (6); виконали калібрування компаса, натиснувши кнопку «MODE» у додатку, обравши «Compass Calibration». Калібрування компаса виконується перед кожним новим польотом, так як компас дуже чутливий до електромагнітних перешкод, які можуть викликати зниження стабільності польоту (7); встановили пропелери з чорною гайкою на мотори з чорними осями і закрутили їх проти годинникової стрілки (8).

Вставили пропелери з сірими гайками на мотори з сірими осями і закрутили їх за годинниковою стрілкою (8).

Рис. 2. Процес підготовки моделі до польоту



Перед початком польоту пересвідчилися у тому, що Статус бар квадрокоптера (Aircraft Status Bar) у додатку DJI Pilot показує «Safe to Fly (GPS)», забезпечуючи цим надійне повернення моделі у випадку втрати сигналу з нею [7].

Налаштування безпілотної моделі не потребувало багато часу, що дозволило значно пришвидшити процес реєстрації ДТП, не зупиняючи потік транспортного руху на дорозі.

Виконавши зазначену інструкцію, запустили модель над місцем скоєння ДТП, контролювали висоту польоту, при цьому слідкували за ситуацією на прилеглий території. Політ керували за допомогою лівого і правого тумблера на ДК: лівий відповідає за висоту та обертання навколо своєї осі, правий забезпечує напрям польоту вправо - вліво, вперед - назад. Піднімаючись на різні висоти, оцінювали прилеглу ситуацію на екрані монітору по бездротовій системі Wi-fi зв'язку, і у разі задоволення вимог, яких необхідно дотримуватися при оформленні аварій,

застосовували корисну функцію скріншот, яку допомагав виконати помічник оператора [8]. Згідно з вимогами Інструкції щодо оформлення працівниками поліції матеріалів про адміністративні порушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху [9], на знімках повинні бути зафіксовані (рис. 3): автомобільний транспорт учасників ДТП (1,2), дорога, перехрестя (3), дорожні знаки (4), бордюри (5), дорожні розмітки (6), допоміжний аварійний трикутник із відомими зафіксованими розмірами (7), який повинен мати горизонтальне положення на дорозі.



Рис. 3. Скріншот місця ДТП з екрану монітора

У момент фотографування на екрані монітору висвітлювалися параметри польоту (висота польоту, відстань моделі до пульта дистанційного керування, рівень сигналу, рівень живлення акумуляторної батареї, GPS - статус, режим польоту, статус літального апарату, якість сигналу пульта дистанційного керування, дата, година тощо). Оскільки в процесі фіксування аварії здій-

снювали не один знімок, з'явилась можливість показати маршрут зйомки квадрокоптера на карті Google, в результаті чого отримали додатковий фотозвіт до схеми місця ДТП [10].

Паралельно з фотографуванням відбувалась відеозйомка прилеглої території на місці скоєння ДТП для достовірності та додаткової звітності. По завершенню маршруту польоту (в межах 15 хвилин) була здійснена посадка квадрокоптера у зручному місці.

Для визначення лінійних елементів на фотознімках, отриманих у результаті зйомки місцевості безпілотною моделлю, було обрано та проаналізовано комп'ютерну програму Spotlight Pro 10 - професійний гібридний графічний редактор, який дозволяє здійснювати повний комплекс робіт із растровими монохромними, кольоровими зображеннями: картами, схемами та іншими графічними матеріалами [11]. Після завантаження фотографій в програму Spotlight Pro 10, визначили розміри растрового зображення: ширину (338,65 мм) та висоту (190,51 мм), (рис. 4).

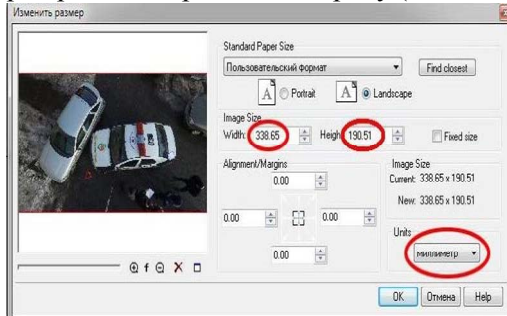


Рис. 4. Розміри фотознімка в Spotlight Pro 10

Оскільки в процесі фіксування ДТП було виконано декілька фотознімків з різної висоти, з метою подальшого аналізу, вимірювання сторони аварійного трикутника виконувалося на усіх фотознімках, результати представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати лінійних вимірювань у програмі Spotlight Pro 10

Фото-знімок	Ширина растрового зображення, мм	Вимірний розмір сторони трикутника, мм	Коефіцієнт збільшення фотознімка	Обчислений масштаб
1	338,65	12,52	9818,67	1/29
2		3,32	37029,28	1/109
3		16,10	7635,85	1/23
4		10,08	12196,15	1/36
5	Фіксований розмір сторони трикутника, мм	9,15	13434,97	1/40
6		13,36	9201,34	1/27
7		12,10	10159,50	1/30
8		8,09	15195,30	1/45
9	363,00	11,54	10652,51	1/31
10		17,01	7226,92	1/21

Для більш точного визначення сторони трикутника відстань вимірювалась від елементів укріплення, які представляють собою правильні геометричні фігури у вигляді кола.

Правильні геометричні фігури набагато легше розпізнати на растровому знімку, тому в програмі Spotlight Pro 10 вимірювалась відстань між центрами визначених кіл.

Після розрахунку коефіцієнта збільшення фотознімка з'являється можливість корегування розмірів растрового зображення, в результаті чого отримуємо зображення необхідного формату.

Для перевірки правильності обчислення виконувалися повторні вимірювання розміру сторони аварійного трикутника, в результаті чого отримувалися розміри трикутника в обраних одиницях вимірювання. У даному випадку було вибрано за одиницю вимірювання - сантиметри.

Спостерігається залежність обчисленого масштабу від коефіцієнту збільшення фотознімка.

Чим більший коефіцієнт, тим менший масштаб, що свідчить про різну висоту одержання фотознімків, які було включено в опрацювання.

В результаті отримали відмасштабований фотознімок у програмі, на якому можна визначити усі необхідні елементи за допомогою лінійних функцій для подальшого складання схеми місця ДТП.

Порівняння відстаней, вимірних на місці скоєння ДТП працівниками поліції із відстанями, визначеними у програмному комплексі Spotlight Pro 10 на десятих фотознімках за запропонованою методикою, свідчить про збіжність результатів у межах ± 10 сантиметрів.

Також отримані результати дозволили побудувати гістограму розподілу відхилень між визначеними лінійними елементами (рис. 5).

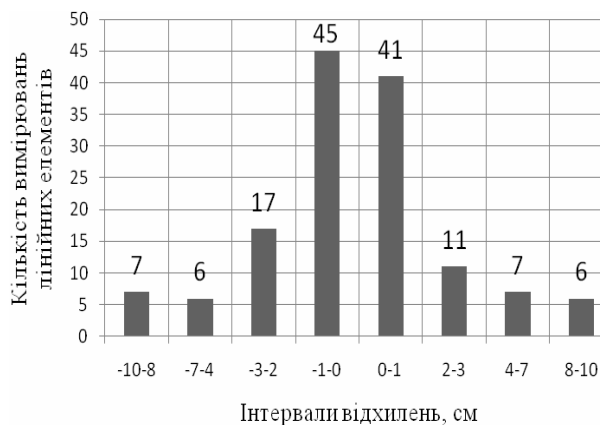


Рис. 5. Гістограма розподілу відхилень між лінійними елементами

Аналіз показав, що в кількісному відношенні відхилення в межах $(-3\div+3\text{см})$ складають 81,4 % від загальної кількості лінійних вимірювань.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Автоматизація процесу фіксування дорожньо-транспортної пригоди може вирішити ряд питань, що стосується методики оформлення протоколу та порядку складання схеми місця ДТП.

В результаті зйомки місцевості безпілотною моделлю отримують не лише фотознімки автомобілів, які потрапили в аварію, але й прилеглої ситуації.

Використання комп'ютерної програми Spotlight Pro 10 дозволило отримати відмасштабоване зображення аерофотознімків, всі необхідні лінійні елементи до звітної документації протоколу, які відрізняються високою точністю, достовірністю та детальністю.

Пропонується зосередити подальші зусилля на перевірці інших комп'ютерних комплексів для опрацювання матеріалів аерофотозйомки безпілотною моделлю, проаналізувати причини виникнення помилок та залежностей, дослідити шляхи усунення погрішностей.

Список літератури

1. **Куліковська О.С.** Аналіз новітніх технологій у фіксуванні дорожньо-транспортних пригод у Криворізькому регіоні / **О.С. Куліковська, Ю.Ю. Атаманенко** // Вісник Криворізького національного університету. - 2014. - № 37. - С. 172-177.
2. **Бондаренко А.А.** Автореферат дисертації. Правовые и технико-криминалистические особенности применения фотограмметрических методов для фиксации обстановки места дорожно-транспортных происшествий / **А.А. Бондаренко** // Волгоградской академии МВД России. - Волгоград. - 2008.
3. **Куліковська О.С.** Технічні можливості застосування безпілотної мобільної моделі для фіксування дорожньо-транспортних пригод / **О.С. Куліковська, Ю.Ю. Атаманенко** // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, 2015. - № 29. - С. 84-87.
4. **Волков В.С.** Совершенствование экспертизы дорожно-транспортных происшествий с применением квадрокоптеров / **В.С. Волков, Д.Ю. Костырин** // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - № 4-1 (15-1). - С. 271-276.
5. **Калантаров Е.И.** Универсальные методы цифровой фотограмметрии / **Е.И. Калантаров, А.В. Говоров, Д.А. Никишин** // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2003. - №6. -С. 47-55.
6. **Суворов Ю.Б.** Экспертное исследование обстоятельств ДТП, совершенных в нестандартных дорожно-транспортных ситуациях или в особых дорожных условиях / **Ю.Б. Суворов, И.И. Чавя** // - М.: ГУ РФЦСЭ. - 2003. - 142 с.
7. Инструкция пользователя Phantom 3 Professional [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://quadrone.ru/index.php?route=information/news&news_id=13.
8. **Городокин В.А.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий, осмотр места ДТП, схема места ДТП / **В.А. Городокин, А.Е. Вязовский** // Издательский центр ЮУрГУ.- Челябинск. - 2010. - С. 14-27.
9. Інструкція з оформлення працівниками Державтоінспекції МВС матеріалів про адміністративні порушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху: станом на 26 січня 2009 р. / Міністерство внутрішніх справ України. - Офіц. вид. МВС України, 2009. - № 77.
10. **Балакин В.Д.** Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / **В.Д. Балакин** // Издательство СибАДИ. - Омск. - 2005. - 138 с.
11. Spotlight Pro 10 - профессиональный редактор [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://soft.oszone.net/programlight>

Рукопис подано до редакції 13.04.16

О.В. ДОЛГІХ, Л.В. ДОЛГІХ, кандидати техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ДЕННОЇ ПОВЕРХНІ, ПІДРОБЛЕНОЇ ГІРНИЧИМИ РОБОТАМИ

У статті розглянуті питання використання різних способів спостереження за деформаціями денної поверхні, розташованої над гірничими виробками. При відсутності повної характеристики про підземні гірничі роботи доцільно використовувати способи з визначенням просторового положення точок. Можливості сучасних приладів та програмного забезпечення диктують потребу в удосконаленні класичних методик спостереження за деформаціями. Використовуючи цифрові тахеометри для вимірювання довжин ліній та перевищень можна одночасно визначати не тільки планові координати, як пропонується в роботах деяких авторів, а й просторові.

На ділянках, де неможливо було з різних причин розташувати профільні лінії перпендикулярно до прогнозованих обрушень, було перевірено планове положення реперів. Попередні спостереження на реперах профільних ліній, які виконувалися з використанням вимірювання відстаней та перевищень, давали величини горизонтальних та вертикальних деформацій, які не перевищували критичних величин. Але, враховуючи складні умови території, було прийнято рішення про використання паралельно й інших методів.

По реперах були прокладні спеціальні полігонометричні ходи. Визначені координати реперів на останню дату були порівняні з попередніми, на початкову дату. Обчислені різниці координат реперів характеризують величини на напрями зрушення за певний період часу. В статті наведено приклад, коли відстань між реперами змінилася з величини 57,510 м до 57,630 м, тобто на 12 см, а координати реперів, між якими ця відстань визначалася, відповідно – на 760 мм та 570 мм.

Ключові слова: програмні засоби, деформації, нові прилади.

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними задачами Дослідження територій, на яких можуть виникати різного роду деформації, як відомо, виконуються різними способами. Вибір способу залежить від точності їх визначення та умов місцевості. На практиці, найчастіше для територій, які підроблені підземними гірничими роботами, використовуються спостережні станції, для реперів профільних ліній, яких вимірюються позначки та відстані між ними. Виміряні величини перевищень та відстаней використовуються визначення вертикальних і горизонтальних деформацій.

Останнім часом є приклади використання для вимірювань електронних приладів та GPS. Це дозволяє підвищити швидкість виконання досліджень, але для того, щоб не втратити при цьому точність, необхідно ретельно розробляти методику виконання робіт. Крім того, доцільно використовувати всі можливості сучасних приладів.

При дослідженні деформацій на території шахти ім. Орджонікідзе, де у 2010 р. спостерігалось значне обрушення, спочатку використовувалися лінійні проміри та геометричне нівелювання, але згодом, було з'ясовано, що такі спостереження не завжди дають достовірні результати.

Аналіз досліджень та публікацій. Велика кількість праць вітчизняних та зарубіжних вчених присвячена питанням удосконалення способів та методик спостереження за деформаціями.

Для підвищення безпеки гірничих робіт та ефективності добування корисних копалин. вітчизняними та зарубіжними вченими пропонується вдосконалення класичних способів спостережень за деформаціями на підроблених територіях, шляхом використання сучасних приладів, комп'ютерних програм та нових методик.

Наприклад, пропонується використовувати GPS та електронний тахеометр [1]. За допомогою електронного тахеометра можна зміни змінити традиційну методику вимірів. Використавши функцію виміру недоступних відстаней - Missing Line Measurement, можна відразу отримати горизонтальне прокладання, істинну довжину та відносне перевищення між відбивачами, встановленими над відповідними реперами [2]. Пропонується використовувати GPS для прив'язки опорних реперів [3].

Співробітниками науково-дослідної лабораторії «Маркшейдерія, геомеханіка та геометризація надр КарГТУ для моніторингу Соколовського та Сарбайського кар'єрів використовується сучасна техніка: роботизований електронний тахеометр TCA1201, GPS-система 1200, 3D - лазерний сканер, не тільки для спостереження за робочими та опорними реперами, а й для вивчення структурно-тектонічні особливості гірського масиву.

На ряді підприємств використовується удосконалена методика спостережень за деформаційними процесами на основі технології 3D-сканування та георадарної зйомки.

Постановка задачі. Після обвалення ділянки денної поверхні на території шахти ім. Орджонікідзе у 2010 р. (рис. 1), було складено проект спостережень за деформаціями та закладено для цього спостережну станцію.

За проектом профільні лінії, розташовані у гірничому відводі, повинні бути перпендикулярними до зони обрушення [4]. За відомою методикою між реперами вимірюються відстані та перевищення, а опорні реperi на початку серії спостережень прив'язуються до твердих пунктів, розташованих за зоною зрушень.

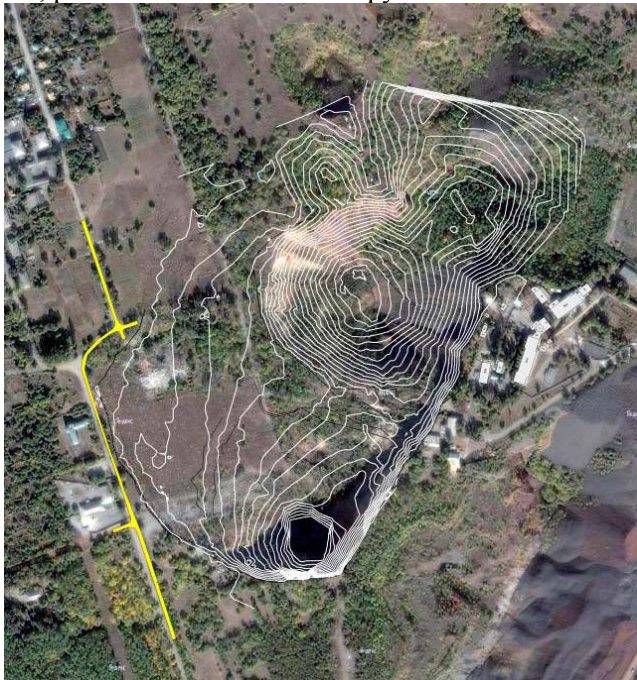


Рис. 1. Зона обвалення

Багаторазові спостереження реперів відображаються у таблицях та на графіках.

Відомо, що порівняння отриманих результатів з допустимими величинами дає уяву про ступінь впливу гірничих робіт.

Можливості сучасних приладів та програмного забезпечення диктують потребу в удосконаленні класичних методик спостереження за деформаціями.

Використовуючи цифрові тахеометри для вимірювання довжин ліній та перевищень можна одночасно визначати не тільки планові координати, як пропонується в роботах деяких авторів, а й просторові.

Викладення матеріалу та результати. На ділянках, де неможливо було з різних причин розташувати профільні лінії перпендикулярно до прогнозованих обрушень, було перевірено планове положення

реперів.

Попередні спостереження на реперах профільних ліній, які виконувалися з використанням вимірювання відстаней та перевищень, давали величини горизонтальних та вертикальних деформацій, які не перевищували критичних величин [4,5].

Але, враховуючи складні умови території, було прийнято рішення про використання паралельно й інших методів.

По реперах було прокладено спеціальні полігонометричні ходи.

Визначені координати реперів на останню дату були порівняні з попередніми, на початкову дату.

Обчислені різниці координат реперів характеризують величини на напрями зрушення за певний період часу.

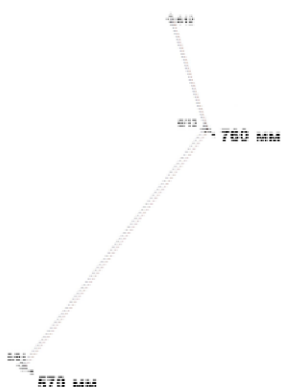
На рис. 2 наведено приклад, коли відстань між реперами змінилася з величини 57,510 до 57,630 м, тобто на 12 см, а координати реперів, між якими ця відстань визначалася, відповідно - на 760 та 570 мм.

Рис. 2. Планові зміщення реперів

Технічна експлуатація будинків, споруд та інженерних комунікацій на підроблюваних територіях має здійснюватись у відповідності з чинними нормативними документами.

Важливою умовою безпечної експлуатації будівель і споруд, які знаходяться на підробленій території, є постійний контроль за їх станом, який здійснюється маркшейдерською службою і полягає в оперативному отриманні точної інформації.

Ефективним є спосіб, який використовує не тільки сучасні прилади, а й ефективне програмне забезпечення для опрацювання результатів спостережень.



Але є випадки, коли необхідно розробляти методику відповідно до певних умов, що склалися. Інколи профільні лінії проходять по вулицях, які не перпендикулярні до зони провалу, як показано на рис. 3. У таких випадках, як показала практика спостережень, виконання лінійних промірів та геометричного нівелювання не може давати дійсної характеристики процесу зсувів.

На території Криворізького залізорудного басейну є ділянки, для яких складно передбачити утворення провалів або напрям зрушень через недостатню інформацію про гірничі роботи початку попереднього століття. Тому, зрозуміло, що необхідно для таких випадків передбачити певні контролю, які унеможливили би не прогнозовані випадки.

Впроваджуючи координування реперів шляхом прокладання спеціальної полігонометрії, яка пропонується авторами, особлива увага повинна приділятися точності центрування приладів та визначення його висоти.

При використанні електронного тахеометра SET 630R ($m_{\beta}=6''$, $m_s=2$ мм) середні квадратичні помилки визначення приростів координат за величинами відстаней між реперами та дирекційними кутами напрямів, що їх з'єднують, залежно від варіювання цих величин складають відповідно від 0,7 мм до 1,9 мм. Так як на визначення координат впливають середні квадратичні помилки визначення ΔX та ΔY , то вони визначаються із середніми квадратичними помилками від 1 мм до 2,7 мм.

Відомо, що при визначенні перевищень із тригонометричного нівелювання, суттєвий вплив на точність має точність вимірювання ліній та кутів нахилу. Виходячи з цих положень, розраховано, з якою точністю необхідно виконувати лінійні та кутові виміри при заміні геометричного нівелювання на тригонометричне

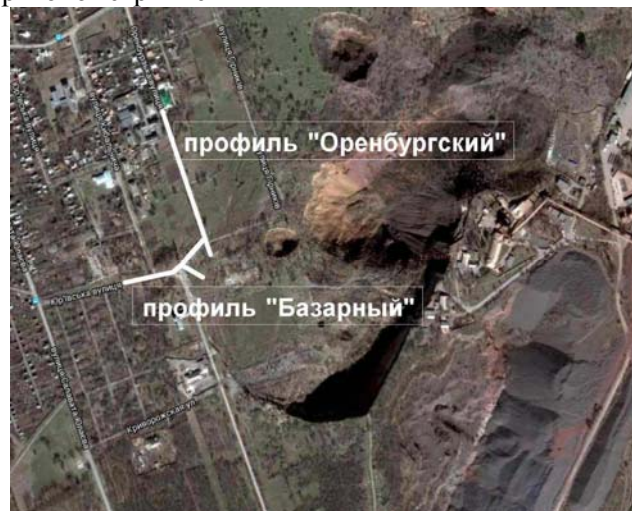


Рис. 3. Розташування профільних ліній

Відомо, що при вимірюванні горизонтального прокладання перевищення обчислюється за формулою

$$h = S \cdot \sin \nu, \quad (1)$$

а середня квадратична помилка визначення перевищення за формулою

$$m_h^2 = \sin^2 \nu m_s^2 + S^2 \cos^2 \nu \frac{m_v^2}{\rho^2}. \quad (2)$$

Нами досліджено з якою точністю необхідно вимірювати довжини ліній між реперами, при виконанні робіт електронним тахеометром SET 630R, кутова точність якого $6''$. На точність лінійних вимірів впливає величина кута нахилу. Для визначення перевищення з середньою квадратичною помилкою $m_h=\pm 3$ мм при $m_{\beta}=6''$, $S=20$ м при куті нахилу від 1° до 10° довжини ліній повинні вимірятися з точністю відповідно від 15 см до 2 мм, що за даних умов цілком прийнятним.

Висновки та напрям подальших досліджень. У результаті досліджень встановлено, що при спостереженні за деформаціями з використанням лінійних промірів та геометричного нівелювання, в умовах Кривбасу необхідно періодично визначати координати реперів, що дозволяє сучасне устаткування та прилади. Сучасні прилади дозволяють поєднувати способи профілів та

координат. Пропонована методика дозволяє підвищувати точність визначень деформацій та прогнозування їх розвитку. Ці дані використовуються при розробці заходів з охорони навколишнього середовища, будівель та споруд.

Список літератури

1. Долгих Л.В., Долгих О.В. Дослідження території зони провалля від шахти ім. Орджонікідзе //Збірник наукових праць „Вісник Криворізького технічного університету”. - Кривий Ріг: КТУ. Вип. 27, 2011. с. 70-73.
2. Долгих А.В. Преобразование маркшейдерских данных для моделирования нейросетевыми методами. / Гірничий вісник. – Кривий Ріг: КНУ. – 96, 2013. – С. 85-89.
3. Федоренко П.И., Долгих А.В. Применение новых технологий при маркшейдерском обслуживании горных предприятий // Разработка рудных месторождений.-Вип. 82.- Кривой Рог: КТУ.- 2003.- С. 68-72.
4. Долгих А.В., Долгих Л.В. Использование нейронных сетей при исследовании земной поверхности, подработанной подземными горными работами. Сборник научных трудов «Качество минерального сырья». Кривой Рог, 2014.; Издательство «Дионат» (ФЛ-П Чернявский Д.А.). – С. 387-392.
5. Сазонов В.А. «Исследование вопросов подземной подработки карьеров и выбор способов наблюдений за устойчивостью их поверхности» Автореферат кандидатской диссертации. – КГРИ. – Кривой Рог, 1969.
6. Сероштан В.С. Зависимость времени стояния кровли от площади ее обнажения. – «Горный журнал», 1974, №12. С. 42-44.
7. Грищенкова, Е.Н. Обоснование условий использования электронных тахеометров для инструментальных наблюдений на маркшейдерских наблюдательных станциях / Е.Н. Грищенкова // Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть I. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб, 2014. – С. 157-159.
8. Божко В.Г., Гринюк Б.О., Чирва О.І. Використання електронних приладів при спостереженні за деформаціями поверхні та стійкістю об'єктів технологічного комплексу гірничовидобувних підприємств Кривбасу//Вісник Криворізького технічного університету. - 2005. - №7. - С. 65-67.
9. Божко В.Г., Гринюк Б.А., Чирва А.И. Использование GPS-системы для привязки опорных реперов наблюдательных станций // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг. - 2007.
10. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений – М.: Недра, 1988. – 112 с.

Рукопис подано до редакції 20.04.16

УДК 622.34: 550.343.6

М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РУДИ І КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ У РУДНІЙ СИРОВИНІ

Виконано стохастичне моделювання відосблених і взаємозалежних динамічних рядів для прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині родовища, покладу, рудного тіла або дільниці залізистих кварцитів. Відмічено, що основними перевагами стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є їх високі адаптивні властивості, точність прогнозування, а також можливість моделювання нестационарних динамічних рядів. Розглянуто методику моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Уявлення про гірничодобувне виробництво як динамічної системи і облік залежностей між об'ємно-якісними показниками окремих рівнів рудопотоків, пов'язаних гірничотехнологічними процесами, дозволило узагальнити методи прогнозування відосблених рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Успішне вирішення теоретичних питань у цій області, дозволило зменшити труднощі практичної реалізації методу, які обумовлені складністю оцінки параметрів таких багатовимірних моделей і інтерпретації результатів моделювання. Виконаний аналіз використання багатовимірних моделей на великому фактичному матеріалі дає позитивні результати. Розглянуто два підходи, які доцільно використати для моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Виконанні дослідження у значній мірі розширюють можливості методу прогнозування процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині в рудопотоках і дозволяють вірогідно оцінювати контрольовані якісні характеристики на періодах управління перевищуючи оперативні, істотно підвищуючи при цьому точність прогнозування. Видано рекомендації стосовно технології прогнозування з невеликими інтервалами дискретності.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Побудова стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині динамічних рядів і їхнє використання для прогнозування базується на методах аналізу тимчасових рядів. Найбільш завершений - метод Бокса-Дженкінса [4]. Основними перевагами стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є їх високі

адаптивні властивості, висока точність прогнозування, а також можливість моделювання не-стаціонарних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Досягається це за рахунок більш ефективного статистичного аналізу інформації.

Аналіз досліджень і публікацій. У методі Бокса-Дженкінса стохастична модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині будується або за вихідними даними C_1, C_2, \dots, C_n , або по перетвореними (якщо ряд не є стаціонарним). У загальному випадку рівняння моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині має вигляд

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (1)$$

де $X_t = C_t - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i$; $\{\varphi_i\}$ - параметри авторегресії; $\{\theta_i\}$ - параметри ковзного середнього; ε_t - «білий шум» з постійною дисперсією.

Обчислювальний процес моделювання динамічного ряду процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині пов'язаний з визначеннями величин p і q (ідентифікація моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині), оцінювання параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині $\{\varphi_i\}$ в $\{\theta_i\}$ і діагностичної перевірки моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині на адекватність. Послідовність обчислювальних процедур при стохастичному моделюванні динамічного ряду процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині наведена на рис. 1.

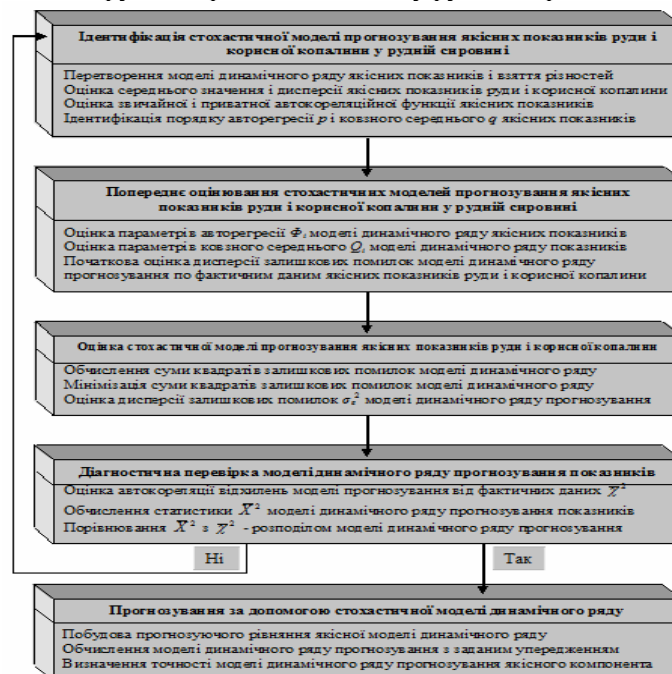


Рис. 1. Блок-схема побудови стохастичної моделі динамічного ряду формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині

Основним інструментом для ідентифікації моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині служать автокореляційна і частинна автокореляційна функції. Теоретичні властивості автокореляційної функції процесу конкретного виду дозволяє ідентифікувати порядок ковзного середнього q . Аналогічним чином ідентифікується порядок авторегресії p виходячи з властивостей частинної автокореляційної функції [1-3].

Постановка завдання. Оцінювання стохастичної моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині здійснюється у два етапи. Спочатку знаходимо початкові оцінки параметрів авторегресії і ковзний середнього незалежно один від одного. При цьому початкові оцінки параметрів Φ_i визначаються з рівнянь Юла-Уоркера [4]. Параметри ковзного середнього $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ знаходимо за допомогою простої ітеративної процедури.

Викладення матеріалу та результати. Початкові оцінки параметрів стохастичної моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є досить наближеними. Остаточне оцінювання моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, що приводить до більш точного прогнозування, здійснюється за допомогою мінімізації суми квад-

ратів розбіжностей між реальними членами динамічного ряду процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині і їхніх прогнозів, які зроблено на попередньому кроці. Мінімум цієї суми визначає «справжні» значення параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Для змішаної моделі АРКС (p, q) маємо

$$S(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_p, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q) = \sum_{t=M}^n \tilde{\varepsilon}_t^2 = \min \quad (2)$$

$$\text{де } \tilde{\varepsilon}_t = X_t - \sum_{l=1}^p \Phi_l X_{t-l} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}.$$

Для знаходження мінімуму функції S розроблені різні методи. У найпростішому випадку ($p=0$; $1 \leq q \leq 1$) мінімум найпростіше знайти графічно. Для моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині більш високого порядку скористаємося алгоритмом Марквардта для нелінійного методу найменших квадратів або для однієї з його модифікацій [5-7]. Після того як знайдено оцінки параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, що забезпечують мінімальні похибки прогнозування (у середньому), рівняння моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині використовується для прогнозування.

Підібрана модель виявляється неадекватною реального динамічного ряду якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Це обумовлено звичайно неправильною ідентифікацією порядків моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині p і q або не стаціонарністю вихідних даних. Останнє знаходиться по поводженню автокореляцій. Якщо автокореляції мають тенденцію зберігати постійні значення (необов'язково високі), то тимчасовий ряд якості руди і корисної копалини у рудній сировині, який досліджується не є стаціонарним. У цьому випадку тимчасовий ряд необхідно перетворити, взявши перші різниці, а при необхідності і різниці більш високого порядку, тобто перейти до нового тимчасового ряду якості руди і корисної копалини в рудній сировині

$$W_t = C_t - C_{t-1}, t = 2, 3, \dots, n. \quad (3)$$

Модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині різницевого ряду називається змішаною моделлю авторегресії проінтегрованого ковзного середнього і позначається АРПКС (p, d, q), де d - порядок взяття різниць. Як показують чисельні розрахунки по сотнях динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині для родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисної копалини, порядки моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині p і q часто не перевищують 2, а порядок взяття різниць d дорівнює 0 або 1. Перевірка адекватності знайденої моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині здійснюється за допомогою діагностичних перевірок, що використовують статистику X^2 . Якщо діагностична перевірка приводить до неадекватності моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, необхідно повторити процес оцінювання, змінивши порядок моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині. При використанні комп'ютерних технологій для знаходження параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині процедура оцінювання може бути спрощена. Враховуючи, що $p \leq 2$ і $q \leq 2$, можна послідовно оцінити параметри конкуруючих моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині з різними p і q і вибрати ту з них, для якої S [див. (2)] мінімальна. Потім варто здійснювати діагностичну перевірку тільки для цієї моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині.

Розглянемо декілька конкретних прикладів, що ілюструють методіку послідовних операцій ідентифікації моделей відособлених рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині, визначення центрованої постійної стохастичної моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині і розрахунку прогнозних оцінок якості. Уявлення про гірничодобувне виробництво як динамічної системи і облік залежностей між об'ємно-якісними показниками окремих рівнів рудопотоків, пов'язаних гірничо-технологічними процесами, дозволяють узагальнити методи прогнозування відособлених (ізолюваних) рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Незважаючи на успішне вирішення теоретичних питань у цій області, залишаються ще труднощі практичної реалізації методу. Вони обумовлені складністю оцінки параметрів таких багатовимірних моделей і інтерпретації результатів моделювання. Однак аналіз використання багатомірних моделей на великому факти-

чному матеріалі дає обнадійливі результати. Зупинимося на двох підходах, які доцільно використати для моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Перший з них пов'язаний з побудовою адаптивних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині множинної регресії, другий - з побудовою дискретних лінійних моделей передаточних функцій, що використовують ідеї метода Бокса-Дженкінса [4]. Побудова адаптивних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині множинної регресії базується на припущенні про лінійну залежність ряду $\{Y_t\}$, що досліджується з рядами $\{X_{1,t}\}, \{X_{2,t}\}, \dots, \{X_{M,t}\}$, причому коефіцієнти зв'язку не є постійними. Припустимо, що прогнозування на момент часу $t+\tau$ здійснюється за допомогою рівняння множинної регресії

$$\tilde{Y}_{t+\tau} = \lambda_{1,t} X_{1,t} + \lambda_{2,t} X_{2,t} + \dots + \lambda_{M,t} X_{M,t}. \quad (4)$$

Коректування вагових коефіцієнтів $\lambda_{i,t}$ можна здійснювати за тим же правилом, що використали в методі адаптивної авторегресії

$$\lambda_{i,t} = \lambda'_{i,t} + 2k\varepsilon_{t+\tau} X_{i,t} \quad (i=1,2,\dots,M),$$

де $\varepsilon_{t+\tau} = Y_{t+\tau} - \tilde{Y}_{t+\tau}$ - похибки прогнозування; $\lambda'_{i,t}$ - старе значення $\lambda_{i,t}$, що отримане на попередньому кроці; $k = \alpha/2 \sum_{i=1}^M X_{i,t}^2$ коефіцієнт адаптації; α - параметр адаптації, причому $0 < \alpha < 2$.

Оптимальне значення α знаходиться так само, як і у методі адаптивної авторегресії в процесі «навчання» моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині. На початковому етапі будується звичайна модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині множинної регресії методом найменших квадратів.

Другий підхід до моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині пов'язаний з узагальненням методу Бокса-Дженкінса для ізольованих рядів. Розглянемо методику побудови таких моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, обмежуючись для простоти двома взаємозалежними рядами $\{X_t\}$ і $\{Y_t\}$. Якщо Y_t і X_t - відхилення членів динамічних рядів від деякого рівноважного рівня відповідно на виході і вході динамічної системи.

Запишемо рівняння моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині у вигляді

$$Y_t - \delta_1 Y_{t-1} - \dots - \delta_r Y_{t-r} = \omega_0 X_{t-b} - \omega_1 X_{t-b-1} - \dots - \omega_s X_{t-b-s}, \quad (5)$$

де δ_i - «лівосторонні» параметри моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині; ω_j - «правобічні» параметри моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині; b - «параметр затримки».

Використовуючи поняття оператора зрушення «назад» $BY_t = Y_{t-1}$; $B^2 Y_t = Y_{t-2}$; рівняння (5) можна записати у вигляді

$$(1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r) Y_t = (\omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s) X_t \quad (6)$$

або в більш компактному виді

$$Y_t = (\omega(B)/\delta(B)) X_{t-b} \quad (7)$$

де введено позначення

$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r \quad \omega(B) = \omega_0 - \omega_1 B - \dots - \omega_s B^s$$

Функція

$$\nu(B) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} \quad (8)$$

є передаточною функцією. Враховуючи, що будь-яка динамічна система піддається збурюванню $N(t)$, рівняння моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині (7) повинно бути записано у вигляді

$$Y_t = \nu(B) X_{t-b} + N_t \quad (9)$$

Процедура ідентифікації моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині містить у собі стохастичне моделювання ряду $\{X_t\}$, вирівнювання спектрів обох рядів, оцінку автокореляцій вирівняного виходу і взаємних кореляцій вирівняних входу і вихо-

ду, оцінку функції відгуку на одиничний імпульс і виділення випадкового компонента N_t . У результаті виконання перерахованих розрахунків ідентифікуються параметри b, r і s .

Вирівнювання спектрів рядів $\{X_t\}$ і $\{Y_t\}$ здійснюється за формулами

$$\begin{aligned} a_t &= X_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j a_{t-j}; \\ \beta_t &= Y_t - \sum_{i=1}^p \Phi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \beta_{t-j}, \end{aligned} \quad (10)$$

де Φ_i , і θ_i , - параметри моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині авторегресії ковзного середнього, що отримані в результаті моделювання ряду $\{X_t\}$.

Для перекручених рядів $\{\alpha_t\}$ і $\{\beta_t\}$ по стандартних формулах заходяться оцінки автокореляцій $r_{\beta\beta}(k)$ і взаємних кореляцій $r_{\alpha\beta}(k)$, а також оцінки функції відгуку на одиничний імпульс

$$\tilde{D}_k = \frac{\tilde{\sigma}_\beta}{\tilde{\sigma}_\alpha} \tilde{r}_{\alpha\beta}(k), \quad (11)$$

де $\tilde{\sigma}_\beta^2$ і $\tilde{\sigma}_\alpha^2$ - оцінки дисперсій відповідно β_t і α_t .

Отриманні на цьому етапі оцінки \tilde{D}_k статистично неефективні, але дозволяють ідентифікувати порядок операторів $\mathcal{X}(B)$ і $\mathcal{A}(B)$, а також величину затримки B . Ідентифікація параметрів r, s і b ґрунтується на теоретичних властивостях функції відгуку \tilde{D}_k у рівнянні моделі процесу формування якості руди і корисної копалини в рудній сировині (11).

Після того як ідентифікований порядок моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, можна відновити випадкову складову моделі процесу формування якості руди і корисної копалини в рудній сировині N_t за допомогою рівняння

$$N_t = Y_t - \tilde{v}_0 X_t - \tilde{v}_1 X_{t-1} - \dots - \tilde{v}_g X_{t-g} \quad (12)$$

і за стандартною методикою побудувати стохастичну модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині ряду $\{N_t\}$. Якщо при цьому отримана модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині має вигляд АРКС (p, q) , то модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині взаємозалежних рядів може бути записана у вигляді

$$Y_t = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} X_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\Phi(B)} \varepsilon_t, \quad (13)$$

де $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$; $\Phi(B) = 1 - \Phi_1 B - \Phi_2 B^2 - \dots - \Phi_p B^p$.

Початкові оцінки «лівосторонніх» параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині передаточної функції δ_i знаходяться з вирішення системи лінійних рівнянь

$$\sum_{i=1}^r A_{ij} \tilde{\delta}_i = h_j; \quad j = 1, 2, \dots, r, \quad (14)$$

де $h_j = \tilde{v}_{b+s+j}$; $A_{ij} = \begin{cases} \tilde{v}_{b+s+i-j} & s+i \geq j \\ 0 & s+i < j. \end{cases}$

Початкові оцінки «правобічних» параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині визначаються за допомогою формул

$$\tilde{\omega}_0 = \tilde{v}_b; \quad D_{ij} = \tilde{\delta}_i \tilde{v}_{b+j-i} - \tilde{v}_{b+j}; \quad \tilde{\omega}_j = \sum_{i=1}^j D_{ij}; \quad \text{при } r \geq s; \quad \tilde{\omega}_j = \begin{cases} \sum_{i=1}^j D_{ij}, & j \leq r; \\ \sum_{i=1}^r D_{ij}, & j > r; \end{cases} \quad \text{при } r < s. \quad (15)$$

Попередні оцінки параметрів δ_i , ω_i , Φ_i і θ_i надалі використовуються для одержання прогнозів і їхнього порівняння з фактичними даними. Остаточне оцінювання моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині і її діагностична перевірка на адекватність здійснюється точно так само, як і для ізольованих рядів. При використанні комп'ютерних технологій розрахунки здійснюються по тим самим стандартним програмам.

Доцільно розглянути далі практично важливе питання про побудову і використання для прогнозування так званих агрегованих рядів на підставі динамічних рядів якості руди і корис-

ної копалини у рудній сировині з невеликими інтервалами дискретності. Дійсно, при розгляді методів прогнозування якісних показників динамічних рядів внутрішня структура ряду і окремого його елемента в увагу не приймалися. Передбачалося, що методи застосовні для рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині з різними інтервалами дискретності (зміна, доба і т. д.). Такий підхід правомірний, якщо число членів динамічного ряду якості руди і корисної копалини у рудній сировині досить велике, щоб одержати надійні статистичні оцінки параметрів мінливості. Однак для рядів з більшими інтервалами дискретності (місяць, квартал, рік) і вкрай обмеженим числом спостережень ця умова не виконується. Вирішення питання може бути знайдено, якщо такі ряди якості руди і корисної копалини у рудній сировині розглядати як агреговані, що утворенні даними рядів меншої дискретності.

Для динамічного ряду якості руди і корисної копалини у рудній сировині $\{C'_t\}$ з деяким мінімальним інтервалом дискретності t_0 (наприклад, зміна, доба) число даних досить велике. Розглянемо завдання визначення статистичних характеристик агрегованих рядів $\{C_n\}$, що отримані з основного ряду $\{C'_t\}$ за допомогою переключення

$$C_k = (C'_{k(m-1)+1} + C'_{k(m-1)+2} + \dots + C'_{km}) / m$$

або

$$C_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m C'_{k(m-1)+j} \quad (16)$$

Якщо t_0 дорівнює одній добі, то при $m=1$ отримуємо ряд якості руди і корисної копалини у рудній сировині $\{C_n\}$ середньо недільних значень показника C . У найпростішому випадку взаємозалежних C'_t всі характеристики ряду $\{C_n\}$ знаходяться за допомогою формул класичної математичної статистики

$$M(C) = M(C') = \bar{C}; \quad D(C) = \frac{D(C')}{m}$$

У більш загальному випадку, коли динамічний ряд якості руди і корисної копалини у рудній сировині $\{C'_t\}$ є стаціонарним, необхідно знайти зв'язок між характеристиками рядів $\{C'_t\}$ і $\{C_k\}$. Для математичного очікування маємо $M(C) = M(C')$. Для визначення дисперсії $D(C)$ і автокореляційної функції $K_C(l)$ скористаємося їхніми властивостями. Підставляючи (16) у відповідні вирази для дисперсії і автокореляційної функції, після перетворень отримаємо

$$D(C) = \frac{2}{m} + D(C') + \frac{2}{m} \sum_{r=1}^{m-1} (m-r) K_{C'}(r); \quad (17)$$

$$K_C(l) = \frac{1}{m} \sum_{r=-(m-1)}^{m-1} \left(1 - \frac{|r|}{m}\right) K_{C'}(lm-r). \quad (18)$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отримано теоретичні залежності які будуть використані для побудови агрегованих рядів процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, якщо відомо характеристики вихідного основного ряду.

Викладений підхід розширює можливості методу прогнозування процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині в рудо потоках і дозволяє вірогідно оцінювати контрольовані якісні характеристики підвищуючи точність прогнозування.

Видано рекомендації стосовно технології прогнозування з невеликими інтервалами дискретності.

Список літератури

1. Аврамов В.Е., Азбель Е.И., Ефремова Н.И. Планирование эксперимента и прогнозирование качества сырья на горных предприятиях. Новосибирск, Наука, 1979.
2. Арсеньев С.Я., Прудовский А.Д. Внутрикарьерное усреднение железных руд. М., Недра, 1980.
3. Бастан П.П., Азбель Е.И., Ключкин Е.И. Теория и практика усреднения руд. М., Недра, 1979.
4. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1. М., Мир, 1974.
5. Гудков В.М., Васильев В.М., Николаев К.П. Прогноз и планирование качества полезного ископаемого. М., Недра, 1976.
6. Добина А.С., Евстропов Н.А. Стандартизация продукции в горнодобывающей промышленности. М., изд. ВИСМ, 1978.
7. Измерение качества продукции. Вопросы квалиметрии. Под ред. А.В. Гличева. М., Стандарт, 1971.
8. Геометризація родовищ корисних копалин. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямом «Гірництво» / Сидоренко В.Д., Федоренко П.Й., Шолох М.В. та інші - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008. -367 с.

9. Инструкция по производству маркшейдерских работ. - М.: Недра, 1987. - 240 с.
10. Сидоренко В.Д., Федоренко П.Й., Шолох М.В. Автоматизация маркшейдерских работ: Навчальний посібник. -2-е вид., перероб. і доп. Кривий Ріг: Мінерал, 2006. - 344 с.
11. Baranowski M. Zastosowanie fotogrammetrii w miernictwie podziemnym / M. Baranowski // Prz. gorniczy. - 1974. - Vol. 30. - № 11. - P. 571-577.
12. Beyer C. Erfahrungen beim Abbau eines 9m mächtigen Kohlenpfeilers um eine Schachtröhre / C. Beyer. - Budapest, 1972. - 236 p.
13. Brinkmann E. Dauerstandsverhalten von Holzpfählern / E. Brinkmann, F. Neveling // Glückauf-Forsch. - Vol. 30. - 1969. - P. 85-87.
14. Chambon C. Einfluß der gebauten Mächtigkeit und der Teufe auf die Strebkonvergenz / C. Chambon // Bergb. - Wiss.(13). -1966. - P. 153-160.
15. Chen C.T. Visible and ultraviolet optical properties of single-crystal and polycrystalline hematite measured by spectroscopic ellipsometry / C. T. Chen, B. D. Caban // J.Opt.Soc.Amer. - Vol. 7. - 1981. - 240 p.
16. Deeper open pits // International Mining. - № 10. - 2009. - P. 52-55.
17. Gorachard G. Dispersions-equation coefficients for the refractive index and birefringence of calcite and quartz crystals / Gorachard Ghosh // Opt.Comm. - Vol.163. - 1999. -P. 95-102.
18. Herzinger C.M. Ellipsometric determination of optical constants / C. M. Herzinger, B. Johs, McGahan and J. A. Woollan. - 1995. - 123 p.
19. Meier G. Erkundung und Verwahrung tagesnaher Holraum in Sachsen / G. Meier // Glückauf. -1997. - P. 241-245.
20. Mie G. Beiträge zur Optik trüber Medich Special kolloidaler / G. Mie // Metalsösungen. Ann. Phys. - B. 25. - 1998. - P. 377-445.

Рукопис подано до редакції 22.03.16

УДК 624.024-044.963

О.Б. НАСТИЧ, канд. техн. наук, доц., І.В. ХОРУЖЕНКО, асистент,
Т.В. КОЛЮКА, студент, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ ПОКРІВЕЛЬНОГО КИЛИМУ БУДІВЛІ ЦЕХУ ПІДГОТОВКИ РУХОМОГО СКЛАДУ ШВИДКІСНОГО ТРАМВАЮ

Довговічність покрівлі - період часу, протягом якого покрівля зберігає працездатність. Довговічність визначається конкретними умовами експлуатації покрівлі, тобто впливом на неї комплексу кліматичних, механічних і інших агресивних чинників. Ці умови залежать від кліматичного району, місця розташування в конструкції, дотримання технологічних вимог при улаштуванні покрівлі, режиму експлуатації будівлі. Слід мати на увазі, що і ці умови в часі можуть змінюватися. Основне завдання при визначенні довговічності покрівлі зводиться до того, щоб визначити чинники її руйнування під час експлуатації, виявити шляхи їх усунення. Експлуатаційна придатність та довговічність плит покриття та кровляних конструкцій промислових будівель та споруд в значній мірі залежать від стану покрівельного килиму покриття. В свою чергу стан м'якого килиму залежить від технології влаштування, від умов експлуатації та від проведення своєчасного обстеження та проведення необхідних ремонтних робіт. В статті проаналізовано та досліджено публікації, де було розглянуто технологію улаштування м'яких бітумних покрівель, виявлення дефектів та пошкоджень покрівлі в умовах звичайної експлуатації, а також при експлуатації в умовах підвищених температур, з'ясування причин таких руйнувань, знаходження чинників, що впливають на експлуатаційні властивості м'якої бітумної покрівлі, а також встановлення технології та рекомендацій для усунення виявлених дефектів. Авторами статті було обстежено покрівлю будівлі цеху підготовки рухомих складів КП «Швидкісний трамвай», внаслідок чого було розроблено спеціальну методику усунення основних дефектів.

Ключові слова: м'яка покрівля, бітумна покрівля, руйнування та дефекти покрівлі, експлуатація покрівель

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Багаторічні обстеження покрівель житлових будинків та будівель загального користування показали їх загальний незадовільний стан. Це найчастіше пов'язано з грубими порушеннями будівельних норм і правил при організації виробництва покрівельних робіт, а також з неправильним вибором покрівельних матеріалів, іноді це - результат невдалого проектного рішення конструкції будівлі і його покрівлі зокрема. Все це істотно знижує надійність покрівлі.

В Україні близько 90 % покрівель виконуються з рулонних бітумних або бітумно-полімерних матеріалів методом наплавлення. Протягом тривалого часу такі покрівлі довели свою недовговічність і вельми низьку надійність. Їх ремонт, найчастіше, починається вже в процесі виготовлення і триває, з перервами в один-два роки, весь термін служби покрівельного покриття. Дефекти покрівель призводять до дуже великих витрат на відновлення початкового стану самої покрівлі, а також обробки ниж-

чих поверхів (особливо при вартісній, елітній обробці). Крім того, протікання покрівель морально впливають на мешканців, які позбулися комфортних умов.

Відомо, що основними причинами малої довговічності м'яких покрівель є наступні:

дуже низька якість покрівельних матеріалів;

низький рівень проектних рішень;

відсутність професіоналізму у ГПП і покрівельників при влаштуванні покрівель;

відсутність необхідних знань і якісних регламентуючих нормативів у «Замовника» під час приймання покрівлі у «Підрядника»;

безграмотна і безвідповідальна експлуатація покрівель.

Зазначені причини наполегливо вимагають розробки і широкого впровадження нових, більш ефективних і менш витратних способів ремонту рулонних бітумінозних покрівель, зі значно більш високою надійністю відремонтованого покрівельного килима.

Аналіз досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток методів усунення пошкоджень багатошарових покрівель внесли вчені Ростовського державного будівельного університету, а в свій час і Ростовського НДІ комунального господарства [4,5]. Були визначені закономірності впливу режимів прогріву і ущільнення водоізоляційного килиму покрівлі на фізико-механічні властивості матеріалів, з яких він виготовлений, доведені можливість і доцільність терморегенерації бітумних матеріалів безпосередньо в гідроізоляційному килимі. Авторами було обґрунтовано ефективність застосування контактного способу прогріву водоізоляційного килиму поверхневими нагрівачами; розроблений метод і виявлені раціональні режими термомеханічної обробки водоізоляційного килиму, що полягає в розм'якшенні, розрівнюванні і ущільненні бітумних матеріалів, що містяться в ньому.

Так, для можливості ліквідації складних пошкоджень ними вперше було запропоновано наступні методи:

відновлення водонепроникності, монолітності і гниlostійкості багатошарової покрівлі без заміни існуючого або влаштування додаткового гідроізоляційного килима;

усунення розшарувань і відслонень водонасиченого водоізоляційного килима з омолодженням старого бітуму, що міститься в ньому, водно-бітумною емульсією;

вирівнювання поверхні багатошарової покрівлі в місцях осідання під нею основи з використанням бітумно-картонної матриці - продукту утилізації бітум відходів, одержуваних при розбиранні старих рулонних покрівель;

пристрою ремонтного шару покрівлі із ненаплавлуючих матеріалів.

Всі перераховані методи засновані на застосуванні терморегенерації (відновлення властивостей) бітумних матеріалів, що містяться в покрівлі [4,5].

Досить детально в своїх наукових дослідженнях Совач С.О. з Вінницького Національного технічного університету проаналізував та дослідив ремонт рубероїдних покрівель за допомогою їх розігріву інфрачервоним випромінюванням та ущільнення циліндричним котком [8,9]. За оцінкою автора, технологія з використанням апарата інфрачервоного випромінювання (АІВ) ковпакового типу при певних умовах має найбільшу ефективність. Тим часом її технологічні та конструктивні параметри встановлено нині без належного обґрунтування, а відтак можливої високої ефективності ремонтних робіт не досягнуто. Дослідження залежностей технологічних і конструктивних параметрів технології від чинників, які на них впливають, уможливить визначення їхніх найкращих значень. Спеціально розроблена методика визначення оптимальної технології ремонту рубероїдних покрівель з використанням досліджуваних параметрів дасть змогу досягати найвищої ефективності ремонтних робіт.

Наукова новизна цих досліджень полягає у вперше виявлених залежностях конструктивних і технологічних параметрів пропонованої технології від чинників, які на них впливають (вхідні параметри технології), а саме:

залежності тривалості нагрівання багатошарового рубероїдного покрівельного килима до його граничної температури поверхні (180 °С) від потужності АІВ, товщини та вологості покрівлі, температури оточуючого середовища;

залежності швидкості зростання температури у покрівельному килимі від потужності апарату інфрачервоного випромінювання (АІВ);

залежності величини підвищення середньої температури у покрівельному килимі від спожитої АІВ різних потужностей енергії;

залежності міцності приклеювання руберойду бітумною мастикою до цементно-піщаної стяжки від товщини, температури та вологості покрівлі, значень стискаючих напружень і кількості циклів їх прикладання.

На базі виявлених залежностей сформовано методика визначення оптимальної технології ремонту рубероїдних багатошарових покрівель з використанням АІВ [8,9].

А.П. Приходько, В.Н. Шастун, В.Ф. Яременко, І.В. Нікітіна дослідили використання модифікованих графітів як нового матеріалу для гідроізоляції й герметизації, що має широкий діапазон фізико-механічних характеристики, що забезпечує високу якість та ефективність впровадження ремонтних робіт з гідроізоляції та герметизації [10]. Було розроблено технологію влаштування та ремонту м'яких покрівель з використанням нових матеріалів на основі так званих модифікованих графітів (МГ), розроблених науково-виробничим підприємством (НВП) «Графпласт». Модифіковані графіти володіють великим спектром властивостей, головними з яких для даної теми є:

- термостійкість;
- інертність;
- висока стійкість до радіації;
- хімічної та біологічної агресії;
- низький коефіцієнт тертя (k тертя = 0,05);
- властивість відображати та сповільнювати радіаційне випромінювання;
- пластичність, на яку не впливає ні час, ні температура, ні агресивне середовище;
- з МГ можна формувати вироби будь-якої форми (профілі, стрічки, пруті і т.ін.);
- висока сорбентність: 1 г МГ вбирає в себе до 80 г органічних речовин;
- властивість самоущільнюватись у швах стиків та тріщинах;
- властивість проникати в мікропори і капіляри матеріалів (бетону, кераміки, металу та ін.);
- абсолютна непроникність для газів і рідин;
- вогнестійкість і теплоізоляційні властивості.

Сезонні проблеми гідроізоляції м'якої покрівлі [12] набувають масштабного впливу на експлуатаційну придатність покриття будівлі:

у весняний період рекомендується перевіряти дахове покриття на наявність повітряних бульбашок, якість з'єднання сусідніх полотен, герметичність ізоляції дефлекторів і водоприймальних воронок дощової каналізації;

при літній спеці треба приділяти особливу увагу утворенню мікротріщин при високотемпературному нагріванні бітуму, матеріал повинен бути рівномірно розподілений по горизонту і парапетах без утворення місць, в яких з'являється підвищений поверхневий натяг мембрани і виникає ризик її розтріскування;

восени найкраще ретельно стежити за справною роботою водостоків і своєчасно очищати жолоби і воронки від падаючого листа. Кращим рішенням тут буде встановлення спеціальних фільтрів на дефлектори і водоприймачі;

у зимовий період часу, якщо дозволяє висота парапету, необхідно своєчасно очищати покрівлю від снігу, але не до самого покриття, а залишаючи 2-4 см сніжної кірки - вирішального навантаження вона не створить, а гідроізоляційне покриття уникне ризику пошкодження лопатою або скребком.

Постановка завдання. На базі загального обстеження покрівлі будівлі цеху підготовки рухомого складу проаналізувати дефекти м'якої покрівлі, виявити причини виникнення цих дефектів та призначити методи їх усунення.

Викладення матеріалу та результати. Головна складність промислових будівель (склади, виробництва) - у відсутності або неправильної експлуатації системи водовідведення (дощової каналізації) на покрівлі.

Через погане або взагалі відсутнього відведення води на покрівлях в осінньо-весняний період утворюється наледь, яку видаляють механічним способом, завдаючи непоправної шкоди гідроізоляційного матеріалу.

На таких покрівлях зазвичай виконується повна реконструкція гідроізоляції за допомогою укладання нового шару бітумного матеріалу поверх старого, пошкодженого.

Другою складовою тривалої безремонтної служби покрівельного матеріалу є своєчасний інструктаж по допустимим діям на поверхні бітумної мембрани кожного співробітника, що працює на покрівлі будинку.

У результаті ретельного обстеження покрівлі будівлі цеху підготовки рухомих складів КП «Швидкісний трамвай» (м. Кривий Ріг) були виявлені дефекти та пошкодження покрівлі.

Було проаналізовано всі види руйнувань покрівлі та запропоновано наступні методи усунення найскладніших дефектів, що подано у вигляді таблиці (табл. 1).

Причини руйнування та методи усунення дефектів м'яких покрівель

Дефекти	Причини виникнення	Методи усунення
Розтріскування верхнього шару рулонного покриття	Руйнування матеріалу під впливом сонячного світла. В основному відбувається через відсутність захисного (верхнього) шару	На поверхні покрівельного покриття нанести два шари бітумно-полімерної мастики з теплостійкістю не нижче 90°C. При нанесенні 2-го шару в мастику додати алюмінієву пудру для створення відбиваючого шару
Протікання біля воронки внутрішнього водостоку	Чаша воронки водостоку перед обклеюванням була очищена від іржі, що викликало відшарування покрівельного килиму. Пошкодження покрівельного килима біля воронки внутрішнього водостоку	Зняти ґратчастий ковпак і зажимний конус воронки. Вийняти чашу воронки і очистити її від іржі. Розчистити очищений отвір, обмазати його краї цементним розчином і щільно встановити чашу воронки в отвір на розчин. Нанести на чашу воронки розігріте бітумне в'язуче з нижньої сторони рулонного матеріалу і знову наклеїти додаткові і основні верстви покрівельного покриття
Заповнення ендови водою при таненні снігу	Обледеніння і промерзання решітки і воронки через несправність нагрівального елемента (обігрівального горловину внутрішнього водостоку, якщо цей обігрів існує)	Перевірити підключення нагрівального елемента. У разі несправності нагрівальний елемент виправити
Розриви покрівельного килиму в місцях стику плит основи або температурно-усадочних швів цементно-піщаної стяжки	При влаштуванні покрівельного килиму в місцях можливих деформацій не були укладені компенсатори з рулонного матеріалу	У місці утворення тріщини укласти смугу з наплавляючого матеріалу, насухо, посипкою вниз. Матеріал для смуги з основою зі скловолокна. Ширина смуги, що перекриває тріщину, не менше 200 мм. Відновити дахове покриття бітумно-полімерним рулонним матеріалом на основі поліестеру, перекривши смугу на 200 мм в будь-яку зі сторін
Утворення здуття покрівельного килиму (з водою або повітряних)	<p>1. Попадання вологи між шарами рулонного килиму або в порожнину покриття в процесі будівництва або експлуатації покрівель.</p> <p>Приклеїтка шарів рулонних матеріалів по вологій основі</p> <p>2. Місцеві дефекти пароізоляційного шару (проколи в пароізоляції)</p> <p>3. Намокання утеплювача і, як результат, виникнення критичного тиску водяної пари під покрівельним килимом при інтенсивному нагріванні поверхні в літній час.</p> <p>Утворення повітряних бульбашок і зволоження утеплювача відбувається через нестачу опору парові пароізоляції по всій площині покрівлі</p>	<p>1. Здуття розрізати конвертом, кути відвернути та просушити. Внутрішні і зовнішні сторони кутів і основу конверта очистити від бруду. Кути приклеїти та основу прогріти полум'ям пальника і закотувати роликком. Зверху наклеїти латку, перекриваючи місця надрізів на 100 мм з матеріалу з захисним шаром (верхній шар)</p> <p>2. Розкрити покрівельне покриття на ділянці утворення міхурів. Зняти стяжку і теплоізоляційний шар. Просушити пошкоджене місце. Виправити пароізоляцію відповідно до вимог проекту. Відновити теплоізоляційний шар, стяжку і покрівельне покриття.</p> <p>Надрізи покрівельного килиму заклеїти двома смужками рулонного матеріалу, які перекривають їх на 100 мм</p> <p>3. Зняти існуюче покрівельне покриття, укласти новий покрівельний килим, використовуючи для нижнього шару матеріал з частковою приклеюкою, встановити паровідвідні елементи (флюгарки)</p>
<p>1. Протікання, які проявляються безпосередньо після дощу</p> <p>2. Протікання, що з'являються через кілька годин або днів. Протікання, які з'являються через деякий час після початку танення снігу на покрівлі</p>	<p>1. Механічні пошкодження, деформації основи покрівлі або допущений при укладанні покрівлі брак. Найбільш можливими місцями пошкоджень є місця перетину покрівлі інженерними комунікаціями і місця деформації основ</p> <p>2. Утворення тріщин в місцях примикань до торцевих і поздовжніх парапетів, вентиляційних шахтах, в місцях виходу на покрівлю. Тріщини в місцях стиків плит покриття, мікротріщини в покривному шарі рулонного матеріалу, а також порушення в сполученні покрівельного килиму з піддонним водоприймальною воронкою. Недостатня герметичність в місцях проходів через покрівлю стійок огороження покриття</p>	Встановити заplatки в місцях пошкодження, що перекривають дефектний місце на 15 см в кожную сторону

<p>Утворення складок в примиканнях до вертикальних поверхонь (сповзання матеріалу з примикання). Відшарування додаткового гідроізоляційного килиму і фартуха від виступаючих вертикальних ділянок примикань покрівель</p>	<p>Недостатня теплостійкість покрівельного матеріалу, що застосовується для пристрою примикань. Відсутність механічної фіксації краю килиму до вертикальної стіни. Полотнища рулонних матеріалів приклеюються до непідготовленої вертикальної поверхні (цегляній кладці)</p>	<p>Біля примикань до поверхонь кладки зняти захисний фартух. Видалити додатковий гідроізоляційний килим. Наклеювати полотнища гідроізоляційного килиму з теплостійкістю не менш 80°C слід до обштукатурених і попередньо погрунтованих вертикальних поверхонь. Край додаткового килиму повинен бути механічно закріплений до вертикальної поверхні крайовою рейкою або фартухом з оцинкованої сталі і загерметизований герметиком</p>
<p>Відшарування покрівельного килиму від основи або одного шару від іншого</p>	<p>Недостатнє зчеплення матеріалу з основою через недотримання наступних умов: цементна стяжка або бетонна основа не були попередньо загрунтовані бітумним праймером; наклейка проводилася по вологій або неочищеній від пилу і бруду основі; недостатній розігрів нижнього шару матеріалу при наплавленні</p>	<p>У місцях розшарування рулонного килиму необхідно якомога більше роз'єднати листи покрівельного матеріалу, очистити від бруду і приклеїти утворені розриви покрівельних полотнищ, заклеїти смугами рулонного матеріалу шириною не менше 200 мм. Якщо дефект поширюється на велику ділянку або в полотнищах є додаткові дефекти, то полотнища, що відшарувалися, потрібно видалити і замінити новими в звичайному порядку. Очистити і висушити основу, потім загрунтувати, і після висихання праймера, наклеїти полотнища наплавляючих матеріалів. Нові шари повинні перекривати кромки відшарованого матеріалу на 100 мм</p>
<p>Нецільне прилягання покрівельного покриття до основи в місцях примикання рулонного килиму до вертикальних поверхонь</p>	<p>В основі покрівлі не здійснено перехідні бортики в місцях примикання до парапетних стін, вентблоків та інших вертикальних поверхонь</p>	<p>Видалити шар додаткового покрівельного килиму. Зробити бортик висотою 100 мм з керамзитобетону або цементного розчину, просушити, загрунтувати. Знову наклеїти полотнища та закріпити кінці килиму крайовою рейкою або фартухом з оцинкованої сталі. Верхній край промазати герметиком</p>
<p>Зволоження та промерзання теплоізоляційного шару. Поява вогкості на стелі верхнього поверху при непошкодженому покрівельному килимі</p>	<p>Порушення пароізоляційного шару. Шар не суцільний, має пропуски, пошкодження при виробництві покрівельних робіт або не зроблено взагалі</p>	<p>Розкрити покрівельне покриття над пошкодженим місцем. Зняти стяжку та теплоізоляційний шар. Просушити пошкоджене місце та теплоізоляційний матеріал. виправити пароізоляцію відповідно до вимог проекту. Відновити теплоізоляційний шар, стяжку та покрівельне покриття. Надрізи покрівельного килиму заклеїти в 2 шари смужками рулонного матеріалу, які перекривають їх на 100 мм</p>
<p>Сповзання полотнищ рулонних матеріалів на основних площах покрівель</p>	<p>Застосування матеріалів з недостатньою теплостійкістю, наклейка рулонних матеріалів уздовж коника покрівель, що мають ухил більше 10%. Відсутність механічної фіксації рулонів покрівельного матеріалу при ухилах покрівлі понад 15%</p>	<p>Після усунення складчастості, викликаній сповзанням полотнищ, на їх місце наклеюють рулонні матеріали уздовж ската з теплостійкістю не менш 80°C. При капітальному ремонті покрівель слід повністю видалити покрівельний килим та при влаштуванні нового застосовувати покрівельні матеріали з теплостійкістю не менш 80°C. При ухилах більше 15% основні шари гідроізоляційного килиму укладають уздовж ската. При цьому кожен шар покрівлі повинен по черзі заходити через коник, перекриваючи відповідний шар на іншому схилі на ширину 0,5 м</p>
<p>Западини на поверхні покрівельного покриття глибиною більше 10 мм</p>	<p>Рулонний покрівельний килим наклеєний на пошкоджену основу з вибоїнами та заглибленнями</p>	<p>Заливку западин бітумною мастикою проводити не допускається! Слід надрізати рулонний килим конвертом, відігнути кінці, виправити основу розчином, висушити, знову наклеїти відігнуті кінці покриття та зверху на це місце наклеїти двошарову латку, що перекриває надрізи на 100 мм</p>

Тріщини в шарах гідроізоляційного килиму в місцях примикання покрівлі до звисів з оцинкованої сталі та в сполученнях килиму з бетонної карнизною плитою	Розриви рулонного килиму утворюються при впливі температурних перепадів, так як температура основної площини та температура бетонної карнизної плити - різні, що призводить до зміщення. В примиканнях покрівельного килиму до звисів з оцинкованої сталі, зміщення відбуваються через різні теплоємності звису зі сталі та бетонної плити. Нагрівання та охолодження металевго звису відбуваються набагато швидше, ніж масивної бетонної плити, що викликає зсув звису щодо плити.	Видалити покрівельний килим з поверхні металевго звису. Зняти звис. Наплавити додаткову смугу матеріалу, що перешкоджає протіканню при затіканні води під металевий звис. Виправити звис, щоб він щільно прилягав до основи, та закріпити його шурупами. Наплавити бітумно-полімерний матеріал на основі поліестеру на звис, перекриваючи стик звису та покрівельного килиму на 200 мм. При утворенні тріщин в сполученні з бетонної карнизною плитою необхідно в місці утворення тріщин укласти смугу з наплавляючого матеріалу, насухо, посипкою вниз. Матеріал для смуги повинен бути з основою зі скловолокна. Ширина смуги, що перекриває тріщину, не менше 150 мм.
---	--	---

Висновки та напрямок подальших досліджень. При виконанні всіх вимог монтажу та догляду за м'якими покрівлями, їх термін служби складає близько 15 років.

При цьому мінімальний час експлуатації такої покрівлі не повинен бути менше п'яти років, в іншому випадку це означає, що технологія укладання матеріалу не була дотримана, а також не проводився належний ремонт та обслуговування поверхні після зимового періоду.

Виконання зазначених рекомендацій призведе до подовження експлуатаційної придатності покрівельного килиму та недопущенню дефектів та пошкоджень нижче лежачих конструкцій (плити перекриття, ригелів тощо).

При цьому ремонтні міри часто не пов'язані з причинами пошкодження такої покрівлі, це просто щорічна необхідність, виконуючи яку можна зберегти якість покрівлі на довгі роки.

Список літератури

1. **Настич О.Б., Слипич А.А., Хворост В.В.** Повышение надежности и долговечности железобетонных конструкций в условиях эксплуатации Камыш-Бурунского ЖРК / Вісник Криворізького національного університету. - Кривий Ріг, 2013. - Вип. 35. - С.64-70.
2. **Настич О.Б., Хворост В.В.** Прочность и долговечность железобетонных конструкций корпуса измельчения известняка Камыш-Бурунский ЖРК / Вісник Криворізького національного університету. - Кривий Ріг: КНУ, 2012.- Вип. 33. - С. 29-33.
3. **Бондарь В.А., Рошупкина З.П.** Анализ долговечности и надежности покрытия зданий и сооружений // Міжнародна науково-практична конференція «Сталий розвиток примословості та суспільства», ДВНЗ «КНУ», Кривий Ріг, 2014. - С. 68-69.
4. Способ восстановления водонепроницаемости гидроизоляционного покрытия строительных конструкций: патент РФ 2085675. МПК E 04 D 5/02 / **А.Л. Жолобов.**
5. Термоэлектрический мат для разогрева водоизоляционного ковра при ремонте и устройстве рулонных и мастичных кровель: патент РФ 2158810. МПК E 04 D 15/06, H 05 B 3/36 / **А.Л. Жолобов.**
6. Устройство для прикатки гидроизоляционного материала: патент РФ 2018600. МПК E 04 D 15/06 / **А.Л. Жолобов, В.А. Малахов.**
7. Способ устранения расслоений в кровле из битумных рулонных материалов: патент РФ 2260098. МПК E 04 G 23/02, E 04 D 15/06 / **А.Л. Жолобов, Р.А. Ротаненко.**
8. **Совач С.О.** Вдосконалена технологія ремонту плоских рубероїдних покрівель з використанням інфрачервоного випромінювання // Нові технології в будівництві. – К.: НДІБВ. - 2001. – № 2. - С. 46-50.
9. **Совач С.О.** Огляд технологій ремонту рубероїдних покрівель // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. - К.: КДТУБА. - 1998. – № 3. - С. 189–191.
10. **А. П. Приходько, В. Н. Шастун, В. Ф. Яременко, І. В. Нікітіна.** Використання модифікованих графітів для ремонту гідроізоляційного покриття м'якої покрівлі будинків і споруд / Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, 2012. - Вип. 5. - 170 с.
11. **Белевич В.Б.** Кровельные работы. М.: Высш. школа, 1991. - 240 с.
12. **Беляков Г.Г.** Применение прогрессивных методов гидроизоляции в строительстве. Рига: Латв. гос. изд-во, 1963. - 100 с.
13. **Устинов Б.С.** Ремонт кровель из рулонных материалов с полной заменой старых слоев новыми // Промышленное строительство. 1991. - М 4. - С. 34-36.
14. **Стороженко Л.И., Дроздов Г. М., Чмыхов Ф.С.** Причины быстрого разрушения кровель корпусов обогащения горно-обогачительных комбинатов Кривбасса // Промышленное строительство.- 1989. -М 12. 35 с.
15. **Покровский В.М.** Гидроизоляционные работы. Справочник строителя. М.: Стройиздат. 1985. - 320 с.

Рукопис подано до редакції 24.03.16

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ПОВЕРХНІ ОСІДАННЯ В ЗАДАЧАХ РОЗРАХУНКУ ПЛИТНИХ ФУНДАМЕНТІВ НА ПІДРОБЛЮВАЛЬНИХ ТЕРИТОРІЯХ

Нерівномірні деформації від підроблення проявляються у вигляді мульди зрушення, що виникає при перерозподілі напружень в зоні навколо виробки. Якнайточніше визначення кривої осідання мульди зрушення має важливе значення для задач розрахунку та проектування плитних фундаментів на підроблювальних територіях. Метою роботи являється знаходження оптимального рівняння кривої осідання для застосування його в задачах проектування та розрахунку плитних фундаментів на підроблювальних територіях. Форма, розміри мульди зрушення та її розташування залежать від товщини пласту, його кута падіння, розмірів виробленого простору. Розрахунок плитних фундаментів зводиться до визначення прогинів плити, а також згинаючих моментів та внутрішніх зусиль. Прогин плити в теорії розрахунку описується бігармонічним рівнянням, що містить подвійний оператор Лапласа. Будівельні нормативи передбачують радіусоподібне (фактично параболічне) викривлення земної поверхні від підроблення. При підстановці цієї моделі в бігармонічне рівняння вона спрощується (четверта похідна дорівнює нулю). Це означає, що викривлення від підробітки не буде мати вплив на викривлення плити, що не відповідає дійсності. Тому постає питання знаходження такої математичної моделі мульди зрушення, що було б доцільніше застосовувати в задачах розрахунку. Доцільні моделі кривої осідання є в теорії зрушення гірських порід та маркшейдерії. Авторами було проведено порівняння математичних моделей кривої мульди осідання з визначенням найоптимальнішої. Найбільшу відповідність до будівельних норм, згідно проведених досліджень показує модель кривої осідання за С.Г. Авершиним (величина достовірності апроксимації найбільша).

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Фундаментна залізобетонна плита є найважливішим елементом промислового, цивільного, гідротехнічного та інших видів будівництва. У складних інженерно-геологічних умовах будівництва навантаження з боку основи на фундаментну плиту передаються, як правило, в період експлуатації об'єкту. Це призводить до розвантаження окремих ділянок плити та довантаження інших ділянок. Навантаження, таким чином, має явно складний характер, що повинно враховуватись при визначенні напружено-деформованого стану фундаментної плити, між іншим, конструкції фундаментних плит, що б враховували спільні непружні деформації залізобетону та ґрунту, в наш час відсутні [1,2].

Для реалізації наявних резервів несучої здатності фундаментних плит та підвищення їх економічності при збереженні необхідної надійності, необхідне всебічне врахування характерних особливостей спільної роботи фундаментної плити та нерівномірно-деформованої основи [1,2].

Нерівномірні деформації від підроблення проявляються у вигляді мульди зрушення, що виникає при перерозподілі напружень в зоні навколо виробки [3-5]. Якнайточніше визначення кривої осідання мульди зрушення має важливе значення для задач розрахунку та проектування плитних фундаментів на підроблювальних територіях.

Нормативи [6,7] апроксимують криву осідання як параболу, тоді як в маркшейдерській справі вона має більш точний математичний опис.

Аналіз досліджень і публікацій. Розробці методики розрахунку плитних фундаментів в умовах нерівномірно-деформованої основи приділялася увага в роботах С.М. Клепікова, О.О. Петракова, В.І. Обозова, Р.О. Тімченка, Д.А. Крішка та ін. Зокрема, розрахунок круглих фундаментів, які використовуються в конструкціях баштових споруд (димових труб, водонапірних башт, силосних корпусів), в таких умовах розглядався Клепіковим та Тімченком [1,2,8].

Дослідження форми мульди зрушення показано в роботах [9-12]. Порівняння їх аналітичних описів подано в роботі [13].

Постановка завдання. Метою роботи являється знаходження оптимального рівняння кривої осідання для застосування його в задачах проектування та розрахунку плитних фундаментів на підроблювальних територіях.

Викладення матеріалу та результати. При виїмці частини пласту на значній глибині процес зрушення гірських порід досягає поверхні землі та викликає її деформацію. Частина поверхні землі, що викривилася має назву мульда зрушення.

Форма, розміри мульди зрушення та її розташування (рис. 1) залежать від товщини пласту,

його кута падіння, розмірів виробленого простору. При горизонтальному заляганні пласту та його значній глибині мульда зрушення має симетричну форму щодо виробки.

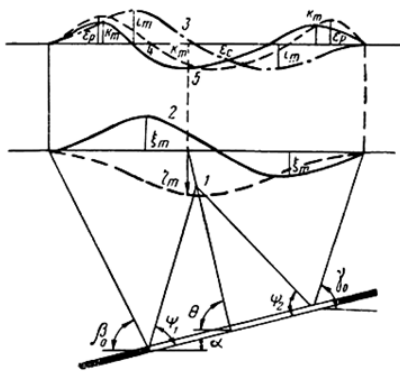


Рис. 1. Мутьда зрушення при повній виробці: 1 - вертикальні осідання; 2 - горизонтальні зміщення; 3 - нахили; 4 - кривизна; 5 - горизонтальні деформації

Розрахунок плитних фундаментів зводиться до визначення прогинів плити, а також згинаючих моментів та внутрішніх зусиль. Нормативи [6,7] передбачають радіусоподібне (радіус кривизни R) викривлення земної поверхні від підроблення (рис. 2).

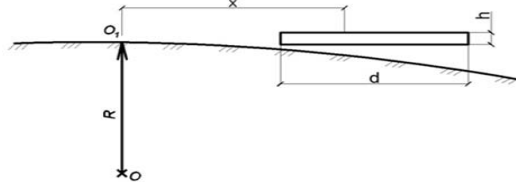


Рис. 2. Фундаментна плита при радіусоподібному викривленні

Щоб розглянути розрахунок фундаментної плити в умовах підроблювальних територій задамося початковими параметрами: кругла фундаментна плита діаметром d та висотою h , яка вироблена з матеріалу з модулем пружності E та коефіцієнтом Пуассона ν . На плиту діє вертикальне навантаження інтенсивністю q . Ґрунт основи описується пружною моделлю.

Вигин круглої плити описується наступним бігармонічним рівнянням [14]

$$\nabla^2 (D \nabla^2 Z) + KZ = q, \quad (1)$$

де ∇^2 - оператор Лапласа, який в полярних координатах записується так

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}, \quad (2)$$

де $D = Eh^3/12(1-\nu^2)$ - циліндрична жорсткість плити; Z - вертикальне переміщення точок плити відносно початкового положення; $K = p_{сер}/S$ - коефіцієнт жорсткості основи; ν - коефіцієнт Пуассона; $p_{сер}$ - середній тиск під підошвою фундаменту; S - осідання поверхні основи від навантаження.

Плита лежить на пружній основі та вдавлюється під дією навантаження. При викривленні основи виникають додаткові вертикальні переміщення плити, що залежать від величини та характеру викривлення (рис. 3).



Рис. 3. Переміщення точок плити

Повні переміщення точок плити можна представити у вигляді суми [15]

$$Z(r, \theta) = w(r, \theta) + \eta(r, \theta), \quad (3)$$

де $w(r, \theta)$ - вертикальні переміщення точок плити від дії навантаження на плиту; $\eta(r, \theta)$ - вертикальні переміщення плити від викривлення поверхні землі.

Згідно [6,7] розрахункове осідання будь-якої точки основи, що викликане кривизною земної поверхні необхідно визначати за формулою

$$\eta = n_k m_k (x^2/2R), \quad (4)$$

де n_k та m_k - коефіцієнти перевантаження та умов роботи, що приймаються за відповідними таблицями; R - очікуваний радіус викривлення земної поверхні; x - відстань від точки, що розглядається до центру викривлення.

Наявність двох операторів Лапласа в рівнянні (1) передбачує наявність похідної четвертого порядку. Очевидно, що $\eta^{(IV)}=0$. Це означає, що викривлення від підробітки не буде мати вплив на викривлення плити, що не відповідає дійсності. Тому постає питання знаходження такої математичної моделі мульди зрушення, що було б доцільніше застосовувати в задачах розрахунку.

З викладеного випливають такі вимоги до математичних моделей:

математична модель поверхні мульди повинна мати відповідні похідні без розривів (нахил $i(x)=\eta'$, та кривизну $k(x)=\eta''$), що б в свою чергу мали б такий фізичний зміст як на рис. 1;

математична модель повинна мати відмінну від нуля, нерозривну похідну четвертого ступеня; математична модель повинна якнайточніше апроксимувати модель означену в нормативах [6,7] (формула 4).

У маркшейдерській справі відомі такі моделі мульди осідання [13]. Рівняння кривої осідання за С.Г. Авериним

$$\eta(x) = \eta_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13l}\right)^{4,54} \cdot e^{2,13x/l} = \eta_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13l}\right)^{4,54} \cdot e^{4,54z}, \quad (5)$$

де η_{\max} - максимальне осідання; l - відстань від точки максимального осідання до точки перегіну кривої осідання (рис. 4); $z=x/L$; $L=2,13l$ - напівмульда.

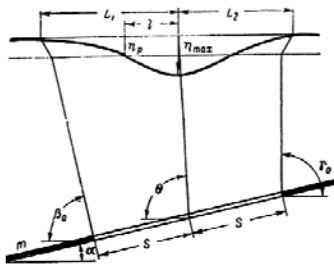


Рис. 4. Схема до визначення кривої осідання

Рівняння осідання за С.П. Колбенковим

$$\eta(x) = \eta_{\max} b \left(1 - z + \frac{1}{2\pi} \sin(2\pi z)\right). \quad (6)$$

Сімейство рівнянь для опису кривих осідань

$$\eta(x) = \eta_{\max} b (\Phi(t) + \Phi(u)), \quad (7)$$

де $b=1/2\Phi(t_0)$; $\Phi(u)$, $\Phi(t)$, $\Phi(t_0)$ - інтеграл ймовірностей Лапласа; $t_0=3,5n-0,75$; $t=t_0+rz$; $u=t_0-rz$; $r=3,35n+2,15$; n - коефіцієнт підробленості.

В табл. 1 показано результати розрахунку кривої осідання за трьома варіантами моделювання в діапазоні z від -1 до 1. При цьому $\eta_{\max}=1$; $n=1$. На рис. 5-7 показано криві осідання, нахилу та кривизни для відповідних моделей.

Таблиця 1

Розрахунок параметрів мульди

$z = x/L$	Варіант I			Варіант II			Варіант III		
	$\eta(z)$	$i(z)$	$k(z)$	$\eta(z)$	$i(z)$	$k(z)$	$\eta(z)$	$i(z)$	$k(z)$
-1	-0,2483	0,5636	0,9977	-1	-0,2483	0,5636	0,9977	-1	-0,2483
-0,9	-0,3098	0,6661	1,0430	-0,9	-0,3098	0,6661	1,0430	-0,9	-0,3098
-0,8	-0,3816	0,7699	1,0189	-0,8	-0,3816	0,7699	1,0189	-0,8	-0,3816
-0,7	-0,4635	0,8665	0,8917	-0,7	-0,4635	0,8665	0,8917	-0,7	-0,4635
-0,6	-0,5542	0,9436	0,6235	-0,6	-0,5542	0,9436	0,6235	-0,6	-0,5542
-0,5	-0,6510	0,9852	0,1773	-0,5	-0,6510	0,9852	0,1773	-0,5	-0,6510
-0,4	-0,7494	0,9721	-0,4750	-0,4	-0,7494	0,9721	-0,4750	-0,4	-0,7494
-0,3	-0,8429	0,8831	-1,3392	-0,3	-0,8429	0,8831	-1,3392	-0,3	-0,8429
-0,2	-0,9229	0,6983	-2,3812	-0,2	-0,9229	0,6983	-2,3812	-0,2	-0,9229
-0,1	-0,9789	0,4040	-3,5063	-0,1	-0,9789	0,4040	-3,5063	-0,1	-0,9789
0	-1,0000	0,0000	-4,5400	0	-1,0000	0,0000	-4,5400	0	-1,0000
0,1	-0,9760	-0,4923	-5,2218	0,1	-0,9760	-0,4923	-5,2218	0,1	-0,9760
0,2	-0,9003	-1,0218	-5,2265	0,2	-0,9003	-1,0218	-5,2265	0,2	-0,9003
0,3	-0,7731	-1,5043	-4,2364	0,3	-0,7731	-1,5043	-4,2364	0,3	-0,7731
0,4	-0,6046	-1,8300	-2,0862	0,4	-0,6046	-1,8300	-2,0862	0,4	-0,6046
0,5	-0,4161	-1,8890	1,0201	0,5	-0,4161	-1,8890	1,0201	0,5	-0,4161
0,6	-0,2379	-1,6200	4,2822	0,6	-0,2379	-1,6200	4,2822	0,6	-0,2379
0,7	-0,1015	-1,0749	6,2680	0,7	-0,1015	-1,0749	6,2680	0,7	-0,1015
0,8	-0,0254	-0,4604	5,4835	0,8	-0,0254	-0,4604	5,4835	0,8	-0,0254
0,9	-0,0017	-0,0701	2,0859	0,9	-0,0017	-0,0701	2,0859	0,9	-0,0017
1	0,0000	0,0000	0,0000	1	0,0000	0,0000	0,0000	1	0,0000

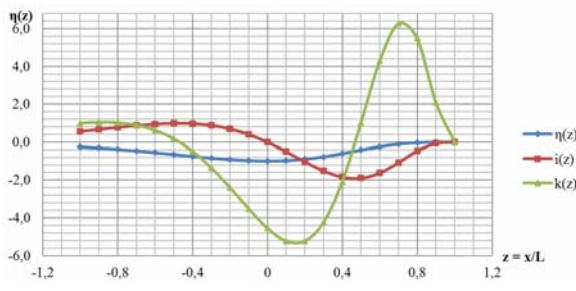


Рис. 5. Криві осідання, нахилу та кривизни для моделі I

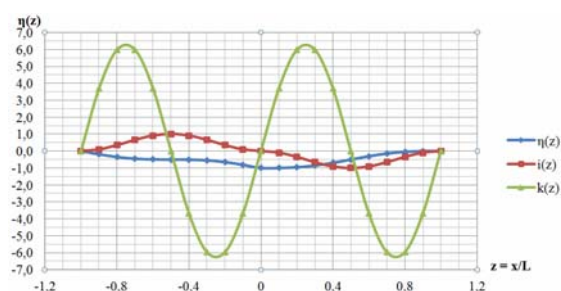


Рис. 6. Криві осідання, нахилу та кривизни для моделі II

Проаналізуємо отримані дані згідно вимог. Очевидно, що всі моделі мають першу, другу, третю та четверту похідні, які до того ж нерозривні.

Похідні першого та другого порядку для варіантів I та III показують відповідність фізичному змісту величин, які вони відображають.

А ось друга похідна моделі за варіантом II некоректно відображає фізичний зміст кривизни, тому з подальшого аналізу її можна виключити.

Розглянемо тепер криві осідання за I та III варіантом на предмет відповідності їх до будівельних норм. Апроксимацію кривих осідання за формулою (4) показано на рис. 8.

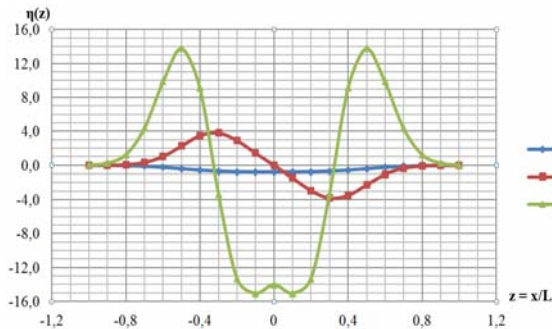


Рис. 7. Криві осідання, нахилу та кривизни для моделі III

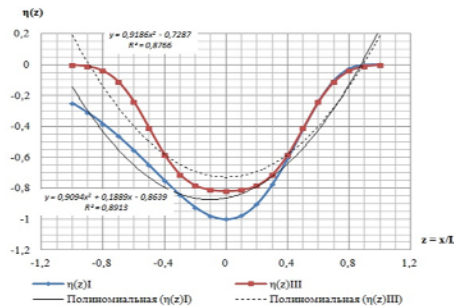


Рис. 8. Апроксимація кривих осідання параболою

Висновок та напрямок подальших досліджень. Отримані результати свідчать про те, що застосування параболічної моделі мульди осідання для розрахунку та проектування фундаментів на підроблювальних територіях не дозволяє в повній мірі врахувати деформацію фундаментної плити від осідання земної поверхні.

Для виправлення цього недоліку більш доцільно використовувати моделі осідання, що відомі в галузі маркшейдерської справи.

Найбільшу відповідність до будівельних норм, згідно проведених досліджень показує модель кривої осідання за С.Г. Авершиним (величина достовірності апроксимації найбільша).

Список літератури

1. **Тимченко Р.А.** Применение программ МКЭ для моделирования работы системы „основание – инженерное сооружение“ в условиях неравномерных деформаций основания / **Р.А. Тимченко** // Вісник Криворізького технічного університету, 2008. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 21. - С. 113-116.
2. **Тимченко Р.А.** Предельные деформационные воздействия для круглых плитных фундаментов / **Р.А.Тимченко**// Современные проблемы строительства. – Донецк, 2005. – С. 173-177.
3. **Бахурин И.М.** Сдвигание горных пород под влиянием горных разработок / **И.М. Бахурин**. – Л.: Гостопиздат, 1946. – 228 с.
4. **Костерин М.А.** Сдвигание горных пород / **М.А. Костерин**. – Иркутск.: б.и., 1977. – 64 с.
5. **Борщ-Компаниец В. И.** Геодезия. Маркшейдерское дело / **В. И. Борщ-Компаниец**. – М.: Недра, 1989. – 511 с.
6. ДБН В. 1.1.-5-2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних ґрунтах (Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях). – Київ.: Державний комітет будівництва, архітектури і житлової політики України, 2000. - 70 с.
7. Руководство по проектированию зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. Часть III: Башенные, транспортные и заглубленные сооружения, трубопроводы // Донецкий ПромстройНИИпроект, НИИСК. – М.: Стройиздат, 1986. – 225 с.
8. **Клепиков С. Н.** Расчет конструкций на деформируемом основании / **С. Н. Клепиков**. - К.: НИИСК, 1996. – 24 с.
9. **Муллер Р. А.** Влияние горных выработок на деформацию земной поверхности / **Р. А. Муллер**. - Москва: Углетехиздат, 1958. - 76 с.
10. **Кратч Г.** Сдвигание горных пород и защита подрабатываемых сооружений / **Г. Кратч**. - М.: Недра, 1978. – 494 с.
11. **Авершин С. Г.** Сдвигание горных пород при подземных разработках / **С. Г. Авершин**. - М.: Углетехиздат, 1947. – 244 с.
12. **Кодунов Б.А., Лященко М.А.** Исследование формы мульды сдвигания горных пород и земной поверхности // Збірник матеріалів регіональної науково-практичної конференції “Дні науки - 2011”, Красноармійськ, 2011. - т.1, С. 108-111
13. Маркшейдерское дело / [под. ред. д.т.н. **Д.Н. Оглобина**]. - М.: Недра, 1972. - 590 с.
14. **Варвак П. М.** Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций / **П. М. Варвак, Л. П. Варвак**. – М.: Стройиздат, 1977. – 154 с.
15. Методика расчета круглых плит на деформируемом основании. - К.: НИИСК, 1971. - 56 с.

Рукопис подано до редакції 05.02.16

**ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРНЫХ ПОРОД
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В работе ставится задача на основе модели кристаллического строения горных пород разработать метод оценки их механических характеристик, в т.ч. предела прочности горной породы $\sigma_{сж}$ и модуля продольной упругости E .

Модель кристаллического строения вещества основана на ионной связи и характерна для значительной части горных пород, например для магнетита. Кубическая кристаллическая решетка магнетита сформирована анионами кислорода O_{2-} , с которыми соединены катионы железа Fe_{3+} и Fe_{2+} .

На основе модели кристаллического строения вещества разработан метод оценки механических характеристик горных пород, в т.ч. предела прочности и модуля продольной упругости горной породы. Прогнозная оценка механических характеристик горных пород по предлагаемой методике позволяет в дальнейшем исключить принятие грубых ошибочных технологических решений при проектных работах по добыче полезных ископаемых.

Для значительной части горных пород, в т.ч. и для магнетита, на примере которого показано прикладное значение разработанного авторами метода, характерна ионная связь между атомами [8, 9]. В кристаллах породы наблюдается ионная связь между положительными и отрицательными ионами. Ионы образуют кристаллическую решетку за счет того, что кулоновское отталкивание между ионами одного знака меньше, чем кулоновское притяжение между ионами противоположного знака.

Прогнозная оценка механических характеристик горных пород по предлагаемому методу позволяет исключить принятие грубых ошибочных технологических решений при проектных работах по добыче полезных ископаемых, сократить период подготовительных работ по проектированию горных предприятий.

Ключевые слова: горные породы, магнетит, механические характеристики, модель, кристалл, ион, предел прочности.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для принятия эффективных технологических решений при добыче полезных ископаемых механическим разрушением необходима достоверная информация о свойствах горных пород в массиве. Главным и наиболее достоверным источником информации о механических характеристиках горных пород являются экспериментальные исследования образцов [1,2]. Однако для организации и проведения экспериментальных исследований необходимы значительные затраты времени, а результаты исследований образцов, как правило, не дают одинаковых результатов даже при использовании практически идентичных образцов горной породы при одинаковых условиях проведения эксперимента. Это обусловлено естественной неоднородностью материала породы, а также тем, что диапазон напряжений, в котором исследуются механические свойства горных пород, определяется через средние значения предела прочности испытываемой породы при одноосном сжатии образцов. В то же время предел прочности реальных образцов горной породы может сильно отличаться от его среднего значения, что приводит к снижению точности результатов измерений.

Механические свойства горной породы, как твердого тела, связаны с ее структурой, с молекулярными силами сцепления ее компонент. Под структурой горной породы понимают совокупность особенностей ее строения, обусловленных формой, размерами и пространственными взаимоотношениями отдельных составных кристаллических частиц породы: минералов и нераскристаллизованного их остатка - стекла, что все вместе определяет ее механические свойства [3]. Следовательно, открывается новое направление в методах определения механических свойств горных пород на основе модели их кристаллического строения.

Анализ исследований и публикаций. Наиболее распространенным методом общей оценки механических характеристик горных пород является испытание горных пород на одноосное сжатие. Максимальная нагрузка, приходящаяся на единицу площади сжимаемого образца в момент его разрушения, является временным сопротивлением породы одноосному сжатию $\sigma_{сж}$ или пределом прочности породы на одноосное сжатие [4,5]. Нагрузку на образцы правильной кубической или цилиндрической формы создают с помощью гидравлического пресса. В процессе испытаний определяют пределы прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ и растяжении σ_r , модуль продольной упругости E - модуль Юнга и коэффициент Пуассона ν . Соответствующие величины находят расчетным путем по уравнениям

$$\sigma_{сж} = F_{\max} / S; \quad \sigma_p = F_{\max} / S; \quad E = F_{\max} \Delta l / S; \quad \nu = l \Delta d / d \Delta l, \quad (1)$$

где F_{\max} - максимальная нагрузка на образец; S - площадь поперечного сечения образца; l, d - длина и диаметр образца; Δd и Δl - изменения диаметра и длины образца, соответствующие изменению нагрузки на величину ΔF .

Согласно действующим стандартам для определения прочности горных пород на сжатие требуется испытывать от 6 до 10 образцов из каждого слоя породы [4]. Поэтому для обеспечения необходимой повторяемости результатов испытаний суммарная длина скважины, из которой получают образцы, в несколько раз превышает полезную длину столбиков керна требуемых размеров [6].

Таким образом, применяемые в настоящее время методы общей оценки механических характеристик горных пород отличаются значительной трудоемкостью процесса подготовки образцов горных пород к испытаниям и проведения самих испытаний, не обеспечивая при этом необходимой точности полученных результатов, требуют значительных временных, материальных и финансовых затрат.

Авторами работы [6] предложен метод определения физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества. Однако некоторые положения этой работы требуют уточнения.

Цель и задачи исследования. В работе ставится задача на основе модели кристаллического строения горных пород разработать метод оценки их механических характеристик, в т.ч. предела прочности горной породы $\sigma_{сж}$ и модуля продольной упругости E , на ранних стадиях проектирования горнодобывающего предприятия.

Изложение материала и результаты. Построение модели кристаллической структуры горной породы. Реальный кристалл горной породы состоит из дискретных частиц-атомов. При исследовании упругих свойств кристаллов их можно считать однородной непрерывной средой. Данное приближение в физике твердого тела называют континуальным приближением. При таком приближении для описания состояния кристалла можно использовать закон Гука и второй закон Ньютона [7].

Для значительной части горных пород, в т.ч. и для магнетита, на примере которого показано прикладное значение разработанного авторами метода, характерна ионная связь между атомами [8,9]. В кристаллах породы наблюдается ионная связь между положительными и отрицательными ионами. Ионы образуют кристаллическую решетку за счет того, что кулоновское отталкивание между ионами одного знака меньше, чем кулоновское притяжение между ионами противоположного знака.

Следовательно, ионная связь - это связь, которую обуславливает в основном электрическое взаимодействие противоположно заряженных ионов. Магнетит представляет собой закись-окись железа Fe_3O_4 и относится к семейству минералов кубической сингонии [10].

В кубической сингонии решеток Браве магнетит имеет кубическую объёмно-центрированную решетку (ОЦР) которая содержит дополнительно один атом на пересечении пространственных диагоналей куба (рис. 1).

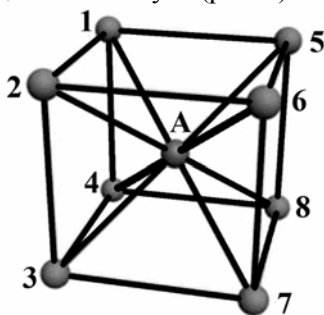


Рис. 1. Число формульных единиц для атома А в объёмно-центрированной кубической кристаллической решетке магнетита

Кубическая кристаллическая решетка магнетита сформирована анионами кислорода O_{2-} , с которыми соединены катионы железа Fe_{3+} и Fe_{2+} .

Параметры ячейки ОЦР $a=8,397 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA}=10^{-10}$ м). Параметр решетки - это расстояние между атомами по ребру элементарной ячейки. Для кристаллической решетки типа объёмно-центрированного куба параметр $a = 2d / \sqrt{3} = 1,16d a$, где d атомный диаметр.

Число формульных единиц решетки равно 8.

Оценим величину силы единичной межатомной связи, которая в ионных кристаллах определяется силой взаимодействия между двумя ионами.

На рис. 2 показана зависимость сил межатомного взаимодействия F от расстояния между центрами атомов r в твердых телах [11].

Из анализа рисунка можно сделать выводы о некоторых особенностях сил межатомного взаимодействия кристаллов горных пород.

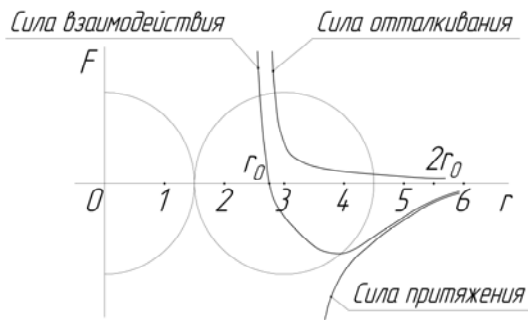


Рис. 2. Зависимость сил межатомного взаимодействия F от расстояния между центрами атомов r

Во-первых, между атомами одновременно действуют силы притяжения и силы отталкивания. Сумма этих сил определяет результирующую силу межатомного взаимодействия. Во-вторых, при уменьшении расстояния между атомами силы отталкивания нарастают значительно быстрее, чем силы притяжения. Существует некоторое расстояние r_0 , при котором силы притяжения и силы отталкивания уравниваются. Результирующая сила взаимодействия F становится равной нулю.

В кристалле, который представлен самому себе, ионы располагаются именно на расстоянии r_0 друг от друга. Если расстояние между атомами r меньше равновесного ($r < r_0$), то преобладают силы отталкивания, если $r > r_0$, то преобладают силы притяжения. Эти свойства межатомных сил позволяют в первом приближении рассматривать частицы, которые образуют кристалл горной породы, как твердые упругие шарики, которые взаимодействуют между собой. В этом случае деформация растяжения кристалла приводит к увеличению расстояния между центрами соседних шариков и преобладанию сил притяжения, а деформация сжатия - к уменьшению этого расстояния и преобладанию сил отталкивания.

Вывод зависимостей для определения предела прочности $\sigma_{сж}$ и модуля продольной упругости E кристалла горной породы (магнетита). При сжатии (растяжении) образца породы его предел прочности определяется максимальной величиной результирующей силы межатомного отталкивания (притяжения), приходящейся на единицу площади сечения, перпендикулярного к направлению действия силы. Обозначим через r_1 расстояние между центрами атомов для случая, когда результирующая сила межатомного взаимодействия достигает максимального значения (см. рис. 2).

При дальнейшем уменьшении (увеличении) расстояния между атомами силы взаимодействия становятся настолько малыми, что связи между атомами обрываются.

Пусть величина наибольшей силы притяжения между двумя атомами равна F_{\max} , а число связей на единицу площади поперечного сечения кристалла, перпендикулярного направлению этой силы - $N_{св}$. Тогда предел прочности кристалла $\sigma_{сж}$ можно определить следующим равенством

$$\sigma_{сж} = F_{\max} \cdot N_{св}. \quad (2)$$

У каждого иона кристалла существует определенное число ближайших ионов-соседей с противоположным знаком заряда. В кристалле магнетита согласно числу формульных единиц решетки Браве их восемь. При разрушении кристалла у каждого иона обрывается по одной связи. Число связей, разрываемых на каждом квадратном сантиметре площади поперечного сечения кристалла, равно числу ионов, приходящихся на эту площадь, т.е. $N_{св} = N_{ион}$. В первом приближении можно пренебречь силами взаимодействия между ионами, расстояния между которыми большие, чем величина r_0 . Силы их взаимодействия дают относительно небольшую поправку к конечному результату и их влиянием можно пренебречь.

Для оценки предела прочности кристалла горной породы $\sigma_{сж}$ достаточно умножить наибольшее значение силы взаимодействия между двумя ионами F_{\max} на число ионов $N_{ион}$, которые приходятся на единицу площади плоскости разрыва кристалла

$$\sigma_{сж} = F_{\max} \cdot N_{ион}. \quad (3)$$

При известных значениях предела прочности кристалла $\sigma_{сж}$ можно оценить величину модуля продольной упругости E горной породы, в т.ч. магнетита. Согласно закону Гука в пределах упругой деформации напряжение $\sigma_{сж}$ пропорционально растяжению ε . Коэффициент пропорциональности между величиной деформации ε и напряжением $\sigma_{сж}$ равен модулю продольной упругости E , т.е. $\sigma_{сж} = E\varepsilon$, откуда

$$E = \sigma_{сж} / \varepsilon. \quad (4)$$

Коэффициент пропорциональности или относительная деформация ε при растяжении равна отношению абсолютной деформации Δl тела к длине этого тела l в нормальном состоянии.

Вычисление сил связи $N_{\text{ион}}$ в ионных кристаллах, предела прочности $\sigma_{\text{сж}}$ и модуля продольной упругости E кристалла горной породы

Величину силы связи в ионных кристаллах можно найти, исходя из предположения, что ионы взаимодействуют между собой согласно закону Кулона. В модели кристалла рядом расположенные чередующиеся ионы имеют противоположные знаки. Равновесное состояние кристалла достигается тогда (см. рис. 2), когда расстояние между ионами равно r_0 . Для кристаллов магнетита с объемно-центрированной ячейкой и параметром ячейки $a = 8,397 \text{ \AA}$ расстояние

$$r_0 = d = a / 1,16 = 8,4 / 1,16 = 7,24 \text{ \AA} \approx 7,2 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Пусть заряд всех ионов кристалла магнетита равен удвоенному заряду электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$ (валентности анионов кислорода O_2^- и катионов железа Fe_{2+} равны двум). При этих условиях максимальная сила притяжения F_{max} между двумя ионами может быть найдена с помощью формулы

$$F_{\text{max}} = (1/4\pi\epsilon_0) \cdot (2e^2/r^2), \quad (5)$$

где ϵ_0 - электрическая постоянная, $\epsilon_0 = (1/4\pi c^2 \cdot 10^7) = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; c - скорость света в вакууме, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Подставив полученные численные данные в формулу (5), получим

$$F_{\text{max}} = 2 \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^2 / (7,2 \cdot 10^{-10})^2 \approx 0,89 \cdot 10^{-9}, \text{ Н.} \quad (6)$$

Значение силы $F_{\text{max}} \approx 0,89 \cdot 10^{-9}$ Н определяет величину максимальной силы взаимодействия между двумя ионами кристалла магнетита.

Оценим число ионов $N_{\text{ион}}$, которые находятся на единице площади поверхности разрыва кристалла. Пусть поверхность разрыва кристалла проходит по плоскости, параллельной основанию куба решетки с параметром решетки a . Число формульных единиц решетки равно 8.

В таком случае число ионов $N_{\text{ион}}$ на каждом квадратном метре площади поверхности разрыва кристалла можно оценить формулой

$$N_{\text{ион}} \approx 8 / (7,2 \cdot 10^{-10})^2 \approx 1,54 \cdot 10^{19}, \text{ 1/м}^2. \quad (7)$$

Согласно предлагаемой модели строения вещества число связей, которые приходятся на единицу площади сечения кристалла, равно числу ионов ($N_{\text{св}} = N_{\text{ион}}$), следовательно, $N_{\text{св}} \approx 1,54 \cdot 10^{19}$ 1/м². Зная величину максимальной силы взаимодействия между ионами F_{max} (см. (6) и число ионов на каждом квадратном метре поверхности разрыва кристалла $N_{\text{ион}}$ (см. (7)), можно оценить теоретическую величину предела прочности кристалла магнетита по формуле (3)

$$\sigma_{\text{сж.т}} = 0,89 \cdot 10^{-9} \cdot 1,54 \cdot 10^{19} \approx 1,37 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2. \quad (8)$$

Известно, что теоретическая прочность кристаллов превышает величину, полученную из испытаний материалов, на несколько порядков. Например, теоретический предел прочности железа равен 56 ГПа, тогда как практический предел - 280 МПа, т.е. больший в 200 раз [13].

В работах [14,15] приведены данные по сравнению теоретической и реальной прочности кристаллической решетки каменной соли.

По расчету теоретическая прочность соли составляет 240 МПа, в то время как реальная техническая прочность равна 0,5 МПа, т.е. больше в 480 раз.

Основная причина этого связана с присутствием и движением дислокаций и других дефектов кристаллического строения вещества, трещин и т.п.

Введем для магнетита масштабный коэффициент $k_{\text{мк}} = 56000 / 280 = 200$ [13] и получим расчетную формулу для оценки величины предела прочности магнетита

$$\sigma_{\text{сж}} = F_{\text{max}} \cdot N_{\text{ион}} / k_{\text{мк}} \text{ Н/м}^2. \quad (9)$$

После подстановки численных значений параметров формулы (9), получим

$$\sigma_{\text{сж}} = 0,89 \cdot 10^{-9} \cdot 1,54 \cdot 10^{19} / 200 = 0,69 \cdot 10^8 \approx 0,7 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2. \quad (10)$$

Можно предположить, что деформация ионных кристаллов остается упругой вплоть до разрыва ионных связей, т.е. наибольшей упругой деформации соответствует напряжение, которое равно пределу прочности.

При этом максимальной упругой деформации ионных кристаллов соответствует максимальное значение силы межатомного взаимодействия между ионами.

Опыты с самыми прочными кристаллами показали [12], что максимальная относительная упругая деформация ϵ_{max} перед их разрушением не превышает (0,5-2,0) %.

Пусть $\varepsilon_{\max} \approx 1,0\% = 0,01$. Подставив в формулу (4) вычисленное ранее значение $\sigma_{сж}$ и $\varepsilon = 0,01$, получим равенство, позволяющее оценить величину модуля продольной упругости E кристаллической горной породы, Н/м²

$$E = \sigma_{сж} / \varepsilon = 0,7 \cdot 10^8 / 0,01 = 7 \cdot 10^{10}. \quad (11)$$

Отметим, что результаты оценочного расчета напряжения сжатия $\sigma_{сж}$ и модуля продольной упругости кристалла E , определяемые с помощью уравнений (10) и (11), достаточно полно соответствуют величинам, полученным экспериментальным путем.

Так, в работе [16] разрушающее напряжение руды на сжатие, принято в пределах 90-155 МПа = $(0,9-1,55) \cdot 10^8$ Н/м² - полученный результат - $0,7 \cdot 10^8$ Н/м², модуль продольной упругости $(7-10) \cdot 10^4$ МПа = $(7-10) \cdot 10^{10}$ Н/м² - полученный результат - $7 \cdot 10^{10}$ Н/м².

Выводы и направление дальнейших исследований. Изложенный материал позволяет сделать следующие выводы. Пользуясь моделью кристаллического строения вещества можно с удовлетворительной точностью дать оценку механических характеристик горных пород, таких как предел прочности горной породы $\sigma_{сж}$ и модуль продольной упругости E , которые являются главными параметрами деформационных свойств горных пород.

Прогнозная оценка механических характеристик горных пород по предлагаемому методу позволяет исключить принятие грубых ошибочных технологических решений при проектных работах по добыче полезных ископаемых, сократить период подготовительных работ по проектированию горных предприятий.

Проверка метода на примере кристалла магнетита показала удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных результатов.

Список литературы

1. <http://www.mining-enc.ru> «Горная энциклопедия».
2. **Макаров В.В.** Деформационные предвестники геодинамических явлений в массивах горных пород [Текст] / **В.В. Макаров** // Электронное периодическое издание «Вестник Дальневосточного государственного технического университета», 2009. - № 1 (1).
3. **Аникеева Н.Ф.** Структуры горных пород. Том I. Магматические породы [Текст] / **Н.Ф. Аникеева, Е.Н. Егорова, А.Е. Комарова, Ю.И. Половинкина.** – М. - Л.: Государственное издательство геологической литературы, 1948. - 203 с.
4. ГОСТ 21153.2-84 Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии / [Текст]. – Действ. От 1.07.1986. - Государственный комитет стандартов при СМ СССР. – 8 с.
5. **Калинин А.Г.** Разведочное бурение [Текст] / **А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский, Н.В. Соловьев.** - М.: Недра, 2000. - 747 с.
6. **Рудь Ю.С.** Определение физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества [Текст] / **Ю.С. Рудь, И.С. Радченко, В.Ю. Белоножко, С.Ю. Олейник** // Вісник Криворізького національного університету, 2014. - Вип. 38. - С. 49-54.
7. **Киттель Ч.** Введение в физику твердого тела [Текст] / **Ч. Киттель.** - М.: «Наука», 1978. – 790 с.
8. **Бронь М.** Динамическая теория кристаллических решеток [Текст] / **М. Бронь, Хуан Кунь.** - М.: Издательство иностранной литературы, 1958. - 488 с.
9. http://www.tsogu.ru/media/files/2009/12_03/file.2008-10-07.doc.
10. [<https://ru.wikipedia.org/wiki/>].
11. **Madelung E.** Das Elektrische Feld in Systemen von regelmaessigen angeordneten Punktladungen [Текст] / **Madelung E.** - Phys. Z., 1958, В.19/ - S. 524-533.
12. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Теоретический предел прочности.
13. **Спивак А.И.** Разрушение горных пород при бурении скважин [Текст] / **А.И. Спивак, А.Н. Попов.** - М.: Недра, 1994.
14. **Ржевский В.В.** Основы физики горных пород [Текст] / **В.В. Ржевский, Г.Я. Новик.** - М.: Недра, 1978. - 390 с.
15. **Жданов Г.С.** Физика твердого тела [Текст] / **Г.С. Жданов.** – М.: Издательство МГУ, 1962. - 560 с.
16. Исследование напряженно-деформированного состояния пород вокруг камер больших размеров численными методами теории упругости / В.И. Бузило, Т.С. Савельева, В.А. Савельев, Т.И. Морозова // Materialy Szkolny Eksploatacji Podziemnej – Krakow: Instytut Gospodarski Surowcami Mineralnymi i Energia PAN, 2010. – С. 1147-1152.

А.А. ХРУЦКИЙ, канд. техн. наук, доц.,
Н.Н. СЛАТВИНСКИЙ, Ю.И. ЧУМАК, старшие преподаватели
Криворожский национальный университет

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН

В статье рассмотрены прогрессивные направления и методы восстановления деталей горных машин, проведен их анализ, отмечены достоинства и области применения каждого из направлений. В результате анализа современных методов ремонта выделены 3 основных направления: технологии плазменного и газового напыления, мобильные ремонтные комплексы, применение полимерных материалов и металлокерамики. Детали, восстановленные рассмотренными видами напыления, по своим физико-механическим свойствам превосходят новые детали. Применение мобильных ремонтных комплексов позволяет значительно снизить затраты на ремонт за счет уменьшения времени на подготовительные операции поскольку нет необходимости проводить полный демонтаж ремонтируемого оборудования, однако пока технология восстановления ограничивается наплавкой в среде инертных газов. Применение полимерных клеев для соединения деталей при ремонте позволяет восстановить первоначальные геометрические размеры разрушенной детали, обеспечивая работоспособность конструкций при контакте с органическими растворителями, агрессивными средами (кислоты, щелочи и др.) в широком интервале температур и давлений. Применение металлокерамики позволяет восстанавливать детали машин иногда без разборки узлов, однако применение этих методов восстановления приводит к изменениям структуры металла и невозможности в дальнейшем применения других методов восстановления.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед современным предприятием, имеющим в своем распоряжении сложное дорогостоящее в обслуживании оборудование, является необходимость обеспечения его надежной работы. Поддержание рабочей готовности технологических активов достигается в основном за счет ремонтного и технического обслуживания оборудования. Целесообразность восстановления деталей диктуется также большими темпами роста парка горных машин и отставанием производства запасных частей к ним. Кроме того, при снятии с производства (переходе на новую марку) горных машин потребность в запасных частях сохраняется еще продолжительное время.

Постоянное возрастание затрат на ремонтнообслуживание требует изыскания более прогрессивных методов ремонта оборудования, обеспечивающих максимальный срок службы детали и наименьшую стоимость ее восстановления.

Анализ исследований и публикаций. Технологии ремонта, используемые на протяжении последних десятилетий, уже не обеспечивают необходимых технико-экономических показателей, требуемых современной промышленностью. А некоторые прогрессивные технологии ремонта, благодаря новым открытиям и разработкам стали намного эффективнее. На сегодня множество организаций предлагает услуги восстановления деталей и узлов машин с использованием новых ремонтных технологий.

Исходя из проведенного анализа литературных источников [1-12], можно выделить следующие перспективные направления восстановления деталей горных машин: технологии плазменного и газового напыления, мобильные ремонтные комплексы и применение полимерных материалов и металлокерамики.

Постановка задачи. Провести анализ перспективных методов восстановления при ремонте изношенных деталей горных машин, рассмотрев их особенности и технические возможности.

Изложение материала и результаты. Главной причиной значительных затрат на ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования горнорудных предприятий является его интенсивный износ вследствие работы в агрессивной среде, а восстановление деталей на сегодняшний день применяется в основном при отсутствии запасных частей. Это все приводит к тому, что затраты в сфере эксплуатации горнорудного оборудования постоянно возрастают и увеличиваются в 5-25 раз от первоначальной цены нового оборудования. Поэтому в ходе ремонта необходимо не только восстановить первоначальное состояние оборудования, но и улучшить его основные технические характеристики. Метод восстановления должен обеспечить полноценность детали в условиях эксплуатации и быть экономически целесообразным. При выборе метода восстановления необходимо учитывать стоимость восстановления и долговечность не

только восстанавливаемой детали, но и детали, с ней сопряженной, поскольку износ сопряженной детали зависит от метода восстановления ремонтируемой детали.

Рассмотрим указанные ранее перспективные направления восстановления подробнее.

Технологии плазменного и газового напыления. На сегодня разработано достаточно много технологий плазменного и газового напыления и их модификаций. Выделим основные из них: электроискровое легирование или электроискровое нанесение покрытий, финишное плазменное упрочнение, плазменно-дуговая наплавка, плазменная модификация, газопламенное напыление покрытий, высокоскоростное напыление и детонационно-газовый метод напыления.

В табл. 1 приведены характеристики методов плазменного и газового напыления. Следует отметить, что многие характеристики имеют довольно большие диапазоны значений. Это объясняется тем, что при нанесении покрытий рассмотренными методами могут использоваться совершенно разные материалы, имеющие соответственно разные свойства. Причем могут напыляться как черные и цветные металлы и их соединения, так и керамика и металлокерамика.

Электроискровое легирование или электроискровое нанесение покрытий [5]. Сущность: метод основан на явлении переноса материала электрода на обрабатываемую поверхность с помощью электрических разрядов. В процессе переноса материала электрода на поверхность детали происходит диффузионное проникновение и перемешивание материалов. В итоге на обрабатываемой поверхности формируется 2 слоя: внутренний слой глубиной до 50 мкм (диффузионный) и наружный слой толщиной до 20 мкм, состоящий из материала электрода.

Электроискровое легирование или электроискровое нанесение покрытий [5]. Сущность: метод основан на явлении переноса материала электрода на обрабатываемую поверхность с помощью электрических разрядов. В процессе переноса материала электрода на поверхность детали происходит диффузионное проникновение и перемешивание материалов. В итоге на обрабатываемой поверхности формируется 2 слоя: внутренний слой глубиной до 50 мкм (диффузионный) и наружный слой толщиной до 20 мкм, состоящий из материала электрода.

Таблица 1

Сравнительные характеристики методов плазменного или газового напыления

Метод нанесения покрытия	Толщина наносимого слоя, мм	Микротвердость покрытия, ГПа	Прочность сцепления покрытия, МПа	Пористость покрытия %	Шероховатость покрытия, Ra, мкм	Производительность установки, см ² /мин	Коэффициент трения покрытия
Электроискровое нанесение покрытий	0,01-0,5	≤20	33-38	0,5-25	1,0-0,8	0,25-12	0,07-0,08
Финишное плазменное упрочнение	≤1	17 - 52	40-60	≤1	0,07-0,38	3,6-90	0,07
Плазменно-дуговая наплавка	0,25-	1,85-10	20-80	0,3-15	1,4-1,71	30	0,08-0,4
Плазменная модификация	-	4 - 10	-	-	-	20-30	0,03- ,05
Газопламенное напыление покрытий	0,5-3,5	3-12	15-60	1-8	1,5-4	36	0,15-0,16
Высокоскоростное напыление HVOF, HVOAF	0,5-15	1,6-10	≥80	≤ 1	≤ 4	2-62	0,1 0,4
Детонационно-газовый метод напыления	0,01-3	8,2-18	80-250	0,5-1	3-4	700	0,4-0,5

Область применения: увеличение твердости, коррозионной стойкости, износо- и жаростойкости; снижении способности к схватыванию поверхности при трении; восстановление размеров деталей машин; проведение на обрабатываемой поверхности микрометаллургических процессов для образования на ней необходимых химических соединений; создание на рабочей поверхности переходных слоев определенной шероховатости; применение в декоративном искусстве, восстановление посадочных мест подшипников, торцевых уплотнения, рабочих поверхностей лопаток паровых турбин и т.д.

Достоинства: возможность использования в качестве легирующих материалов металлов и их сплавов, металллокерамических композиций, тугоплавких соединений и т.п., снижение износа деталей в 3-5 раз; возможность локального формирования покрытий в указанных местах; высокая адгезия; отсутствие нагрева и деформаций изделия; сравнительная простота технологии; простота и надежность оборудования; низкая энергоемкость; высокий коэффициент переноса материала (60-80 %).

Финишное плазменное упрочнение [6]. *Сущность:* нанесение износостойкого алмазоподобного нанопокрyтия при атмосферном давлении в результате разложение паров жидких технологических препаратов, вводимых в плазмохимический генератор дугового плазмотрона, с последующим прохождением плазмохимических реакций и образованием покрытия на изделии.

Область применения: изготовление деталей машин со специальными свойствами поверхности: износостойкостью, антифрикционностью, коррозионностойкостью, жаростойкостью, разгаростойкостью, антисхватыванием, стойкостью против фреттинг - коррозии и др.

Достоинства: уменьшение параметров шероховатости поверхности; минимальный нагрев в процессе обработки; возможность упрочнения локальных объемов деталей; высокая адгезионная прочность сцепления покрытия; формирование специфического микрорельефа поверхности способствует эффективному его заполнению смазочно-охлаждающей жидкостью; высокая производительность; минимальное потребление и низкая стоимость расходных материалов; низкая потребляемая мощность; транспортабельность и маневренность оборудования; экологическая чистота процесса; минимальный уровень шума.

Плазменно-дуговая наплавка порошковыми и проволочными материалами [8,9]. *Сущность:* нанесение покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволочного материала на металлическую поверхность, на которой он кристаллизуется, с использованием в качестве источника нагрева плазменной дуги, горящей между электродом плазмотрона и изделием. В качестве плазмообразующего газа используется аргон, вторичный газ обеспечивает защиту для сварочной ванны - гелий, водород или азот.

Для напыления может использоваться практически любой порошковый материал - металлические сплавы, металллокерамика и керамика.

Область применения: изготовление и восстановление деталей со специальными износ- и коррозионностойкими свойствами поверхности, а также восстановление размеров изношенных и бракованных деталей за счет нанесения покрытий, обладающих высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, работающих в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок или подверженных абразивному изнашиванию.

Достоинства: максимальное сцепление и уплотнение частиц с минимальным перегревом детали; получение литой структуры; отсутствие пористости (около 0,3 %); незначительный припуск на последующую механическую обработку; максимальная производительность; минимальный расход вольфрамового электрода; точно заданная глубина проплавления и толщина покрытия; высокая равномерность по толщине слоя; возможность обеспечения необходимого состава, структуры и свойств уже в первом наплавленном слое металла; малые остаточные напряжения и деформации; отсутствие разбавления наплавленного покрытия основным металлом; возможность процесса наплавки деталей малых размеров; высокий уровень механизации и автоматизации технологического процесса.

Плазменная модификация [1]. *Сущность:* осуществление скоростных химико-термических реакций взаимодействия металла основы с плазменной струей, генерируемой при атмосферном давлении воздушно-дуговым плазмотроном.

Следует отметить, что при этом методе на поверхность детали не наносится никаких материалов. Изменяется структура и, соответственно, физико-механические свойства базового материала в приповерхностной зоне детали.

Область применения: изготовление изделий со специальными свойствами поверхности - износостойкостью, антифрикционностью, коррозионностойкостью и др.

Достоинства: интенсивность изнашивания деталей снижается в 4-10 раз; залечивание микродефектов; образования коррозионностойкого поверхностного слоя; увеличения твердости; уменьшения коэффициента трения.

Газопламенное напыление [12]. *Сущность:* расплавление в потоке сгорающего в кислороде газа (ацетилена или пропана) материала покрытия (проволока или порошок) с последующим

нанесением (напылением) его сжатым воздухом на деталь, где происходит кристаллизация и формирование покрытия.

В микроне зоне удара частиц расплава о покрываемую поверхность они деформируются и растекаются, последовательно слипаясь друг с другом, затвердевают и формируют плоский слой. Связь напыляемых частиц с основой происходит за счет тепловой и кинетической энергии, которая определяется температурой и скоростью этих частиц. Связь покрытия с основой - адгезионная, осуществляется за счет межмолекулярных сил и механического сцепления его с неровностями развитой шероховатой поверхности.

Область применения: защита деталей и конструкций от изнашивания и коррозии, ремонт оборудования, восстановления размеров, упрочнение рабочих поверхностей новых деталей, декоративная обработка поверхностей; восстановление и упрочнение рабочих поверхностей подшипников качения и скольжения, гидроцилиндров, валов, поворотных цапф, зубчатых колес, кулачков, тормозных барабанов, лопастей вентиляторов, дымососов, эксгаустеров, деталей конвейеров, буровых коронок, черпаков, воздуходувок, рекуператоров, и т.п.

Достоинства: увеличение сроков службы существующих компонентов; восстановление существующих деталей до состояния «как новая»; ремонт компонентов с браком мех. обработки; высокая адгезия покрытия; возможность восстановления изношенных деталей много раз; стоимость восстановления составляет порядка 30 % от стоимости новых деталей; нанесение покрытия на изделия, изготовленные практически из любого материала; широкий спектр напыляемых материалов: цветные металлы, стали, керамики, твердые сплавы; отсутствие термических деформаций деталей вследствие невысокого нагрева поверхности (менее 120 °С); высокая производительность процесса; маневренность и возможность автоматизации процесса.

Высокоскоростное напыление HVOF, HVOF [10,11]. Сущность: нагрев порошковых частиц с одновременным ускорением их при нанесении на обрабатываемую поверхность до сверхзвуковых скоростей. Частицы порошка посредством газовой струи переносятся на деталь, обладая высокой кинетической энергией, которая при ударе о подложку превращается в тепловую. В качестве напыляемых материалов используются различные металлические и металлокерамические порошки, в частности, карбид вольфрама. Следует отметить, что при таком нанесении частицы не проплавляются.

Область применения: восстановление объектов любых размеров: мосты, суда, трубопроводы, строительные конструкции, котлы, коленчатые валы, лопатки турбин и т.д.; повышение износостойкости и разгаростойкости инструмента; повышение долговечности деталей машин, работающих в условиях трения и износа (шестерни, валы, втулки, гильзы, кулачки, резьбовые соединения и др.); повышения коррозионной стойкости и облегчения сборки-разборки после длительной эксплуатации метизов (болты, гайки) и других деталей машин, длительно работающих в коррозионных средах; обработка деталей из рядовой конструкционной стали с целью замены деталей из бронзы, латуни, нержавеющей стали.

Достоинства: замена хромирования; нанесение покрытия, по сравнению с хромированием, происходит быстрее и проще; не такое канцерогенное; покрытия лучше работают в тяжелых условиях не склонны к водородному охрупчиванию; высокая прочность сцепления и низкая пористость; обладают антикоррозионными свойствами и температурной выносливостью.

Детонационно-газовый метод напыления [7]. Сущность: является одним из видов газотермического нанесения покрытий, использующих энергию взрыва горючих газовых смесей (в основном пропан-бутана) в смеси с кислородом, а также со сжатым воздухом (азотом, аргонном) для разгона порошковых частиц при нанесении на обрабатываемую поверхность до сверхзвуковых скоростей. Является циклическим процессом, обладает высокой удельной мощностью и значительным упрощением преобразования энергии в полезную работу.

Область применения: применяется в авиационной и космической технике, машиностроении, судостроении, при восстановлении оборудования для нефтедобычи и химического производства; для упрочнения и повышения износостойкости деталей машин; обеспечивает защиту от кавитации и эрозии, а также антикоррозионную и химическую защиту; позволяет осуществить металлизацию керамики, фибропластов и различных пластмасс, керамическую изоляцию с высокой электрической прочностью, формирование каталитических носителей для экологически чистой энергетике;

Достоинства: неоднократное восстановление изношенных деталей любых механизмов и машин; высокая адгезия покрытия; низкая пористость покрытия; отсутствие деформации напыляемой детали вследствие невысокого нагрева; позволяет напылять широкий круг материалов: металлы и их сплавы, оксиды, твердые сплавы; высокая производительность установки.

Мобильные ремонтные комплексы [4]. *Сущность:* мобильные ремонтные комплексы за счет малых габаритов и веса, а также оригинальной системы крепления на дефектном узле позволяют производить работы на любой высоте, под любым углом и в любой плоскости. Они основаны на использовании мобильных ремонтных технологий наплавки и металлообработки с применением мобильных станков и специальной оснастки.

Область применения: ремонт крупногабаритного оборудования, которое не возможно транспортировать на стационарные ремонтные предприятия; оборудования, которое невозможно демонтировать; ремонт оборудования, разборка и сборка которого тянет за собою значительный простой; ремонт оборудования аварийно вышедшего из строя во избежание дальнейшего развития аварии или значительного простоя предприятия; восстановление отверстий (отверстия на стрелах экскаваторов, проушины на ковшах погрузчиках и экскаваторах, шарнирные сочленения на бульдозерах, любые отверстия под пальцы, и др.); одновременная соосная расточка нескольких разнесенных друг от друга отверстий на расстоянии до 2,5 метров; восстановление посадочных мест под подшипники, цапф и т.д.; фрезерная обработка плоскостей любых конфигураций в любом пространственном положении; расточная обработка цилиндрических и конических посадочных мест под втулки скольжения и подшипники качения; восстановительная наплавка различных металлов.

Достоинства: отсутствие необходимости демонтировать оборудование для ремонта; отсутствие необходимости в транспортировании оборудования на ремонтные предприятия; возможность поэтапного контроля за качеством выполнения работ и соблюдением технологии выполнения работ.

Применение полимерных клеев [3]. Инновационные материалы, которые сейчас применяются при сборке узлов и механизмов, - это анаэробные клеи (резьбовые фиксаторы) и герметики, клеи и герметики предварительного нанесения, цианакрилатные клеи промышленного назначения.

Основой анаэробных составов являются полимеризационноспособные соединения акрилового ряда, чаще всего диметакриловые эфиры полиэтиленгликолей, для которых характерна высокая скорость превращения в пространственношитые полимеры. Анаэробная реакция протекает при контакте с металлическими поверхностями и при отсутствии контакта с воздухом.

Область применения: фиксация резьбовых соединений при сборке узлов и механизмов для предотвращения отворачивания от вибрации, что дает снижение веса сборочных узлов; фиксация соединения вал-втулка для нагруженных передач для упрощения процесса сборки (допускаются нагрузки выше, чем при соединении с натягом на 120-160 %); герметизация резьбовых соединений и различных узлов; для герметизации микротрещин, пропитка металла; уплотнение плоских разъемных соединений; фиксация трудносклеиваемых материалов в производстве.

Достоинства: высокая температуростойкость (до 250 °С); исключительная герметичность соединений; допускается контакт с питьевой водой; защита от коррозии; высокая химическая стойкость; высокая устойчивость к надрезам и возникновению щелей; быстрая полимеризация (15-30 мин.); устойчивость к давлению (до 120 МПа); долговечность; обеспечение уплотнения с высокой степенью герметичности; фиксация взаимного положения деталей с различными видами соединений (резьбовыми, с гладкими поверхностями, фланцевыми).

Металлокерамика [2]. *Сущность:* технология металлокерамических покрытий решает проблему трения путем воздействия на конкретную пару трения (не набор разрозненных деталей) в режиме штатной эксплуатации. Технология дает возможность избирательной компенсации износа мест трения и контакта деталей за счет образования металлокерамических защитных слоев. Для ее осуществления требуется, чтобы детали машин были изготовлены из черных металлов, и тогда на поверхностях трения и контакта стальных и чугунных деталей машин путем добавления в масло специального порошка образуется металлокерамическое покрытие в виде слоя толщиной до 0,5-0,7 мм, который образуется в результате реакции замещения атомов Mg в узлах кристаллической решетки частиц ремонтно-восстановительного состава атомами Fe поверхностного слоя стали и чугуна. В местах слома при больших температурах (900-1200 °С) в результате микрометаллургических процессов почти мгновенно протекает реакция замещения с образованием новых кристаллов.

Основные свойства металлокерамического защитного слоя: микротвердость поверхностей до 600 кг/мм², коэффициент трения 0,003-0,007; взаимная диффузия металла и состава приводит к образованию кристаллического рельефа на глубину 10-30 мкм.

Область применения: любые машины и механизмы любой конструкции. Нагрузки и обороты механизмов, сорт стали и чугуна, применяемое масло не имеют значения. Конструкция механизма интересна только с точки зрения способа доставки состава до той или иной пары трения.

Достоинства: компенсация выработки трущихся деталей, при котором детали восстанавливаются в первоначальных конструктивных размерах и в дальнейшем износ трущихся деталей прекращается; одинаковый со сталью коэффициент термического расширения; способность противостоять пластическим деформациям и ударным нагрузкам; способность обеспечивать «сухое» трение; способность увеличиваться в объеме в зависимости от энергии контакта, т.е. не только компенсировать износ, но и оптимизировать зазоры в сопряжениях деталей механизмов; позволяет эксплуатировать механизмы практически без износа; уменьшение потерь на трение; повышение КПД; восстановление компрессии и увеличение мощность компрессоров; снижение расхода топлива и электроэнергии на 10-20 %.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, проведен анализ существующих перспективных методов восстановления деталей горных машин.

Детали, восстановленные всеми видами рассмотренных плазменных и газовых напылений по своим физико-механическим свойствам превосходят новые детали. С помощью практически всех рассмотренных методов на детали можно наносить покрытия не только из цветных и черных металлов и их сплавов, но и из керамики и металлокерамики. Применение мобильных ремонтных комплексов позволяет значительно снизить затраты на ремонт за счет уменьшения времени на подготовительные операции, поскольку нет необходимости проводить полный демонтаж ремонтируемого оборудования. Однако пока технология восстановления ограничивается наплавкой в среде инертных газов. Применение полимеров и металлокерамики позволяет иногда восстанавливать детали машин иногда без разборки узлов. Однако применение этих методов восстановления приводит к изменениям структуры металла и невозможности в дальнейшем применения других методов восстановления. Направлением дальнейших исследований является определение технико-экономического критерия и критерия долговечности для всех рассмотренных методов ремонта.

Список литературы

1. **Кадыржанов К.К.** Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов / **К.К. Кадыржанов** .- Москва: Московский университет, 2005. - 640 с.
2. **Кіндрачук М.В.** Трибологія: підручник / **М.В.Кіндрачук, В.Ф.Лабунець, М.І.Пашечко, Є.В. Корбут.**– Київ: МОН.НАУ-друк, 2009. – 392 с.
3. **Максанова Л.А.** Полимерные соединения и их применение: Учебное пособие / **Л.А.Максанова, О.Ж.Аюрова.** -Улан-Удэ: изд. ВСГУТУ, 2004.
4. Мобильные ремонтные технологии группа компаний Intratool можна найти на: <http://intratool.com>.
5. **Нгуен Х.Л.** Изучение технологии нанесения упрочняющих покрытий электроискровым методом / **Х.Л.Нгуен, Е.А.Шенин.**-Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. - 16 с.
6. **Тополянский П.А.** Высокоэффективное финишное плазменное упрочнение алмазоподобными покрытиями рабочих поверхностей технологической оснастки и режущего инструмента / **П.А.Тополянский** // *Формы +.* Оснастка для переработки полимерных материалов, 2007. - №11. - С.23-27.
7. **Ульшин В.А.** Оптимизация параметров детонационно-газового напыления с использованием генетического алгоритма / **В.А.Ульшин, М.Ю.Харламов** // *Автоматическая сварка*, 2005. – №2. – С. 32-37.
8. **Devis J.R.** Handbook of Thermal SprayTecnology. / **J.R. Davis** and Associates, ASM International, 2004
9. Plasma polymerization of hybrid organic–inorganic monomers in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge / **Sabine Paulussen, Robby Rego, Olivier Goossens, Dirk Vangeneugden, Klaus Rose** // *Fraunhofer-Institut fuer Silicatforschung, Wuerzburg, Germany*, 2005, March. - Pp 672–675.
10. **Stokes J.** The Theory and Application of the HVOF Thermal Spray Process. / **J. Stokes.**- Dublin:Dublin City University, 2005. - 204 p.
11. Thermal stress analysis of HVOF sprayed WC–Co/NiAl multilayercoatings on stainless steel substrate using finite element methods / **M.Toparli, F.Sen, O.Culha, E.Celik** // *Journal of Materials Processing Technology*, 2007. - Vol. 190. pp. 26-32.
12. **Warm spraying-a novel coating process based on high-velocity impact of solid particles** / Seiji Kuroda, Jin Kawakita, Makoto Watanabe, Hiroshi Katanoda // *National Institute for Materials Science. Science and Technology of Advanced Materials*, 2008. - Vol. 9, Number 3 pp. 41–58.

Рукопись поступила в редакцию 23.02.16

IDENTIFICATION OF NEURO-FUZZY STRUCTURES FOR ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF DRILLING WITH OBJECT MODEL IDENTIFIER

The quality of automated control over technological processes on various stages of iron ore processing can be increased by using the latest information on a technological process. The data can be obtained by both direct measurements and applying a mathematical model. As drilling characteristics are of random and non-stationary, it is reasonable to apply methods of adaptive control with an object model identifier while synthesizing this process control. The research is aimed at investigating methods of forming a model for the system of adaptive control for drilling with a control object identifier. Under rapidly changing conditions of borehole drilling it is expedient to apply a strategy of the two-level adaptive control, which implies simultaneous drilling investigation and control. The subsystem of prediction is implemented on the basis of an adaptive neuro-fuzzy system. The applied neuro-fuzzy system realizes the Sugeno fuzzy inference in the form of a five-layer neural network of signal feedforward, the first layer of which contains the terms of input variables (the current signal value and its delayed values). It should be noted that the membership function type does not influence much the prediction result. While processing and analyzing the current information on the latest characteristics of drilling and forming the adaptive control it is reasonable to apply neuro-fuzzy structures with two Gaussian functions of term membership for each variable and three or four deferred inputs.

Keywords: drilling automation, neuro-fuzzy model, adaptive control.

The problem and its connection with scientific and practical tasks. The formation of control for an object with uncertain parameters is an important problem of the automated control theory. Non-stationary and uncertain parameters of control objects cause the necessity to create regulators with adaptable parameters ensuring the unchanged accuracy and quality of a system. The main objective of the adaptive system with an identifier is to form a model-identifier of a control object on the basis of fuzzy and incomplete information [1].

Analysis of research and publications. The quality of automated control over technological processes on various stages of iron ore mining and processing can be improved by using the latest information on the technological process while controlling it [2-6]. In this case, the information on the technological process development can be obtained by both its direct measurements and using a mathematical model [2].

As drilling characteristics are random and non-stationary, it is reasonable to apply the methods of adaptive control with an identifier of an object model while synthesizing this process control [7]. In general, when forming the adaptive control of drilling rocks one should consider the fact that the control object is under the influence of the following input impacts: driving $X^*(t)$, controlling $U(t)$ and disturbing $Z(t)$. The object's behaviour characterized by the output variables $Y(t)$ depends on a set of unknown parameters ξ with the given set of admissible values Ξ among which one should distinguish physical and mechanical characteristics of rock types. In this case, it is necessary to form the control that would ensure the designed indices of drilling quality under all admissible values of the unknown parameters ξ .

Problem statement. The research is aimed at investigating methods of forming a model for the adaptive control system of drilling with a control object identifier.

Material presentation and results. Under rapidly changing conditions of borehole drilling it is necessary to use a two-level adaptive control strategy, which implies simultaneous drilling investigation and control [7, 8].

When drilling prospecting boreholes containing several rock types, one should include an extra block of the model formation into the control system structure (Fig.1).

The information on the technological process development can be obtained not only by its direct measurement but also by interpreting some indirect factors [9-10]. In the course of the research, the following parameters are under control: drilling speed, rotation speed, traction and torque. In addition to the mentioned parameters, the research work [10] investigates the possibility of using the axis load while identifying the rock geological structure in drilling.

The predicting subsystem is realized on the basis of the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) [11]. The applied ANFIS realizes the Sugeno fuzzy inference in the form of a five-layer neural network of signal feedforward, the first layer of which contains the terms of input variables (the current signal value and its delayed values). While forming the model the initial data selection is divided into two parts – training and checking.

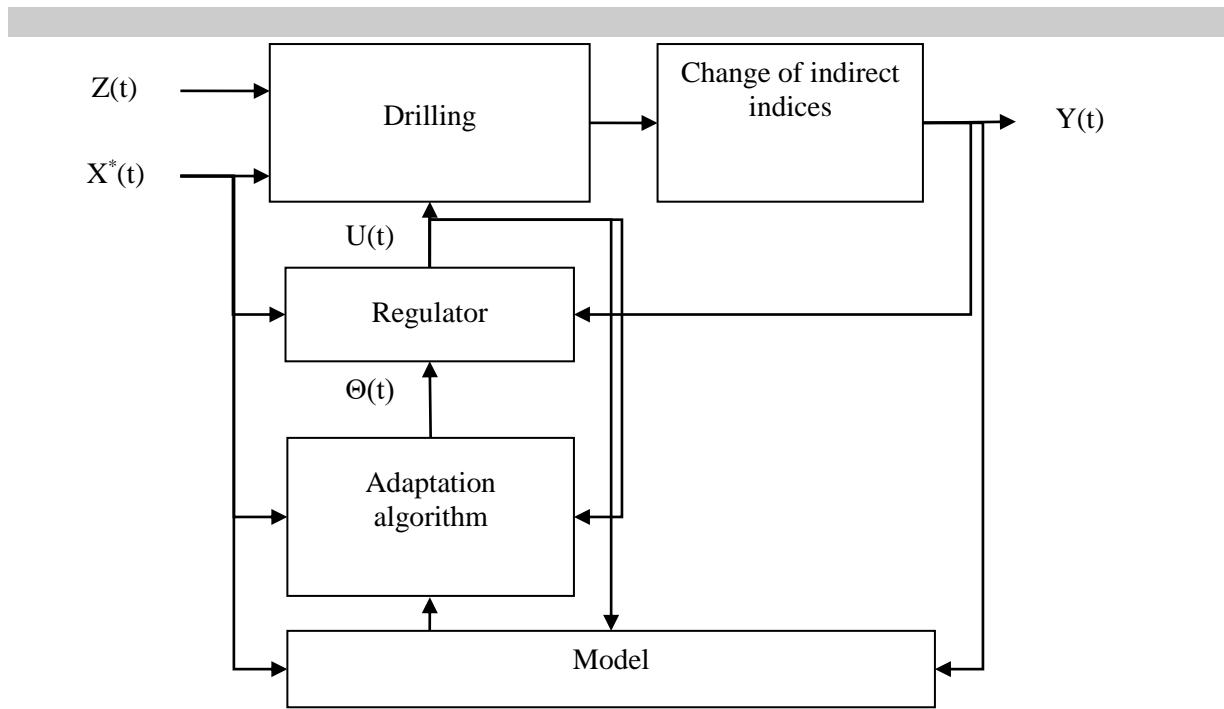


Fig. 1. Adaptive system of drilling control

The result of adjusting the membership functions in case of two or three terms of input variables is shown in Fig. 2.

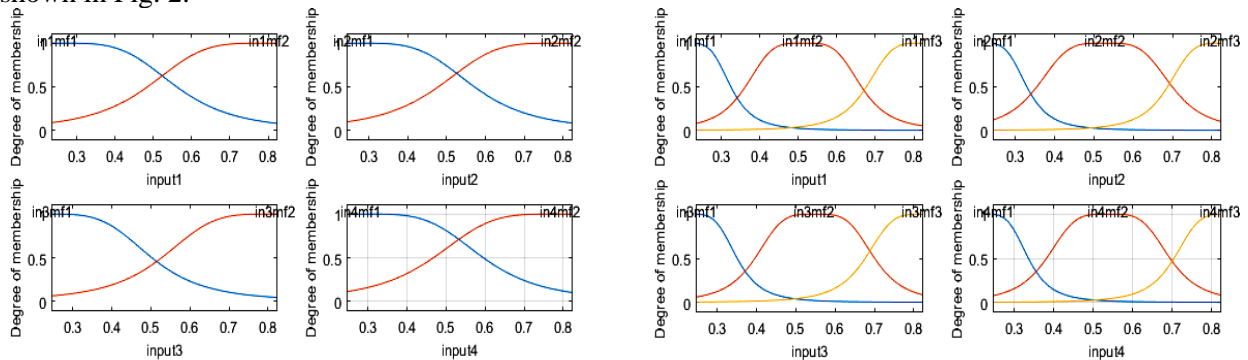


Fig.2. Membership functions of input variable terms

The results of assessing the influence of the membership function number on identification efficiency indices of are presented in Table 1.

Table 1

Influence of membership function number on identification efficiency indices

Membership function number	RMSE	Execution time, sec
2	0.0215	5.2188
3	0.0223	129.4844
4	0.0226	1805.2000

The best results (the shortest time and the smallest standard error of prediction) are obtained in case of two membership functions with RMSE=0.0215 and the execution time of 5.2188 sec.

The result of investigating the influence of the membership function type on identification efficiency indices is shown in Table 2.

Table 2

Influence of membership function type on identification efficiency indices

Convention	pimf	gaussmf	gbellmf	psigmf	trapmf	trimf
Training time, sec, c	5.1406	5.1125	5.2969	5.2344	5.0625	5.1094
RMSE	0.0205	0.0204	0.0215	0.0206	0.0207	0.0214

The best results (Table 2) are achieved when trapezoid membership functions (the minimum training time) and the Gaussian membership functions (the minimum error) are used. However, it should be noted that the membership function type does not have any significant influence on the prediction result. Later, the Gaussian membership function ensuring the minimum training time is applied.

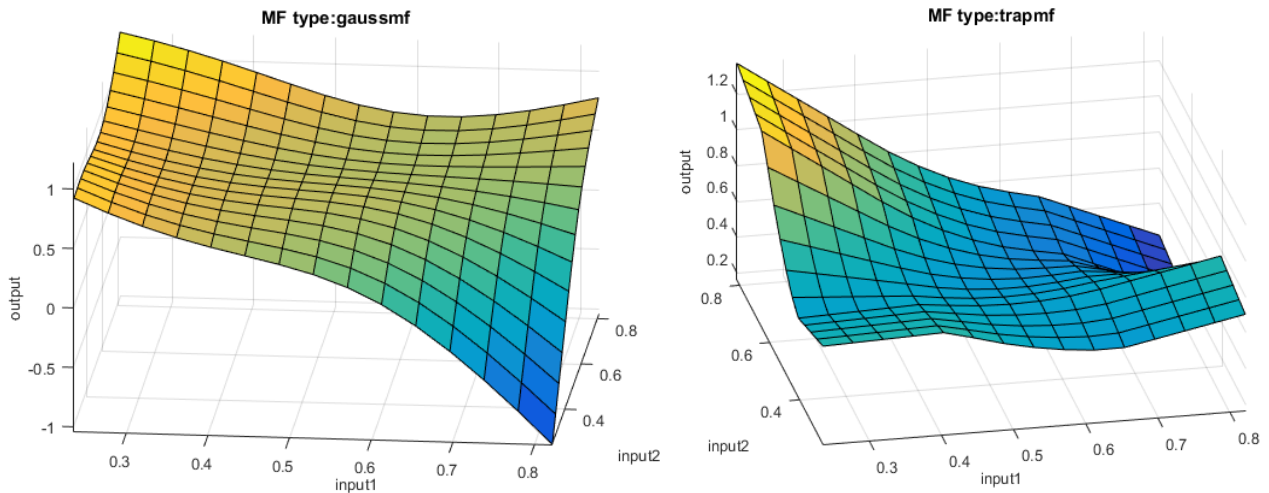


Fig. 3. View of fuzzy inference surfaces with various membership function types

The investigation of the influence of the deferred input number on identification efficiency indices reveals that the best results are observed with three or four deferred inputs (Table 3).

Table 3

Influence of deferred input number on identification efficiency indices

Input number	2	3	4	5	6
Training time, sec	2.5469	3.0938	6.5313	24.1563	169.9531
RMSE	0.0554	0.0209	0.0214	0.0324	0.0326

The dependency of the standard training error on the number of the epochs for the training and checking selections is presented in Fig. 4.

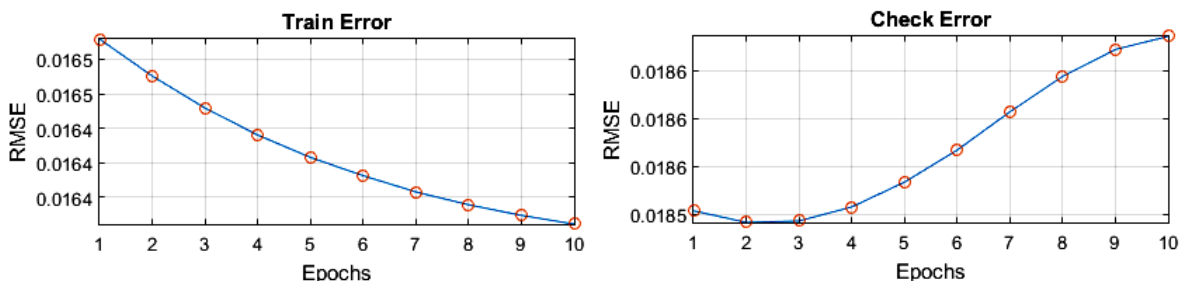


Fig. 4. Error change in training process

The joint graph of the prediction initial data and results as well as the prediction error are shown in Fig. 5.

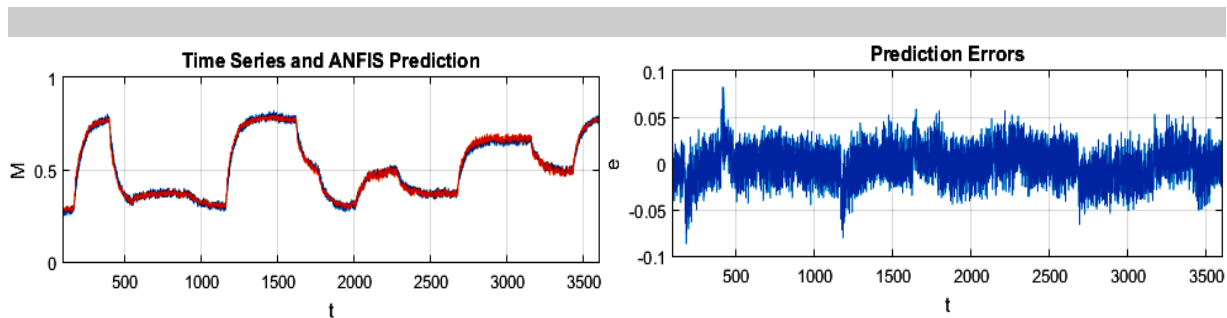


Fig. 5. Comparison of prediction results with initial data

The fragment of the joint graph of the prediction results and the check data and the prediction error are shown in Fig. 6.

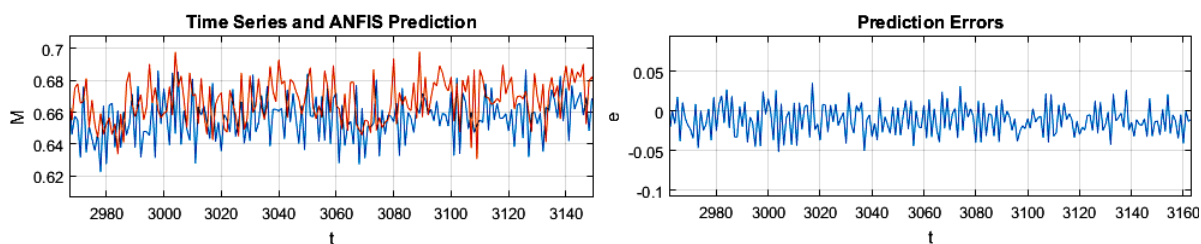


Fig. 6. Results of model check on test data

Thus, the prediction error of the neuro-fuzzy model with four deferred inputs, two terms of input variables and ten training epochs is within 5-7%.

Conclusions and further research directions. While processing and analyzing the current information about the latest drilling characteristics and forming the adaptive control it is reasonable to apply neuro-fuzzy structures with two Gaussian functions of term membership for each variable and three or four deferred inputs.

References

1. **Morkun, V. S.** (2005) Adaptive systems of optimal control over technological processes, Krivoy Rog: Mineral [in Russian].
2. **Segui, J. B., Higgins M.** (2002) Blast Design Using Measurement While Drilling Parameters. *Fragblast*. Vol. 6, (3-4), pp. 287-299.
3. **Morkun, V., Tron, V., Goncharov, S.** (2015) Automation of the ore varieties recognition process in the technological process streams based on the dynamic effects of high-energy ultrasound, *Metallurgical and Mining Industry*, 2, pp.31-34.
4. **Morkun, V., Tron, V.** (2014). Automation of iron ore raw materials beneficiation with the operational recognition of its varieties in process streams. *Metallurgical and Mining Industry*, 6, pp. 4-7.
5. **Morkun, V. S., Morkun, N. V., Pikilnyak, A.V.** (2014) Ultrasonic facilities for the ground materials characteristics control. *Metallurgical and Mining Industry*, 2, pp. 31-35.
6. **Morkun, V. S., Morkun, N. V., Pikilnyak, A.V.** (2014) Iron ore flotation process control and optimization using high-energy ultrasound, *Metallurgical and Mining Industry*, 2, pp. 36-42.
7. **Yegupov, N. D.** (2001) Methods of robust, neuro-fuzzy and adaptive control. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman [in Russian].
8. **Morkun, V., Tron, V., Paraniuk, D.** (2015) Formation of rock geological structure model for drilling process adaptive control system. *Metallurgical and Mining Industry*, 5, pp. 12-15.
9. **Scoble, M. J., Peck, J., Hendricks, C.** (1989) Correlation between Rotary Drill Performance Parameters and Borehole Geophysical Logging. *Mining Science and Technology*, Vol. 8, pp. 301-312.
10. **Segui, J. B., Higgins, M.** (2002) Blast Design Using Measurement While Drilling Parameters. *Fragblast*. Vol. 6, (3-4), pp. 287-299.
11. **Nauck, D., Klawonn, F., Kruse, R.** (1997) Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАДНОРМАТИВНИХ ПЛОЩ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті особливу увагу приділено знаходженню нових механізмів для вирішення питання неефективного використання земель в межах населених пунктів. На сьогодні в Україні виникає необхідність врегулювання економічної ефективності від використання земельних ресурсів. За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш інтенсивно використовуються землі житлової та громадської забудови та землі промисловості. Оскільки для житлової забудови існують нормативи визначення нормативної площі земельної ділянки, то для земель промисловості ні. Розглянуто деякі аспекти знаходження нових підходів раціонального використання земель в межах населених пунктів. Звернуто увагу на неоднозначність існуючих положень земельного законодавства в розрізі податкового регулювання земельних відносин та тих що втратили чинність. На основі проведених досліджень встановлено необхідність у побудові математичної моделі визначення необхідної та наднормативної площі земельної ділянки промислового підприємства. Запропоновано математичну модель, яка дозволяє вирішити поставлену задачу, а саме - за допомогою методів дисперсійного аналізу. Обгрунтовано вибір функціонального виду регресії, що ґрунтується на теоретичному аналізі суті зв'язків. Встановлено, що основною технічною характеристикою промислового підприємства є його потужність. Описано послідовність розрахунків визначення математичної залежності між потужністю підприємства та його площею, а також оцінки точності отриманих результатів за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу. Запропонована модель обчислення наднормативної площі земельної ділянки промислового підприємства дасть можливість в прийнятті додаткових рішень по покращенню раціонального використання системи землекористування населених пунктів.

Ключові слова: земельні ділянки ринок землі, математична модель, дисперсійний аналіз.

Постановка проблеми. При формуванні національної податкової політики, становлення ринку землі та формування раціональних аспектів просторового впорядкування територій в Україні існує нагальна необхідність знаходження обґрунтованих підходів, що допоможуть сталому розвитку земель. Відповідно до державної статистичної звітності [1,2] найбільші території в межах населених пунктів, які інтенсивно використовуються, займають землі житлової забудови та землі промисловості. Якщо відповідно до норм чинного законодавства та досліджень, які проводяться, існують нормативи визначення необхідної площі земельної ділянки для земель житлової забудови [3], натомість із землями під промисловими підприємствами виникає багато питань. Після отримання незалежності Україна зіткнулась з проблемою, що багато промислових підприємств в межах населених пунктів зменшили свою потужність або взагалі перестали працювати, але залишили за собою великі площі. На сьогодні більшість особливо великих міст стикаються з проблемою відсутності вільної землі для свого нормального розвитку. Спостерігаються тенденції зменшення зелених зон, ущільнення забудови і т.ін. Відповідно до статті 7 розділу 3 старого закону України про плату за землю [4], який втратив чинність встановлювалось, що податок за частину площ земельних ділянок, наданих підприємствам, установам і організаціям (за винятком сільськогосподарських угідь), що перевищують норми відведення, справляється у п'ятикратному розмірі. Проте в податковому кодексі [5], який замінив вищезгаданий закон, ця стаття вже не згадувалось. Під час існування старого закону плата за наднормативну площу жодного разу не справлялась. На нашу думку повернення цієї норми закону при наявності обґрунтованих підходів розрахунку наднормативної площі існуючих промислових підприємств, які не в повній мірі діють, дало б можливість збільшити надходження від плати за землю, а також в разі відмови від наднормативної площі використовувати для потреб територіальної громади.

Тому існує необхідність в розробці математичної моделі, яка б дозволила визначати нормативну та наднормативну площі земельної ділянки існуючого промислового підприємства.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Дослідження в даній статті пов'язано із реалізацією завдань Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні [6]. У сьогоднішніх умовах багато земель під промисловими підприємствами використовуються не за своїм цільовим призначенням, що протирічить нормам закону [7,8]. В останні роки можна спостерігати негативну тенденцію підприємств, що втратили свою потуж-

ність або практично перестали функціонувати, землі таких підприємств, а також їх приміщення передаються в оренду.

Згідно чинного містобудівного законодавства, а саме ст. 5 закону України «Про основи містобудування» [9] при здійсненні містобудівної діяльності повинно бути забезпечене раціональне використання земель та територій для містобудівних потреб, підвищення ефективності забудови та іншого використання земельних ділянок.

Викладення матеріалу та результатів дослідження. Для визначення площі земельної ділянки промислового підприємства, що перевищують норми відведення необхідно виконати:

підбір вихідних даних, а саме відомості про підприємства, які раціонально і ефективно та за призначенням використовують свої території і мають проектну документацію виготовлену згідно з вимогами чинного законодавства та містить технічне обґрунтування необхідної йому площі земельної ділянки;

побудувати математичну модель визначення площі земельної ділянки промислового підприємства;

виконати оцінку точності отриманих результатів.

Для вирішення поставленої задачі доцільно скористатися методом математичного аналізу, а саме дисперсійним.

За результатами проведених досліджень встановлено, що при визначенні площі земельної ділянки для промислового підприємства основною технічною характеристикою є його потужність.

Факторами, що визначають величину виробничої потужності підприємства є: фронт робіт; кількість машин (робочих місць); величина виробничих площ; кількість «вузьких місць»; рівень узгодженості за продуктивність між групами машин (робочих місць); продуктивність машин (робочих місць); технічний рівень машин (робочих місць); ступінь досконалості устаткування; ступінь досконалості технології; рівень механізації і автоматизації виробничих процесів; якість матеріальних ресурсів; ступінь освоєння техніки робітниками.

Тому при дослідженні впливу на площу земельної ділянки промислового підприємства x (ознака) його потужності y (фактор) використаємо однофакторний дисперсійний аналіз.

Різні явища по-різному реагують на зміну факторів. Для того щоб відобразити характерні особливості зв'язку конкретних явищ використовують різні за функціональним видом регресійні рівняння. Якщо зі зміною фактору x результат y змінюється рівномірно, такий зв'язок описується лінійною функцією $y=a+bx$. Коли йдеться про нерівномірне співвідношення варіацій взаємопов'язаних ознак (наприклад, коли прирости значень y зі змінною x прискорені чи сповільнені або напрям зв'язку змінюється), застосовують нелінійні регресії, зокрема:

степеневу $y=ax^b$;
гіперболічну $y=a+(b/x)$;
параболічну $y=a+bx+cx^2$.

Вибір та обґрунтування функціонального виду регресії ґрунтується на теоретичному аналізі суті зв'язків [10].

Враховуючи, що чим більша потужність промислового підприємства, тим більшою буде площа земельної ділянки встановлено, що для визначення залежності між потужністю промислового підприємства необхідно використати лінійну регресію [11], при умові, що вихідні дані будуть максимально наближені до досліджуваного об'єкту за своєю потужністю.

1. Побудова кореляційного поля залежності між потужністю промислового підприємства (фактором) x та площею земельної ділянки (показником) y . Кореляційне поле становить собою графічну залежність між значеннями показника та фактору (наприклад, рис. 1).

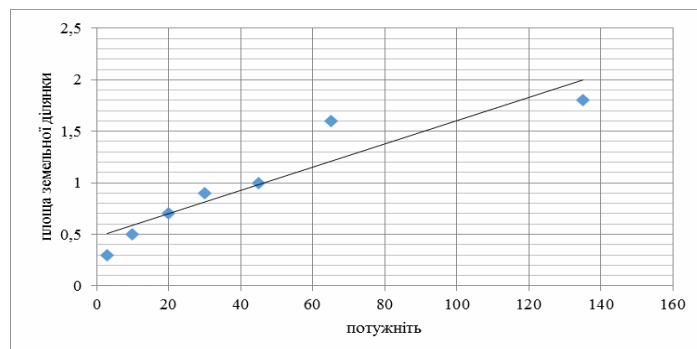


Рис. 1. Кореляційне поле

2. Визначення оцінок параметрів лінійної регресії з допомогою методу найменших квадратів. Для визначення оцінок параметрів використовуються формули

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$
$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x},$$

де $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$ - вибіркове середнє фактору (потужності підприємства); $\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$ - вибіркове середнє показника (площі земельної ділянки); $x_i, y_i, i=1, 2, \dots, n$ - поточні значення фактору та показника відповідно; n - кількість спостережень (об'єм вибірки).

З цією метою будується табл. 1, куди заносяться вихідні дані та заносяться результати проміжних обчислень.

Таблиця 1

Оцінка параметрів лінійної регресії методом найменших квадратів

№ з/п	1	2	...	n	Σ	Середнє
x_i	x_1	x_2	...	x_i	$x_1+x_2+x_3+\dots+x_i$	$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$
y_i	y_1	y_2	...	y_i	$y_1+y_2+y_3+\dots+y_i$	$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n$
$x_j - \bar{x}$	$x_1 - \bar{x}$	$x_2 - \bar{x}$...	$x_i - \bar{x}$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$	-
$y_i - \bar{y}$	$y_1 - \bar{y}$	$y_2 - \bar{y}$...	$y_i - \bar{y}$	$\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})$	-
$(x_j - \bar{x}) \cdot (y_j - \bar{y})$	$(x_1 - \bar{x}) \cdot (y_1 - \bar{y})$	$(x_2 - \bar{x}) \cdot (y_2 - \bar{y})$...	$(x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})$	$\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}))$	-
$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_1 - \bar{x})^2$	$(x_2 - \bar{x})^2$		$(x_i - \bar{x})^2$	$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$	-

В результаті обчислень матимемо модель лінійної регресії: $y=b_0+b_1x$.

3. Економічна інтерпретація параметрів побудованої моделі.

Економічний зміст коефіцієнта регресії b_1 полягає в тому, що він показує на скільки в середньому одиниць зміниться площа земельної ділянки y (показник), якщо потужність підприємства x (фактор) змінити на одну одиницю. Параметр b_0 не має економічного змісту, тому площа земельної ділянки не може дорівнювати нулю.

Геометричний зміст коефіцієнта регресії b_1 полягає в тому, що він показує тангенс кута нахилу лінії регресії до осі абсцис, а геометричний зміст параметра b_0 не має змісту, тому потужність підприємства не може бути нульовою.

4. Визначення коефіцієнта еластичності площі промислового підприємства змінної y по змінній x потужності та економічна інтерпретація отриманого числа. За визначенням коефіцієнт еластичності дорівнює

$$E_x(y) = (x/y^*) \cdot (y^*)',$$

де y^* - вибіркова модель лінійної регресії; $(y^*)'$ - похідна побудованої моделі регресії по потужності підприємства (фактору).

Оскільки модель регресії має вигляд $y=b_0+b_1x$ то її похідна по x дорівнює b_1 . Тоді

$$E_x(y) = \frac{x}{y} b_1 = \frac{b_1 x}{b_0 + b_1 x}.$$

Економічний зміст коефіцієнта еластичності полягає в тому, що він показує на скільки відсотків в середньому зміниться значення площі земельної ділянки y , якщо значення потужності підприємства x змінити на 1 %.

5. Перевірка якості побудованої моделі регресії шляхом оцінки статистичної значущості обчисленого коефіцієнта регресії. Для оцінки статистичної значущості коефіцієнта регресії використаємо вираз:

$$t = \left| \frac{b_1}{\sqrt{D^*(b_1)}} \right| > t_{kp},$$

де $D^*(b_i)$ - дисперсія коефіцієнта регресії; $t_{кр}$ - критичне значення t - критерію Ст'юдента [10].

Якщо вказана нерівність виконується, то з надійністю $P=1-\alpha$ (значення α знаходимо по таблиці розподілу Ст'юдента [10] залежно від кількості спостережень n) приймається гіпотеза про статистичну значущість коефіцієнта регресії. У свою чергу

$$D^*(b_1) = \sigma^2 / \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2,$$

де невідома дисперсія σ^2 випадкових відхилень $e_i = y_i - y_i^*$ замінюється виправленою вибірковою дисперсією, тобто

$$\sigma^2 = S_e^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 / (n-2).$$

За таблицею Ст'юдента [10] для t - розподілу знаходимо, P - рівень значущості коефіцієнта регресії.

6. Побудова довірчих інтервалів для коефіцієнтів b_0 та b_1 при довірчій ймовірності, що відповідає якості моделі.

Обчислені значення коефіцієнтів b_0 та b_1 є оцінками параметрів моделі генеральної сукупності β_0 і β_1 відповідно, тобто приймаємо, що $b_0 \approx \beta_0$ і $b_1 \approx \beta_1$. Однак, ці оцінки є точковими. Щоб мати уявлення про точність та надійність оцінки b_i параметра β_i ($i=1,2$) використаємо інтервальну оцінку параметра. За формулою знайдемо довірчі інтервали

$$b_i - t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{D \cdot (b_i)} < \beta_i < b_i + t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{D \cdot (b_i)}, \quad (i=0,1)$$

З метою побудови довірчих інтервалів для коефіцієнта β_0 визначимо дисперсію $D(b_0)$ за формулою

$$D(b_0) = \frac{D(b_1)}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2.$$

Іншими словами, при достатньо великій кількості випробувань коефіцієнти β_1 та β_0 не менше, ніж в P % випадків будуть знаходитись у вказаних інтервалах і тільки не більше, ніж в $(100-P)$ % випадків їх значення можуть вийти за границі цих інтервалів.

7. Визначення коефіцієнта детермінації та його економічний зміст. За означенням коефіцієнт детермінації дорівнює

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i^* - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}.$$

Економічний зміст отриманого числа полягає в тому, що на $(R^2 \cdot 100)$ % зміна площі земельної ділянки залежить від зміни потужності підприємства і тільки $(1-R^2) \cdot 100$ % його зміна пояснюється не врахованими факторами. Це показує якість побудованої моделі та її доцільність для визначення наднормативної площі земельної ділянки промислового підприємства.

8. Прогнозування значення показника при заданому прогнозованому значенні потужності підприємства (фактора). При високій якості побудованої моделі її доцільно використати для дослідження конкретних промислових підприємств. Значення площі земельної ділянки промислового підприємства визначимо за побудованою моделлю $y = b_0 + b_1 x$, підставивши у формулу значення його потужності.

9. Визначення інтервального прогнозу індивідуального значення площі земельної ділянки та його інтерпретація. Інтервальный прогноз визначимо за співвідношенням

$$y_n - \Delta y < y_n < y_n + \Delta y,$$

$$\text{де } \Delta y = t_{кр} S^*; S^* = S \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_n - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}.$$

В кінці виконується аналіз отриманих даних. Резервна (наднормативна) площа земельної ділянки промислового підприємства визначається як різниця між фактичною (розрахунковою) площею промислового підприємства та нормативною [12].

Висновки та напрямки подальших досліджень. Базуючись на проведених дослідженнях запропоновано методіку за допомогою якої можливо визначити необхідну площу земельної

ділянки для промислового підприємства в основу якої покладено однофакторний дисперсійний аналіз.

Список літератури

1. Земельний фонд України станом на 1 січня 2015 року та динаміка його змін в порівнянні з даними на 1 січня 2014 року // Відомості Держгеокадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://land.gov.ua/info/zemelnyi-fond-ukrainy-stanom-na-1-sichnia-2015-roku-ta-dynamika-ioho-zmin-v-porivnianni-z-danymy-na-1-sichnia-2014-roku/>.
2. Національна безпека і оборона: журнал // Український центр економічних та політичних досліджень імені Олександра Розумкова – К., 2009. – №3(107) – 72 с.
3. Сулима-Самуйло Г.Д., Малашевський М.А., Мосійчук Ю.А., Берова П.І. Підходи до оподаткування над-нормативних територій земель житлової забудови // Містобудування та територіальне планування. – К., 2014, - №53 – с. 320-238.
4. Про плату за землю: Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 1992. - №2535-XII – ст.20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2535-12>.
5. Податковий кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 2012. - № 2755-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.
6. Концепція Державної цільової програми розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 року: Розпорядження // Відомості Кабінету Міністрів України від 17.06.2009 № 743-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/743-2009-%D1%80>.
7. Земельний кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 2002. - N 3-4. - ст.27 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
8. Кодекс України про адміністративні правопорушення // Відомості Верховної Ради Української РСР. – 1984. - N 8073-X [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/8073-10>.
9. Про основи містобудування // Відомості Верховної Ради України. – 1992. - N2780-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2780-12>.
10. Статистика: підручник / С.С. Герасименко, А.В. Головач, А.М. Єрина та ін.; За наук. ред. д-ра екон. наук С.С. Герасименка. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: КНЕУ, 2000. – 467 с.
11. Кулявець В.О. Економетрія - Житомир, 2006 – 11с.
12. Малашевський М.А., Горпиніч Л.В. Підходи до визначення наднормативних площ під промисловими об'єктами // Інженерна геодезія: науково-технічний збірник. – Вип. 60 / Відповідальний редактор С.П. Войтенко. – К.: КНУБА, 2014.

Рукопис постуила в редакцію 23.02.16

УДК 622.271

С.О. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет
С.В. КАЛЬЧУК, канд. техн. наук, доц., В.О. ШЛАПАК, старший викладач
Житомирський державний технологічний університет

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУРОВИХ РОБІТ ПРИ ВИДОБУВАННІ БЛОЧНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ СТАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Розглянуто чинники, що впливають на оцінку якості виконання бурових робіт при підготовці кам'яних блоків до виймання. Обгрунтовано оптимальні параметри буріння, за яких досягається висока якість підготовки блоків каменю до виймання та співвідношення значень азимутального й зенітного кутів просторової орієнтації осі шпуру. Наведений у статті аналіз літературних джерел вказує на наявність значної кількості емпіричних формул, за якими здійснюється визначення та розрахунок основних геометричних і силових параметрів процесу відокремлення блоків шпуровими методами. Спільним для цих методик розрахунку є врахування геометричних параметрів процесу руйнування гірських порід, оскільки вони є не менш важливими, ніж фізико-технічні властивості каменю. Розроблені рядом авторів методики розрахунку є наближеними та потребують уточнення при дослідно-промисловій розробці в умовах конкретного родовища. Наявні розрахунки передбачають ідеалізовані геометричні параметри з точним дотриманням орієнтації осей шпурів щодо площини наміченого відколу. Зазначені методики не враховують можливі діапазони допустимих змін параметрів шпурів, що потребує проведення додаткових досліджень з визначення рівня достатньої точності проведення бурових робіт. У сучасних умовах технології буріння стрічки шпурів при підготовці блоків каменю до виймання основним чинником, який суттєво впливає на якість виконання цієї операції, є азимутальні та зенітні кути нахилу осей шпурів. При цьому першочерговий вплив на якість відколу справляє азимутальний кут орієнтації шпуру. Найбільш небажаним для процесу відколу є азимутальний нахил шпура по відношенню до лінії відколу на 90° , оскільки за такого значення якість буріння буде погіршуватися, починаючи вже від $0,21^\circ$ нахилу зенітного кута. При діапазоні азимутального кута від 0 до $5,5^\circ$ вплив відхилення зенітного кута на якість буріння майже нівелюється і тому ці значення є рекомендованими для технології процесу буріння. Зенітне відхилення шпуру в площині відколу ($\varphi=0^\circ$) не зменшує значення рівня ослаблення площини відколу та з точки зору силових параметрів процесу не здійснює відчутного впливу на ефективність відколу каменю статичними методами.

Ключові слова: шпури, блоки, природний камінь, буріння, азимутальні та зенітні кути, технологічні операції.

Проблема та її зв'язок з науковими й практичними завданнями. Стадія підготовки монолітів до відокремлення в кар'єрі блочного облицювального каменю шпуровими методами є важливим етапом розробки корисної копалини. Саме на цьому етапі значною мірою визначається подальша ефективність та продуктивність виконання основних операцій. Підготовка моноліту до видобування полягає у розмітці та бурінні стрічки рівних вертикальних шпурів невеликого діаметру з подальшим розколом по цій лінії різними методами. У практиці бурових робіт досягти абсолютного значення вертикальності шпурів досить складно. На це впливає ряд геологічних та технологічних факторів процесу буріння. В результаті отримується стрічка, шпури якої не знаходяться повністю в площині наміченого відколу, що зумовлює зменшення якості видобутої сировини.

Аналіз досліджень і публікацій. Питаннями, пов'язаними з розрахунками й оцінкою впливу параметрів підготовки кам'яних блоків та монолітів на результати їх видобування займалися такі вчені, як М.Т. Бакка [1], Ю.Г. Карасьов [2], К.К. Ткачук [3], Р.В. Соболевський [4], О.О. Кісель [5], О.Б. Синельников [6], а також ряд інших дослідників.

Проведений аналіз літературних джерел вказує на наявність значної кількості емпіричних формул, за якими здійснюється визначення та розрахунок основних геометричних і силових параметрів процесу відокремлення блоків шпуровими методами [7-10].

Спільним для цих методик розрахунку є врахування геометричних параметрів процесу руйнування гірських порід, оскільки вони є не менш важливими, ніж фізико-технічні властивості каменю.

Розроблені рядом авторів методики розрахунку є наближеними та потребують уточнення при дослідно-промисловій розробці в умовах конкретного родовища [11-15].

Наявні розрахунки передбачають ідеалізовані геометричні параметри з точним дотриманням орієнтації осей шпурів щодо площини наміченого відколу. Зазначені методики не враховують можливі діапазони допустимих змін параметрів шпурів, що потребує проведення додаткових досліджень з визначення рівня достатньої точності проведення бурових робіт.

Постановка завдання. Дослідження питань забезпечення якості виконання бурових робіт у розглянутому контексті зводиться до встановлення основних показників, за якими стає можливим оцінити цю якість не тільки з суто фізичної точки зору, але й наслідки для оптимізації подальших операцій.

Для цього потрібно встановити зведений показник, що буде відображати рівень підготовки блоку до відколу не лише за критерієм геометричної якості блоку, але й з точки зору ефективності та максимальної відповідності створюваних умов для якісного відколу.

Досить важливим є обґрунтування допустимих значень азимутальних та зенітних кутів відхилення осей шпурів в стрічці шпурів на геометричні й технологічні параметри відокремлення каменю шпуровими методами.

Також необхідно дослідити вплив діаметру шпура на допустимі значення кута його відхилення, як способу коригування похибок у проведенні бурових робіт.

Викладення матеріалу та результати. Зведений показник, що характеризує в цілому геометричний параметр руйнування, є питома величина послаблення порід шпурами [5] (1)

$$U=zd/S \quad (1)$$

де z - сумарна довжина шпурів, пробурених у площині розколювання, м; d - діаметр шпуру, м; S - площа відколу, $L \times H$, м, L - довжина моноліту, м; H - висота моноліту, м.

Кількість шпурів по лінії розколу визначається, як $z=Lhk_n/l_w$, де l_w - крок буріння шпурів, м; k_n - коефіцієнт нерівномірності буріння, 0,9.

На практиці стрічка шпурів, пробурених в близькій до вертикальної площині відколу, з причини деякого нахилу їх осі, буде перетинати намічену площину лише частково і тільки у випадку нахилу шпура вздовж наміченої лінії відколу, його переріз по усій довжині буде лишатися у цій площині (рис. 1).

Отже, питома величина послаблення по наміченій площині відколу при підготовці моноліту до видобування буде мати менше значення, ніж розрахункове, що, звичайно, вплине на результати відколу блоку.

Тому дану величину, як загальний показник якості буріння, можна приймати за критерій ефективності розглянутого виду бурових робіт.

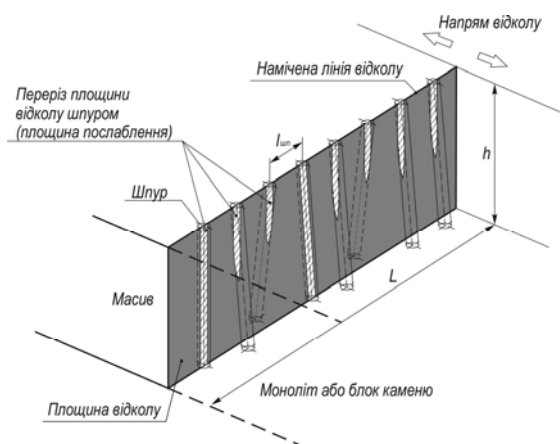


Рис. 1. Схема перетину стрічки шпурів з наміченою площиною відколу

Відповідно до рис 1, довжина перерізу шпура, що знаходиться на лінії відколу у випадку нахилу його осі в напрямі, перпендикулярному до лінії відколу, буде становити (2)

$$l' = \frac{d}{2 \tan \theta} U = zd/S \quad (2)$$

де θ - зенітний кут нахилу осі шпура, град.

У випадку відхилення шпура в довільному напрямку, не залежному від наміченої лінії відколу, необхідно враховувати не тільки

зенітний кут нахилу осі шпура θ , але й азимутальний кут, діаметр шпура та його довжину. З цією метою скористаємося розрахунковою схемою, зображеною на рис. 2.

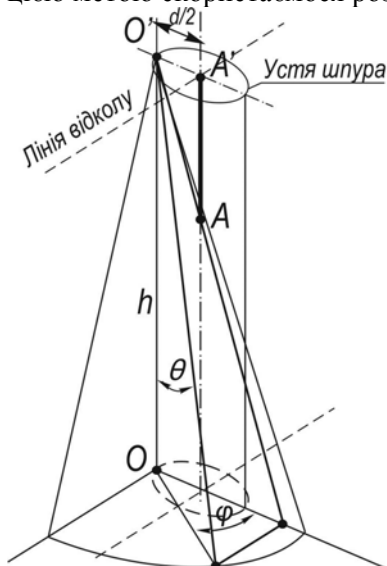


Рис. 2. Схема до визначення довжини лінії перетину шпура з площиною відколу каменю

Відрізок AA' на рис. 2 є довжиною перетину шпура лінією наміченого відколу, що визначається залежністю (3)

$$l' = \frac{d}{2 \cos \varphi \cdot \tan \theta} \quad (3)$$

де φ - азимутальний кут відхилення шпура, який по відношенню до азимутального кута лінії відколу буде кратним 90° .

Необхідним є встановлення мінімального значення зенітного кута, за якого шпур буде перетинати площину відколу на усій його довжині, незалежно від значення азимутального кута. Дане значення можливо знайти шляхом вираження зенітного кута з формули (2), а саме (4)

$$\theta = \arctan(d/2h) \quad (4)$$

Тобто, у випадку висоти видобувного уступу 6 м та діаметрів бурових коронок 36, 38, 42, 45 мм, значення цих кутів будуть становити відповідно $0,17^\circ$; $0,18^\circ$; $0,2^\circ$; $0,215^\circ$. Дані відхилення осі шпурів є незначними та намагатися виконувати буріння з точністю, більшу за вказані значення, не має сенсу, оскільки це не вплине на товарну якість відколу блока та призведе до непродуктивних витрат часу на високопрецизійне регулювання установки й бурового інструменту.

Як було вказано вище, найбільш несприятливим відхиленням осі шпура за азимутальним кутом є його перпендикулярне положення до лінії відколу. Дослідження щодо впливу на якість подальших операцій буріння стрічки шпурів при підготовці каменю до виймання необхідно здійснити в діапазонах буріння стрічки шпурів за азимутальним кутом в діапазоні від 0° до 90° по відношенню до лінії відколу. Аналогічно, як і в першому випадку, встановлено значення довжин лінії шпура, яка проходить по лінії відколу при різних зенітних та азимутальних кутах і діаметрі бурової коронки (шпура) 42 мм. З цією метою було виконано розрахунок за формулою (2) значень кута зенітного відхилення осі шпура від $0,215^\circ$ до $2,3^\circ$ та азимутального кута від 0° до $84,5^\circ$.

При аналізі проведених розрахунків за одержаними формулами чітко прослідковується залежність довжини лінії шпура, що перетинає намічену площину відколу, від значення азимутального кута відхилення. Значенню азимутального кута $\varphi=0^\circ$ відповідає значення різниці між абсолютним значенням азимуту кута повороту лінії відколу та лінії нахилу шпура в 90° .

Збільшенням азимутального кута нахилу осі шпура вдається збільшити поріг впливу зенітного кута на довжину шпура. При $\varphi=70^\circ$ цей поріг збільшується з $0,215^\circ$ до $0,7^\circ$, при $\varphi=84,5^\circ$ плив зенітного кута на довжину шпура в площині лінії наміченого відколу починається зі значень 2° .

При виконанні бурових робіт, якість підготовки до відколу каменю передусім залежить від площини наміченого відколу, основна характеристика якої – це питома величина ослаблення площини відколу шпурами. Як доведено виконаними розрахунками, ця величина значно залежить від кута нахилу свердловини не тільки за зенітним, але й за азимутальним кутами.

За типових параметрів стрічки шпурів при відокремленні моноліту висотою 6 м, довжиною 8 м та параметрах відокремлення: діаметр шпура - 42 мм, довжина шпуру - дорівнює висоті моноліту 6 м та відстані між шпурами 0,2 м, згідно з формулою (1), питома величина ослаблення буде становити $U=0,21$ за умови вертикальності шпурів. У реальній виробничій ситуації буріння, усі шпури будуть мати різні значення відхилень від вертикалі, що буде спричиняти зменшення величини ослаблення площини відколу, яке залежатиме від азимутального φ та зенітного θ кутів нахилу осей шпурів в стрічці (рис. 3)

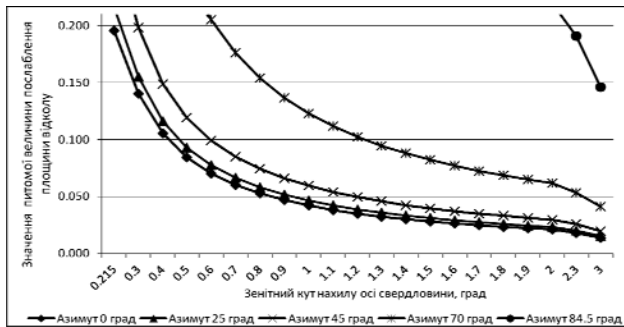


Рис. 3. Графіки залежності значення питомої величини послаблення площини відколу від азимутальних та зенітних кутів відхилення осей шпурів

Виходячи з того, що викривлення шпура буде залежати від кута падіння субгоризонтальної тріщини, важливим є встановлення відповідного напрямку робіт (лінії відколу). Співпадіння лінії відколу з напрямом падіння субгоризонтальних тріщин забезпечить дотримання шпурів в

одній субвертикальній площині та номінальне значення питомої площини ослаблення при відколі каменю.

Відхилення шпура від вертикалі призводить до зниження сил відколу які діють в горизонтальній площині. Величина цих сил буде проекцією на горизонтальну площину та залежатиме від кута нахилу осей шпура. Вона буде становити

$$P' = P \cos \theta.$$

Оскільки у більшості випадків значення θ не перевищує 5, то сила відколу шпура при його нахилі в площині відколу буде змінюватися на мізерну величину, нею можна знехтувати.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У сучасних умовах технології буріння стрічки шпурів при підготовці блоків каменю до виймання основним чинником якості виконання цієї операції є азимутальний та зенітні кути нахилу осей шпурів. При цьому першочерговий вплив на якість відколу справляє азимутальний кут субвертикальної орієнтації шпуру.

Найбільш небажаним для процесу відколу є азимутальний нахил по відношенню до лінії відколу на 90° , оскільки за такого значення якість буріння буде погіршуватися, починаючи вже від $0,21^\circ$ нахилу зенітного кута. При діапазоні азимутального кута від 0 до $5,5^\circ$ вплив відхилення зенітного кута на якість буріння майже нівелюється, тому ці значення є рекомендованими для технології буріння. Зенітне відхилення шпура в площині відколу ($\varphi=0^\circ$) не зменшує значення величини ослаблення площини відколу та з точки зору силових параметрів процесу не справляє відчутного впливу на ефективність відколу каменю статичними методами.

Список літератури

1. Бакка М.Т. Видобування природного каменю. Ч. 2. Технологія та комплексна механізація видобування природного каменю / М.Т. Бакка, О.Х. Кузьменко, Л.С. Сачков. – К. : ІСДО, 1994. – 448 с.
2. Карасев Ю.Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня / Ю.Г. Карасев, Н.Т. Бакка. – С-Пб. : Санкт-Петербургский горный институт, 1997. – 428 с.
3. Ткачук К.К., Гребенюк Т.В. Откол каменных блоков с помощью статической нагрузки // Проблемы недропользования. Международный форум – конкурс молодых ученых. Сб. науч. трудов. Часть 1. Санкт-Петербург, 2012. – С 82 – 85.
4. Соболевський Р. В. Оптимізація визначення напрямку розвитку гірничих робіт на кар'єрах декоративного каменю на основі впровадження методики оцінки виходу косокутних блоків // Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. – 2005. – № 32. – С. 163–168.
5. Кісель О.О., Шоломицький А.А. Залежність частоти діагонального відколювання і втрат декоративного каменю від граничної висоти моноліту при використанні буроклинового методу / Вісник ЖДТУ // Технічні науки. – № 45 (II). – Житомир. – 2008. – С. 160–164.
6. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня / О.Б. Синельников. – М. : РАСХН, 2005. – С 93–108.

7. **Бычков Г.В.** Направления повышения эффективности технологий добычи и обработки природного камня на Урале: Дисс. д-ра техн. наук. 25.00.22. Екатеринбург: УГГА, 2003. - 385 с.
8. **Бакка Н.Т.** Разработка технологии и комплексов оборудования добычи блоков из высокопрочных трещиноватых пород: Дис. докт. техн. наук: 05.15.03. - Житомир, 1986. - 337 с.
9. **Кожунина Л.В.** Выбор рациональных технологических параметров при подготовке к выемке блочного камня: Автореф. дис. канд. техн. наук. 25.00.22. Екатеринбург, 2006. - С. 18.
10. **Анощенко Н.Н.** Геометрический анализ трещиноватости и блочности месторождений облицовочного камня. - М.: МГИ, 1983. - 37 с.
11. **Косолапов А.И.** Технология добычи облицовочного камня. - Красноярск: Изд-во Красноярск, ун-та, 1990. 190 с.
12. **Карасев Ю.Г.** Технология горных работ на карьерах облицовочного камня. - М.: Недра, 1995. - 112 с.
13. **Карасев Ю.Г.** Формирование технологии горных работ по структурно-технологическим зонам на карьерах облицовочного камня высокой прочности: Дисс. докт. техн. наук: 05.15.03 - М., 1995. - 316 с.
14. **Мячина Н.Н., Родак С.Н., Сердюк А.И.** Новые методы разрушения и механика горных пород. - К.: Наукова думка, 1981. - 67 с.
15. **Ткачук К.Н., Фоменко О.І.** Методика визначення технологічних параметрів видобутку гранітних блоків невибуховими методами / К.Н. Ткачук, // Сб. науч. трудов НИГРИ. –2009. – С. 112–117.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 622.87 :613.6.06

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф., Д.П. ЗАЙКІНА, аспірант
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ПРОФЕСІЙНОЇ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ КРИВБАСУ

Сучасна технологія підземного і відкритого видобутку руди, виробництва металу неминуче пов'язана з забрудненням повітря робочої зони шкідливими речовинами, наявністю на робочих місцях шумо- і вібронебезпечного обладнання, немеханізованого або маломеханізованого трудового процесу.

Необхідно відзначити, що динаміка професійної захворюваності не проглядається певною тенденцією до зниження або до збільшення, що затрудняє виявлення основних, можливо прихованих, причин явища. Статистика свідчить, що отримують професійні захворювання, здебільшого, працівники, що мають вік за 40 років, стаж роботи яких, в гірничій промисловості, перевищує 15-20 років і зайняті управлінням або обслуговуванням гірничо-транспортного обладнання, що вичерпав ресурс роботи.

Рівень професійної захворюваності по місту значно перевищує аналогічні показники захворюваності по Дніпропетровській області та Україні.

Вимагають вирішення основні проблемні питання професійної захворюваності: поліпшення умов праці на виробництві шляхом впровадження сучасних технологій; залучення наукового потенціалу міста до вирішення проблемних питань поліпшення умов праці; розробку сучасних комплексних планів оздоровчих заходів на виробництві з урахуванням конкретних показників професійної захворюваності; підвищення якості профпатологічної допомоги працюючому населенню міста.

Ключові слова: сучасні технології, професійна патологія, гірничовидобувні підприємства, шкідливі умови праці.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Професійні захворювання - це патологія, яка виникає під впливом несприятливих факторів виробничого середовища і трудового процесу [1-10]. Питома вага професійної патології серед інших нозологічних форм захворювань значно нижче, однак це не зменшує її соціальне значення.

Виникнення захворювання в працездатному віці веде не тільки до зниження трудового потенціалу працівника, а й до ряду соціальних, моральних і економічних аспектів. Нерідко розвиток професійної патології призводить до стійкого обмеження життєдіяльності пацієнта.

Аналіз досліджень та публікацій. Проведено аналіз професійної захворюваності за період з 2007 до 2014 рр. на гірничовидобувних підприємствах Кривбасу з типовим технологічним процесом, виробничими ділянками (цехами) та обладнанням, характерними для даної галузі виробництва. Матеріалами для запропонованого аналізу були дані Державної служби статистики України та науково-виробничого журналу «На допомогу спеціалісту з охорони праці». Усі дані про професійної захворюваності представлені відносними величинами (на 10 тис. працівників) [1-10].

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз професійної захворюваності на гірничодобувних підприємствах, визначення професійних, вікових та стажевих контингентів працюючих, що вносять основний внесок у формування професійної захворюваності.

Викладення матеріалів та результати. За даними Державної служби статистики України, загалом в країні кожний четвертий працівник (24,7 %) працює в умовах, які не відповідають гігієнічним нормативам за параметрами вмісту в повітрі робочої зони, вібрації, шуму, ультра- та інфразвуку, іонізуючого випромінювання, несприятливого виробничого мікроклімату, важкості та напруженості праці, тощо. Враховуючі те, що професійні захворювання частіше виникають у віці 40-50 років при стажі роботи 10-15 років, то працівники частіше втрачають працездатність в межах робочого віку.

Сучасна технологія підземного та відкритого видобутку, переробки залізної руди, виробництва металу неминуче пов'язана з забрудненням повітря робочої зони шкідливими речовинами, наявності на робочих місцях шумо- та вібронезбезпечного виробничого обладнання, низьким рівнем механізації та автоматизації виробництва. Тому, згідно даних оперативних інформацій за результатами проведення періодичних медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці за 2011-2012 рр. місту Кривому Рогу в шкідливих умовах праці на промислових підприємствах Кривбасу працює 62 тисячі робітників, з них більше 13 тисяч жінок, що складає 46 % від загальної кількості працюючих на промислових підприємствах міста. Зокрема, в умовах підвищеної запиленості працює 22-23 %, підвищених рівнів шуму - 25-27%, вібрації - 7 %, в умовах несприятливого мікроклімату - 12,4 %, перевищень хімічних речовин - 7-8 %, важкості та напруженості трудового процесу - 22-23 %. Крім того, простежується комбінований вплив вищевказаних виробничих факторів, що посилює їх шкідливі властивості. У середньому на промислових підприємствах міста кожний робітник працює в умовах перевищень не менш як трьох різних факторів виробничого середовища та трудового процесу [1-10].

Таблиця 1

Професійні захворювання за 2007-2012 рр.

Найменування показника	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Разом
Усього встановлено професійних захворювань	468	506	816	566	610	469	3435
Виявленим при періодичних медичних оглядах	370	373	291	278	260	241	1813
% виявлених при періодичних медичних оглядах	79	73	36	49	42	51	53
Виявленим при самозверненні у ЗОЗ міста	98	136	525	288	350	228	1625
% виявлених при самозверненні у ЗОЗ міста	21	27	64	51	58	49	47

Як свідчать дані (табл. 1) за останні шість років у місті Кривому Розі встановлено 3435 випадків професійних захворювань.

Із них 1813 професійних захворювань, тобто 53,0 % виявлено при проведенні періодичних медичних оглядів, тобто при наданні обов'язкових спеціалізованих профпатологічних медичних послуг регламентованих Законом України „Про охорону праці” від 14.10.1992 року № 2695 -XII (із змінами).

1625 професійних захворювань тобто 47,0 % виявлено при їх самозверненні у заклади охорони здоров'я міста, згідно Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві», від 30.11.2011 року №1232.

Ці дані свідчать, що якість проведення періодичних медичних оглядів працівникам, зайнятим у шкідливих (3 клас) та небезпечних (4 клас) умовах праці, які викликають професійні захворювання за останні шість років дуже низька.

Проведений статистичний аналіз стану промислової безпеки за період 2007-2014 рр. свідчить, що в Україні триває стійка тенденція зниження рівня смертельного і загально-го травматизму, в той час як рівень професійної захворюваності продовжує зростати (рис. 1, табл. 2), причому відзначається значне ускладнення первинно виявленої патології та переваги виражених важких форм професійних захворювань [1].

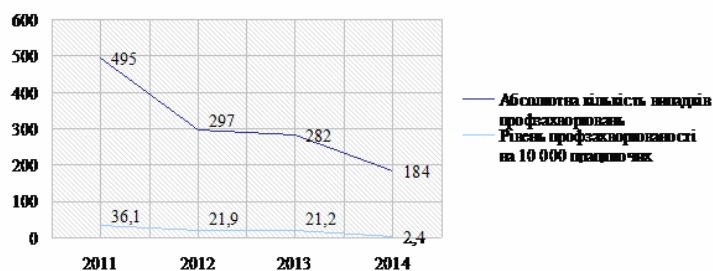


Рис. 1 - Динаміка професійної захворюваності по місту Кривому Рогу за 2011-2013 роки, 1 півріччя 2014 року

Всього за період 2011-2013 роки та 1-е півріччя 2014 року по місту Кривий Ріг зареєстровано 1258 випадків професійних захворювань на які припадає 1602 нозологічних форм професійної

патології (табл. 3, 4).

Найбільша кількість випадків виявлена на найбільш великих підприємствах міста - ПАТ «Криворіжзалізрудком», ПАТ «Північний гірничозбагачувальний комбінат», ПАТ «ЄВРАЗ Суха Балка», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (табл. 5,6).

У структурі професійної захворюваності робітників пром підприємств міста за останні 3 роки провідні місця займають хвороби органів дихання (1-е рангове місце), кістково-м'язової системи (2-е рангове місце), патологія органів слуху та вібраційна хвороба (3-е рангове місце).

Професійні захворювання зареєстровані у 1258 осіб, при цьому по нозологічним формам захворювань зареєстровано 1602 випадків профзахворювань, в зв'язку з тим, що в деяких захворюлих Український НДІ промислової медицини виставив по два-три випадки профзахворювання.

При організації поточного санітарного нагляду за промисловими підприємствами міста особливу увагу приділяю цехам та дільницям, на яких реєструються професійні захворювання.

Таблиця 2

Динаміка розвитку професійної захворюваності робітників промислових підприємств міста Кривого Рогу за 2011-2013 роки, 1 -е півріччя 2014 року

Роки	Кількість випадків (абсолютні показники)	Кількість нозологічних випадків	Інтенсивний показник на 10 000 працюючих
2011	495	411	36,1
2012	297	405	21,9
2013	282	470	21,2
2014	184	316	3,4

Аналіз професійної захворюваності за останні 3 роки свідчить про відсутність стабільної тенденції щодо росту або зниження її.

Таблиця 3

Стан профзахворюваності за I півріччя 2014 року порівняно з I півріччям 2013 року(рівень на 1000 працюючих)

Професійні захворювання	По шахтах			По гірничо-рудній			По місту		
	I півріччя 2013р	I півріччя 2014р	%	I півріччя 2013р	I півріччя 2014р	%	I півріччя 2013р	I півріччя 2014р	%
Силікоз	0,5	0,2	-60,0	0,2	0,09	-55,5	0,05	0,04	-20,0
Віброхвороба	0,3	0,5	+66,6	0,7	0,6	-14,3	0,33	0,3	-9,1
Хр.пил. бронхіт	7,3	7,9	+8,2	2,2	2,1	-4,6	1,0	1,0	-
Нейросенсорна приглухуватість	3,3	2,8	-15,2	1,0	0,7	-30,0	0,4	0,3	-25,0
ТНТ-катаракта	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П/к полірадикулопатія	6,5	5,7	-12,4	1,4	1,2	-14,3	0,6	0,5	-16,7
ВСП	1,3	1,3	-	0,2	0,2	-	0,09	0,09	-
Дефартроз	0,5	-	-	0,1	0,03	-70,0	0,05	0,01	-80,0
Інші	-	0,1	-	-	0,01	-	-	0,02	-
Всього	19,8	18,5	-6,6	5,8	5,02	-13,5	2,6	2,4	-7,7

Таблиця 4

Стан профзахворюваності за 2013 рік порівняно з 2012 роком (абсолютні значення)

Професійне захворювання	По шахтах			По гірничорудній			По місту		
	2012 р.	2013р.	%	2012 р.	2013 р.	%	2012р.	2013р.	%
Силікоз	7	5	-28,6	14	8	-42,9	20	10	-50
Віброхвороба	2	5	+150	35	52	+48,5	40	64	+60
Хронічний пиловий бронхіт	106	101	-4,8	181	153	-15,5	207	188	-9,8
Нейросенсорна приглухуватість	17	31	+82,3	40	59	+47,5	51	71	+39,2
ТНТ-катаракта	-	-	-	-	-	-	2	1	-50
П/к полірадикулопатія	74	83	+12,1	114	99	-13,2	131	113	-13,8
ВСП	4	18	+350	5	18	+260	6	18	+200
Дефартроз	2	3	+50	3	3	-	4	5	+25
Інші	-	3	-	-	5	-	8	9	+12,5
ВСЬОГО	212	249	+17,4	392	397	+1,2	469	479	+2,1

Таблиця 5

Стан профзахворюваності за 2013 рік в порівнянні з 2012 роком (рівень на 1000 працюючих).

Професійне захворювання	По шахтах			По гірничорудній			По місту		
	%	2012 р.	2013 р.	%	2012 р.	2013 р.	%	2012 р.	2013 р.
Силікоз	0,05	0,04	-20	0,1	0,05	-50	0,14	0,07	-50
Віброхвороба	0,01	0,04	+300	0,2	0,38	+90	0,29	0,47	+62
Хронічний пиловий бронхіт	0,78	0,75	-3,9	1,34	1,12	-16,5	1,52	1,38	-10
Нейросенсорна приглухуватість	0,1	0,2	+100	0,3	0,4	+33,3	0,37	0,52	+40,5
ТНТ-катаракта	-	-	-	-	-	-	0,01	0,007	-30
П/к полірадикулопатія	0,5	0,61	+22	0,84	0,73	-13,1	0,96	0,8	-16,7
ВСП	0,02	0,13	+550	0,04	0,13	+225	0,04	0,13	+225
Дефартроз	0,01	0,02	+100	0,02	0,02	-	0,02	0,03	+50
Інші	-	0,02	-	-	0,04	-	0,05	0,06	+20
Професійне захворювання	1,5	1,8	+20	2,89	2,9	+0,3	3,45	3,53	+2

Таблиця 6

Стан профзахворюваності за I півріччя 2014 року в розрізі промпідприємств міста (рівень на 1000 працюючих)

Промпідприємства	Силікоз	Віброхвороба	Хронічний пиловий бронхіт	Н/с приглухуватість	ТНТ-катаракта	П/к радикулопатія	ВСП	Дефартроз	Інші	Всього
ш. Леніна	-	1,2	6,39	1,27	-	6,39	2,5	-	-	17,9
ш. Орджонікідзе	-	1,8	24,5	13,2	-	15,1	3,7	-	-	58,6
ш. Гвардійська	-	-	12,4	2,48	-	8,7	2,4	-	-	26,1
ш. Жовтнева	-	-	4,4	2,6	-	0,8	-	-	-	7,9
ш. Батьківщина	-	-	15	8,8	-	17,5	3,8	-	-	45,0
ш. Гігант	-	-	2,9	-	-	2,9	-	-	-	5,7
ПАТ «СВРАЗ СУХА БАЛКА»	0,57	0,9	5,9	1,1	--	4,0	0,5	-	0,3	13,3
ШБУ КЗРК	-	-	5,8	2,8	-	-	-	-	-	8,4
Ш. Артем (АМКР)	-	-	-	-	-	2,9	-	-	-	2,9
Ш. Прохідницька (АМКР)	-	-	2,9	-	-	2,9	2,9	-	-	8,6
По шахтам	0,2	0,5	7,9	2,8	-	5,7	1,3	-	0,1	18,5
ВАТ «Південний ГЗК»	-	0,6	0,9	-	-	0,1	-	-	-	1,7
ПАТ «ЦГЗК»	-	0,4	0,8	0,4	-	-	-	0,2	-	1,8
ПАТ «Північний ГЗК»	0,1	2,0	2,8	0,8	-	0,5	-	-	-	5,7
ВАТ «ІнГЗК»	0,2	0,3	0,5	0,2	-	0,2	-	0,1	-	1,5
КШП	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КШС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ПАТ «КЗРК», інші	-	-	0,5	0,1	-	0,3	-	-	-	0,9
ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча ГЗК «Укрмеханобр	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
По гірничорудній	0,09	0,6	2,1	0,7	-	1,2	0,2	0,03	0,01	5,02
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», у т.ч.	-	0,3	0,3	0,1	-	0,2	-	-	-	0,9
металургійне виробництво	-	0,3	0,3	0,1	-	0,2	-	-	-	0,9
коксхімічне виробництво	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ГЗК	-	0,1	0,2	0,1	-	-	-	-	-	0,4
ПАТ «Хейдельберг Цемент»	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Інші	0,1	0,4	1,0	0,4	-	0,6	-	-	0,2	2,7
Всього	0,04	0,3	1,0	0,3	-	0,5	0,09	0,01	0,02	2,4

Однак, при великому обсязі вирішених питань, у тому числі забезпечення робочих спецодег та спецвзуттям, по місту Кривому Рогу проблемними залишаються :

- неповна герметизація місць перепаду руд з конвєсєрів на живильники в шахтах;
- непрацюючі системи аспирації на дробильно-сортувальних фабриках шахт;
- відсутність зрошення при видобувних роботах в шахтах, відвантаженні руди у кар'єрах.

Важливим також є професійний підхід до питань планування оздоровчих заходів керівниками промислових підприємств, а саме:

нажаль , лише 60 % заходів з запланованих, мають гігієнічний ефект зниження впливу виробничих факторів;

часто плануються заходи, виконання яких є обов'язковим згідно діючого законодавства в сфері охорони праці, наприклад, використання засобів індивідуального захисту, проходження періодичних медичних оглядів, проведення відомчого лабораторно-інструментального контролю, тощо;

в основі планування оздоровчих заходів знаходяться не показники професійної захворюваності;

до планування оздоровчих заходів мало залучається науковий потенціал міста [1-10].

Висновок. Успішне вирішення питань профілактики професійних захворювань значною мірою залежить від злагодженої роботи усіх ланок - від роботодавця до лікувально-профілактичних закладів, закладів держсанепідслужби та наукових установ. А також: проведення лікування: амбулаторного, стаціонарного, санаторно-курортного кожного хворого працівника; проведення диспансерного нагляду та медичної реабілітації кожного хворого працівника; раціональне працевлаштування кожного працівника за станом здоров'я; оздоровлення хворих працівників у санаторіях-профілакторіях та будинках відпочинку; дієтичне харчування працівників хворих на хронічні захворювання, проведення попередніх та періодичних медичних оглядів робочих шкідливих професій, які направлені на раннє виявлення загальної, парaproфесійної, професійної патології.

Розробка та запровадження заходів щодо оздоровлення умов праці і профілактики захворювань працівників має бути ключовим етапом у реалізації пріоритетних напрямків державної політики в галузі гігієни праці та соціального захисту працюючого населення [1-10].

Список літератури

1. Державна служба статистики України // <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. «На допомогу спеціалісту з охорони праці»: Наук. - виробн. журнал. К.: ДП «Редакція журналу «Охорона праці» . - 2007-2015. - №№1-12.
3. **Риженко С.А., Лисий А.Ю., Капшук В.Г., Грузін І.І., Ткач Л.А.** Особливості професійної захворюваності опорно-рухового апарату робочих промислових підприємств Кривбасу. Матеріали науково-практичної конференції з нагоди 85-річчя кафедри гігієни праці і професійних хвороб НМУ ім. **О.О. Богомольця** та 120-річчя від дня народження професора **В.Я. Підгасцького** «Пріоритетні проблеми гігієни праці, професійної та виробничо-зумовленої захворюваності в Україні» . Київ, 2008.
4. **Риженко С.А., Лисий А.Ю., Грузін І.І., Погорєлова Л.О., Слюта Т.В., Ткач Л.А., Громик Т.М.** До питання оптимізації моніторингу шкідливих речовин в виробничих приміщеннях промислових підприємств Кривбасу. Сб. матеріалів 12-ї итогової регіональної конференції. Епідеміологія, екологія і гігієна. Харків, 2009.
5. **Глембоцька А.** Своєчасне запобігання профзахворюванням у сучасних реаліях. СЕС.Профілактична медицина, Київ, № 2. - 2011.

6. **Ткач Л.А.** Проблемні питання професійної захворюваності працівників промислових підприємств Кривбасу: Медицина праці та профпатології. - Кривий Ріг.

7. <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-professionalnoy-zabolevaemosti-i-proizvodstvennogo-travmatizma-gornometallurgicheskogo-kompleksa#ixzz3z8Y3tXOg>

8. Environment, Health and Safety Committee OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS http://www.rsc.org/images/Occupational-Health-and-Safety-Management-Systems_tcm18-240421.pdf

9. <http://www.hse.gov.uk/statistics/overall/hssh1415.pdf>

10. http://dnop.kiev.ua/web/index.php?option=com_content&task=view&id=6387&Itemid=137

Рукопис подано до редакції

УДК 001.57: 681.5.015

А.М. МАЦУЙ, канд. техн. наук, доц., Кіровоградський національний технічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗТАШУВАННЯ МАТЕРІАЛУ ВЗДОВЖ ПІСКОВОГО ТІЛА СПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРА

Відсутність достатньо точної уяви про закономірність розташування матеріалу між двома сусідніми витками спіралі класифікатора (піскового тіла) стримує підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди, що стає причиною значних економічних збитків в наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки. Розв'язання даної науково-технічної задачі складає актуальність даної публікації. Її метою є розроблення підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора. Піскове тіло механічного спірального класифікатора можна подати як складене з частин циліндра і зрізаної піраміди, яка знаходиться зверху. Можливість точного визначення об'єму цих складових гарантує отримання високої точності вимірювання. Визначення об'єму вказаних складових передбачає вимірювання висоти пісків вздовж вертикалі, що проходить через саму нижню точку контакту циліндричної постелі і крайки подаючого витка спіралі. Частину циліндра можна змінювати у цьому ж напрямку на невелику висоту. Тоді піскове тіло можна подати як складене з горизонтальних шарів матеріалу, куди ввійдуть і такі ж шари, що являють собою зрізану піраміду. З іншого боку, піскове тіло можна поділити вертикальними площинами на елементарні складові за його довжиною. У запропонованому підході передбачена можливість визначення об'єму елементарних складових, які створюють вертикальні стовпчики матеріалу, об'єми яких характеризують закономірність розташування пісків вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При малих і середніх значеннях циркулюючого навантаження механічний спіральний класифікатор працює в області піскового тіла, що знаходиться у формі частини циліндра. Якщо циркулююче навантаження збільшується, відбувається перехід в область піскового тіла, що відноситься за формою пісків до зрізаної піраміди. В процесі досліджень запропоновано підхід математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При його обґрунтуванні коректно використовувалися точні аналітичні методи дослідження, що гарантує об'єктивність отриманих результатів. Тому від його використання слід очікувати значного зменшення збитків в процесах рудопідготовки.

Ключові слова: спіральний класифікатор, піски, закономірність розташування, підхід моделювання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відсутність достатньо точної уяви про закономірність розташування матеріалу між двома сусідніми витками спіралі класифікатора (піскового тіла) стримує підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди, що приводить до значних економічних збитків в наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки. Розв'язання даної науково-технічної задачі сприяє удосконаленню технологічного процесу подрібнення твердого і, як наслідок, покращенню ефективності рудопідготовки. Завдяки цьому дана робота спрямована на реалізацію Державної науково-технічної програми «Ресурсозберігаючі технології нового покоління в гірничо-металургійному комплексі», затвердженої Законом України «Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності», за напрямком 5.3.1 «Розробка технологій видобутку та збагачення сировинних матеріалів для металургійного виробництва, в тому числі з використанням відходів виробництва» та планів наукової тематики Кіровоградського національного технічного університету за темою «Моделювання технологічних процесів у механічних спіральних класифікаторах з метою вдосконалення математичних моделей» (0115U003962). Враховуючи, що дана робота спрямована на розв'язання частини згаданої задачі, її тема є актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Автоматизацією перших стадій рудопідготовки як вчені, так і практики займаються давно. Не дивлячись на це, і нині багато питань тут залишаються не розв'язаними. Про це свідчить, зокрема, те, що в останні роки даним процесам приділяється увага. Так, у 2010 р. розглядається ініціалізація гібридної нечіткої моделі замкнутого циклу подрібнення руди [1], у 2013 р. - аналіз методів ідентифікації систем автоматизованого керування технологічними процесами збагачення залізородної сировини [2], у 2014 р. - формування робастного автоматизованого управління замкнутим циклом подрібнення на основі H_{∞} -норми [3] та автоматизація першої стадії подрібнення, класифікації і магнітної сепарації - реальний шлях підвищення ефективності збагачення залізних руд [4], у 2015 р. - формування адаптивного керування процесом подрібнення залізородної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта [5]. Поряд з цим розглядаються матеріали, зв'язані з підвищенням ефективності процесів класифікації подрібненої руди, наприклад [6]. Стимування автоматизації цих процесів в основному викликано їх недостатньою дослідженістю, а також відсутністю надійних засобів контролю технологічних параметрів необхідної точності і вартості [7]. Недоліком можливо рахувати і практичне невикористання об'ємної маси сипких і рідких матеріалів [8]. Спостерігаються поодинокі випадки, коли пропонуються засоби такого типу [9]. У той же час вони можуть бути достатньо ефективними в процесах автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди. Прикладом такого інформаційного засобу може бути пристрій, що реалізує закономірність розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора. Встановити цю закономірність можливо моделюванням процесу. Вивчення цього питання в літературних джерелах галузі збагачення корисних копалин, наприклад [10,11], показало, що такі процеси не моделювалися і методи такого моделювання не розроблялися. У вітчизняних джерелах останніх років [12-14] такі методи також не розглядаються. Подібну ситуацію можливо відмітити і стосовно іноземних джерел [15-19]. Отже, математичним моделюванням закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора та методикою такого моделювання ніхто не займався.

Постановка завдання. Метою даних досліджень є обґрунтування підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора.

Викладення матеріалу та результати. Піскове тіло класифікатора розташовується між двома витками двозахідної спіралі і постіллю, яка створена крупними фракціями пісків і має циліндричну поверхню. Піскове тіло класифікатора має складну форму і здійснює сходження при поступальному переміщенні витка спіралі, що обертається, вздовж циліндричної поверхні постелі. Під сходженням піскового тіла класифікатора будемо мати на увазі об'ємну витрату пісків при перевалюванні їх через розвантажувальний поріг.

Уявлення про витрату пісків класифікатора може дати розгляд піскового тіла у вертикальній і горизонтальній площинах. Розріз піскового тіла у вертикальній площині, що проходить через вісь спіралі, показано на рис. 1.

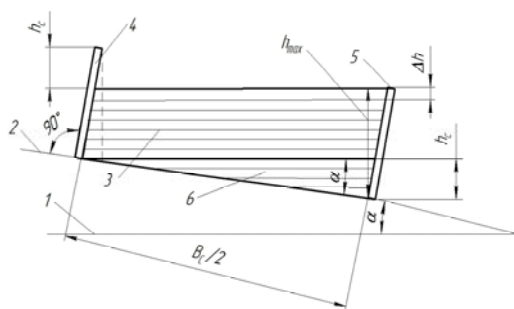


Рис. 1. Розріз піскового тіла у вертикальній площині, що проходить через вісь обертання, при максимальному значенні рівня матеріалу: 1 - горизонталь; 2 - днище класифікатора; 3 - верхня частина піскового тіла; 4,5 - відповідно передній і задній (подаючий) виток спіралі; 6 - нижня частина піскового тіла; α - кут нахилу класифікатора до горизонталі

З аналізу рис. 1 видно, що піскове тіло спірального класифікатора у вертикальній площині складає дві геометричні фігури, які практично незалежні. Тобто, можливо виконати декомпозицію піскового тіла спірального класифікатора на відрізок циліндра

6 і геометричну фігуру 3, яка розташована над ним. При цьому надається можливість досліджувати окремо дані геометричні тіла, а потім, виконавши композицію, отримати загальний результат.

Відрізок циліндра 6 у вертикальній площині буде розповсюджуватись до відмітки h_c , яка дорівнює

$$h_c = \frac{B_c}{2} \sin \alpha, \quad (1)$$

$$F_3E_3 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + 3\Delta h)^2}, \quad (8)$$

$$F_cE_c = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_c)^2}. \quad (9)$$

Довжини ліній контакту пісків і заднього витка спіралі з боку більшого рівня матеріалу відповідно рис. 2 дорівнюють

$$DE = FE / \sin \gamma, \quad (10)$$

$$D_1E_1 = F_1E_1 / \sin \gamma, \quad (11)$$

$$D_2E_2 = F_2E_2 / \sin \gamma, \quad (12)$$

$$D_3E_3 = F_3E_3 / \sin \gamma, \quad (13)$$

$$D_cE_c = F_cE_c / \sin \gamma. \quad (14)$$

Розміри хорд, які характеризують лінію контакту матеріалу з переднім витком, який знаходиться ліворуч у міжвитковому просторі, можливо визначати, враховуючи, що він при найбільшому заповненні матеріалом залишається зверху вільним на висоті h_c (див. рис. 1). Тоді довжина хорди, що відповідає найбільшому завантаженню матеріалу, з урахуванням рис. 1 буде дорівнювати FE (5), у якому вираз в круглих дужках зменшено на h_c , тобто

$$F'E' = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c)^2}. \quad (15)$$

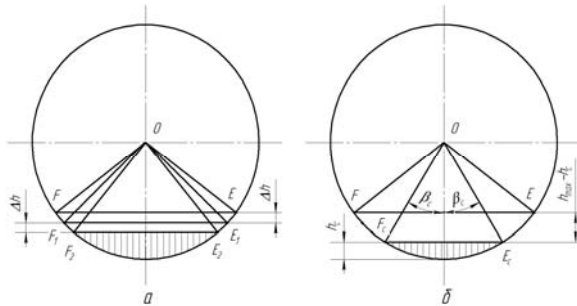


Рис. 4. Положення хорд кола, що відповідає діаметру спіралі класифікатора, при різних рівнях пісків між витками (а) і рівні, який дорівнює h_c (б)

Довжини інших хорд будуть дорівнювати

$$F'_1E'_1 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + \Delta h)^2}, \quad (16)$$

$$F'_2E'_2 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + 2\Delta h)^2}, \quad (17)$$

$$F'_3E'_3 = 2\sqrt{R_c^2 - (R_c - h_e \cos \alpha + h_c + 3\Delta h)^2}, \quad (18)$$

$$F'_cE'_c = 0.$$

Довжини ліній контакту пісків і витка спіралі з боку меншого рівня матеріалу відповідно рис. 2 дорівнюють

$$D'E' = F'E' / \sin \gamma, \quad (19)$$

$$D'_1E'_1 = F'_1E'_1 / \sin \gamma, \quad (20)$$

$$D'_2E'_2 = F'_2E'_2 / \sin \gamma, \quad (21)$$

$$D'_3E'_3 = F'_3E'_3 / \sin \gamma, \quad (22)$$

$$D'_cE'_c = F'_cE'_c / \sin \gamma = 0 \text{ - при визначенні об'ємів викорис-}$$

товувати попереднє значення лінії контакту пісків і витка спіралі.

Визначення об'єму верхньої частини піскового тіла вздовж l за окремими елементарними складовими Δl зводиться до знаходження площі фігур в межах конкретного вертикального стовпчика довжиною Δl з врахуванням усіх шарів матеріалу, перемноження їх на висоту Δh з наступним сумуванням результатів.

Горизонтальний розріз піскового тіла на рівні h_c , де $F'_cE'_c = 0$, не входить у розрахунки верхньої частини піскового тіла. З нього необхідно розпочинати розрахунки стосовно нижньої частини піскового тіла механічного спірального класифікатора.

Моделювання нижньої частини піскового тіла спірального класифікатора є більш складним і його слід розпочинати з першої геометричної фігури горизонтального розрізу на стику двох згаданих частин, яка має форму параболи, обмеженої лінією контакту пісків і заднього витка D_cE_c . Далі форма фігур у перетинах піскового циліндричного тіла повторюється при зменшених розмірах, що відповідають довжині відповідних проєкцій ліній контакту пісків і заднього витка.

Проблемною тут є заміна парабол іншими більш простими геометричними фігурами і зміщення початків цих шарів відносно шарів верхнього піскового тіла. Параболу з прямою замінити трикутною формою недоцільно в наслідок можливої суттєвої похибки. Більш виправданою може бути заміна параболічного елемента трапецієдним. При цьому одночасно з'являється можливість і узгодження початку даної геометричної фігури з початком певного(зміщеного) відрізка Δl . Однак проведення даної операції необхідно виконувати за умов практичної незмінності об'ємів тіл. Елементарні складові піскового тіла довжиною Δl необхідно розташовувати відносно вертикальної площини, що проходить через початок правого витка спіралі і співпадає з вертикаллю h_{\max} (див. рис.1). Ця площина є базовою і від неї ліворуч і праворуч розташовуються у кожному шарі матеріалу елементарні складові довжиною Δl , створюючи вертикальні стовпчики з різним об'ємом пісків.

Нижня частина піскового тіла являє собою відрізок циліндра. Для визначення об'єму відрізка циліндра в [20] запропонована залежність, однак вона призначена для тіл з незмінними параметрами. Виконане удосконалення даної залежності дозволяє використовувати її для змінного параметра, що відповідає умовам формування піскового тіла механічного спірального класифікатора.

В удосконаленій формі дана залежність має вигляд

$$V_{BC} = \frac{R_c^3}{\operatorname{tg} \alpha} \left(\sin \beta - \frac{\sin^3 \beta}{3} - \beta_p \cos \beta \right), \quad (23)$$

де β - половина центрального кута, що опирається на хорду $F_c E_c$ та інші хорди відрізка циліндра (див. рис. 4б); β_p - кут β в радіанах.

Зважаючи на те, що h_c (1) є константою для конкретного механічного спірального класифікатора, вибір величини Δh необхідно розпочинати саме з циліндричного тіла, щоб забезпечити ціле число шарів матеріалу у цій ділянці. Тоді за залежністю (23) можливо визначити об'єм усього відрізка циліндричного тіла, а, зменшивши його висоту на Δh , для тіла висотою $h_c - \Delta h$.

Різниця цих об'ємів дасть об'єм матеріалу, що знаходиться у першому шарі відрізка циліндра. У процесі цих розрахунків буде відомою і величина l_c - довжина циліндричного тіла. Зменшуємо l_c до значення l'_c , коли вона буде відповідати початку певного (наприклад, другого) відрізка (Δl_2). Потім за отриманою висотою трапеції l'_c , відомою основою $F_c E_c$ і розрахунково знайденим об'ємом V_p визначаємо невідому другу основу трапеції b , використовуючи залежність

$$V_p = \frac{b + F_c E_c}{2} \cdot l'_c \Delta h, \quad (24)$$

де b - невідома основа трапеції; Δh - висота шару матеріалу.

За аналогічним підходом визначаємо дані інших трапецій відрізка циліндра, а за цими трапеціями - об'єми матеріалу на окремих ділянках Δl .

Сумуючи всі елементарні об'єми матеріалу за певними Δl , знаходимо закономірність розташування матеріалу на конкретних ділянках довжини нижнього піскового тіла. Знаходячи суми об'ємів матеріалу у відповідних вертикальних стовпчиках обох частин, визначаємо закономірність зміни об'єму пісків вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, запропоновано підхід математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. За допомогою даного підходу можливо встановлювати закономірності розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічних спіральних класифікаторів при дослідженні режимів їх роботи. При обґрунтуванні підходу моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла класифікатора коректно використовувалися точні аналітичні методи дослідження, що гарантує об'єктивність отримуваних результатів.

Проведені теоретичні дослідження являють собою основу для встановлення закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора, що відкриває перспективу підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди та зниження збитків у наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки.

Список літератури

1. Инициализация гибридной нечеткой модели замкнутого цикла измельчения руды / В.С. Моркун, Н.В. Моркун, Н.С.Подгородецкий, А.В. Пикильняк // Вісник КТУ, 2010.- Вип. 26.- С. 290-293.

2. **Тронь В.В.** Аналіз методів ідентифікації систем автоматичного керування технологічними процесами збагачення залізорудної сировини / **В.В. Тронь** // Вісник КНУ, 2013. - Вип. 35. - С. 198-201.
3. **Моркун В.С.** Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_∞ -нормы / **В.С. Моркун, Н.В. Моркун, В.В. Тронь** // Гірничий вісник, Кривий Ріг: КНУ, 2014. - Вип. 98. - С. 83-85.
4. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник КНУ, 2014. - Вип. 36. - С. 275-280.
5. **Тронь В.В.** Формування адаптивного керування процесом подрібнення залізорудної сировини в умовах невизначеності характеристик об'єкта / **В.В. Тронь, К.В. Масвський** // Гірничий вісник. - Кривий Ріг: КНУ, 2015. - Вип. 99. - С. 27-32.
6. **Моркун В.С.** Моделирование процесса классификации железорудной пульпы в гидроциклоне с учетом ее физико-механических характеристик / **В.С. Моркун, В.М. Радионов** // Вісник КНУ. - Кривий Ріг: КНУ, 2012. - Вип. 33. - С. 48-53.
7. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / **Купін А.І.** – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. - 204с.
8. **Луткин Н.И.** Приборы для контроля технологического процесса в потоке / **Н.И. Луткин, К.К. Морар.** - М.: Колос, 1978. - 160 с.
9. А.с. 1530258 СССР, МКИ В 03 В 13/00. Способ определения продуктивности спирального классификатора по пескам / **Е.Ф. Морозов** (СССР). – № 4385577/22-03; заявл. 29.02.88; опубл. 23.12.89, Бюл. № 47.
10. **Шупов Л.П.** Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения / **Шупов Л.П.** - М.: Недра, 1980. - 288 с.
11. **Козин В.З.** Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых / **Козин В.З.** - М.: Недра, 1984. - 112 с.
12. **Кузнецов Ю.М.** Теорія технічних систем / **Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А.**; під заг. ред. **Ю.М. Кузнецова.** - К.-Тернопіль, 1998. - 310 с.
13. Ідентифікація та моделювання технологічних процесів / **[Рожков П.П., Кранобаєв В.А., Фурман І.О. та ін.]**; під заг. ред. **І.О. Фурмана.** - Харків: Факт, 2007. - 240 с.
14. **Дубовой В.М.** Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування / **Дубовой В.М.** - Вінниця: ВНТУ, 2012. - 308 с.
15. **Боголюбов А.Н.** Основы математического моделирования / **Боголюбов А.Н.** - М.: МГУ, 2003. - 136 с.
16. Введение в математическое моделирование: учебн. пособие / **[Ашихмин В.Н., Гитман М.Б., Келлер И.Э. и др.]**; под ред. П.В. Трусова. - М.: Логос, 2005. - 440 с.
17. **Асанов А.З.** Введение в математическое моделирование динамических систем / **Асанов А.З.** - Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2007. - 205 с.
18. **Прудковский Б.А.** Зачем металлургу математические модели? / **Прудковский Б.А.**; отв. Ред. **П.И. Полухин.** - [3^е изд.] - М.: Изд-во ЛКИ, 2010. - 200 с.
19. **Федоткин И.М.** Математическое моделирование технологических процессов / **Федоткин И.М.** – [2^е изд.] - М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2011. - 416с.
20. **Бронштейн И.Н.** Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / **И. Бронштейн, К. Семендяев.** - [8^е изд., стереотипное] - М.: Гос. изд. физ.-мат. лит., 1959. - 608 с.

Рукопис подано до редакції 07.12.15

УДК 621.01: 681.3: 658.5

А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті викладено підхід можливого підвищення ефективності роботи виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій, що відповідає би світовим тенденціям розвитку промисловості та був заснований на максимально-ефективному використанні кадрів, матеріальної бази, програмного забезпечення, площ ВНЗ і підприємства. Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування призводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю. Для вирішення проблеми відсутності єдності програмного забезпечення, та систем управління даними пропонується замінити існуючі системи управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Відмічено, що для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону. Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню

спеціалізацію студентів (деякі студенти стають працівниками підприємства ще до завершення навчання); виконувати курсові проекти і кваліфікаційні роботи за реальною виробничою тематикою; організувати стажування на підприємствах для молодих викладачів. Впровадження цих систем в навчальний процес дає можливість вести навчання на якісно новому рівні та сформувати фахівця високої кваліфікації, здатного орієнтуватися в різноманітних програмних модулях із практичним їх впровадженням на виробництві, яке дає змогу скоротити ресурси, час та підвищити продуктивність роботи.

Ключові слова: комп'ютерні технології, Лоцман:PLM, машинобудування, життєвий цикл виробу.

Проблема і її зв'язок з практичними задачами. Стислі терміни і висока якість технологічної підготовки є ключовими чинниками ефективності сучасного машинобудівного виробництва. У сучасних умовах стрімкого розвитку комп'ютерних технологій, вимог до якості та темпів виробництва нової продукції, що постійно змінюються, управління документами і даними, планування і моніторинг потоків робіт є невід'ємним компонентом ефективної організації процесів конструкторсько-технологічного проектування, підготовки виробництва, функціонування виробничих підрозділів [1].

Сучасні інформаційні технології з невинною швидкістю охоплюють все більші сегменти виробництва і соціальної сфери, і тим самим поглиблюють глобальну конкуренцію. У сучасних ринкових умовах все більш актуальним стає необхідність скорочення виробничих циклів по випуску нових виробів, так як при зростаючій конкуренції необхідно оперативно вирішувати питання розширення і зміни номенклатури продукції, що випускається.

На сьогоднішній день для сучасної промисловості потрібно належним чином переоснащити робочі місця фахівців-виробників з урахуванням розвинутих можливостей обчислювальної техніки та систем автоматизованого проектування. Але використання ліцензійних програмних продуктів для сучасної промисловості є найгострішою проблемою. Вирішення цієї проблеми вимагає значних витрат: необхідність підготовки фахівців, які б володіли комп'ютерними технологіями. При впровадженні автоматизованих інформаційних систем людський фактор значно уповільнює цей процес. Зазвичай виникають конфлікти компетенцій і повноважень. Завжди нові та більш ефективні технології витісняють старі, так як процес розвитку є незворотним. Основна задача полягає в визначенні допустимих витрат при впровадженні цих технологій. Визначитись з пріоритетами в даному випадку - це найголовніше завдання.

Аналіз досліджень та публікацій. Протягом останніх п'яти років виробничі підприємства отримують дохід від порівняно нових виробів, у розмірі близько 30 % [2]. Але такі суперечливі завдання як: просування інновацій, збільшення доходу, дотримання жорстких термінів випуску продукції на ринок і забезпечення її високої якості, доводиться вирішувати для швидкої розробки нової продукції. Вивчення ринку дозволяє виділити наступні цільові показники від впровадження сучасних інформаційних технологій, а саме: зменшення витрат; збільшення ефективності; збільшення швидкості розробки, скорочення термінів; підвищення прибутковості; підвищення конкурентоспроможності підприємства; захист і збереження даних; підвищення якості управління підприємством.

Тенденції переходу на нову якість проектування виробів і технологій привели до появи нового технологічного укладу, заснованого на інтеграції в машинобудуванні всіх етапів робіт і реалізації концепції інформаційної підтримки життєвого циклу виробів (ЖЦВ) при переході самих підприємств на безлюдні технології автоматизованих виробництв. Технологія управління життєвим циклом виробу (PLM - Product Lifecycle Management) приходиться на допомогу вирішення цих проблем. За допомогою цієї технології створюється середовище для наскрізного управління процесами проектування, тестування, виробництва, обслуговування, списування і утилізації продуктів. Передумовою для реалізації концепції ЖЦВ є перехід в процесі проектування від паперової та двомірної електронної документації до твердотілого 3D-моделювання виробів і їх компонентів в САД-середовищах. Створена на етапі проектування віртуальна модель виробу несе в собі інформацію про топології і геометрії деталей і виробу в цілому, фізико-механічні характеристики матеріалу.

У загальному об'ємі усієї трудомісткості підготовки виробництва питому долю складає саме технологічна підготовка виробництва. Ефективність виробництва і якість виробів, що випускаються безпосередньо залежить від того наскільки якісно виконана ця підготовка. В свою чергу до технологічної підготовки виробництва можна віднести наступне: призначення оптимальних заготовок, технологічний контроль креслень, розробку технологічних процесів виготовлення деталей і складальних одиниць по різному виду виробництва, нормування витрати

основних і допоміжних матеріалів, видача завдання на проектування і виготовлення/доопрацювання оснащення, складання план-графіку підготовки виробництва, проектування і виготовлення засобів технологічного оснащення та ін. Досягнути цього можна шляхом автоматизації та створення єдиного інформаційного середовища для конструкторів та технологів і повторного використання компонентів та скорочення термінів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Мета досліджень. Дослідження можливостей підвищення ефективності роботи машинобудівного виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій.

Викладення матеріалу та результати. На підприємствах Криворіжжя відсутня єдність програмного забезпечення, тому при існуючій системі управління даними про виріб не представляється можливим підвищення ефективності роботи підприємств. Відсутність взаємозв'язку між підприємствами, можливості автоматизації підготовки виробництва, технології управління інженерними даними та життєвим циклом виробу стримують розвиток підприємства. Система управління даними, яка використовується на підприємствах не забезпечує наочності, що необхідна, як досвідченим інженерам, так і молодим фахівцям. Відсутність контролю над життєвим циклом виробу, призводить до додаткових витрат.

Для вирішення проблеми пропонується замінити існуючу систему управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Автоматизація підготовки виробництва, технології управління інженерними даними та життєвим циклом виробу - запорука збільшення ефективності роботи підприємства, скорочення кількості помилок при проектуванні і запуску виробу у виробництво, зростання швидкості розробок. В кінцевому рахунку - це джерело підвищення прибутковості [3]. Система ЛОЦМАН:PLM надає користувачам наступні функціональні можливості [4-6]:

забезпечується високопродуктивна і стійка робота при одночасному підключенні необмеженої кількості користувачів;

реалізується зберігання всього комплексу інформації на захищених серверах, при цьому розмежовані права доступу до кожного конкретного об'єкта (документу);

забезпечується робота з тривимірними моделями та кресленнями систем КОМПАС, Unigraphics, SolidWorks, Solid Edge, Inventor, AutoCAD;

в рамках єдиного інтерфейсу здійснюється облік як конструкторсько-технологічної, так і організаційно-розпорядчої документації;

система має вбудовані засоби перегляду і анотування документів і моделей зазначених інженерних форматів, а також растрових форматів і форматів офісних додатків;

можна описати складні бізнес-процеси підприємства (зі вкладеними підпроцесами, підтримкою умов, циклів і ін.) з графічним представленням алгоритмів бізнес-процесів;

вбудовані засоби маршрутизації документів (Workflow) інтегровані з системами електронної пошти, що підтримують SMTP-сервер;

є відкритий інтерфейс для підключення будь-якого сертифікованого засобу "електронний цифровий підпис";

система відкрита для функціонального розширення. Вона надає великий набір функцій API, які дозволяють фахівцям підприємств створювати власні додатки;

ЛОЦМАН:PLM дає можливість провести інтеграцію з усіма представленими на ринку MRP/ERP-системами.

Система ЛОЦМАН:PLM дозволяє створити єдиний інформаційний простір на підприємстві, забезпечити скорочення термінів підготовки виробничої документації, надійно захистити дані від несанкціонованого доступу, а отже, надає перевагу перед конкурентами на сучасному ринку товарів та послуг. Завдання, які вирішуються за допомогою цієї системи очевидні і насувні для більшості промислових підприємств регіону. Рішення кожного з них послідовно призводить до кінцевої мети – створення комплексної автоматизованої системи управління.

У відповідності сучасним вимогам розвитку науки і техніки гостро стоїть питання про характер підготовки фахівців-машинобудівників, професіоналів здатних здійснювати якісні зміни у сфері машинобудування.

Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування приводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю.

На сьогодні до сучасного фахівця-машинобудівника ставляться певні вимоги. З метою своєчасної адаптації до умов виробництва, що змінюються, фахівець-машинобудівник повинен мати високий рівень знань і умінь, вміти передбачати і оцінювати соціальні і економічні наслідки інженерної діяльності і досконало володіти комп'ютерними технологіями.

Для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону, такими як: ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", ПАО "КЗГО", ПАТ "Кривбасзалізрудком", ООО "ПромГрупп", ВАТ "ЦГЗК", ВАТ "Північний гірничо-збагачувальний комбінат", ВАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат", ООО НПП "Адамант", ООО "Нива-Кривбасс" та передбачали вивчення технологій 3D-моделювання деталей і складальних одиниць в найбільш широко застосовуваних на підприємствах регіону CAD/CAM/CAE, PDM та PLM- середовищах зі створенням електронних моделей виробів.

Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організовувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню спеціалізацію студентів (деякі студенти стають працівниками підприємства ще до завершення навчання); виконувати курсові проекти і кваліфікаційні роботи за реальною виробничою тематикою; організовувати стажування на підприємствах для молодих викладачів [3].

На механіко-машинобудівному факультеті ДВНЗ "Криворізький національний університет" активно використовуються продукти компанії АСКОН для виконання робіт на замовлення машинобудівної промисловості. В процесі обчислювальної практики студенти знайомляться з основами проектування конструкцій і виконують практичні заняття в системі "КОМПАС-3D".

Протягом навчання студенти мають можливість освоїти використання комп'ютерної техніки на основному і допоміжному виробництвах. На базі PDM-рішення ЛОЦМАН: PLM компанії АСКОН студенти отримують уявлення про системи управління життєвим циклом виробу.

Вивчення методів проектування заготовок і визначення припусків на обробку, проектування технологічних процесів, ознайомлення з методами і програмами виготовлення деталей на верстатах з ЧПК підкріплюється проходженням технологічної практики на підприємствах міста, що дозволяє не тільки розширити світогляд студента, а також істотно підвищити якість засвоєння основного курсу навчання завдяки використанню комп'ютерних технологій.

Навчання комп'ютерним технологіям, з метою підготовки кваліфікованих бакалаврів та магістрів, вимагає застосування принципу безперервної графічної підготовки у ВНЗ, починаючи з першого курсу і закінчуючи дипломним проектуванням [7].

Для вирішення цієї задачі на кафедрі для організації наскрізної графічної підготовки студентів використовуються сучасні системи САПР, CAD/CAE/CAM, PDM, PLM системи (КОМПАС-3D, Компас-Графік, Вертикаль, Лоцман:PLM, SolidWork, T-Flex, Art-Cam. Оволодівши цими комп'ютерними технологіями випускник повинен отримати професійні навички, в тому числі: організувати роботу малих колективів-виконавців та міждисциплінарні проекти; здійснювати роботу, пов'язану з керуванням діяльністю окремих працівників; моделювати технічні об'єкти і технологічні процеси з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизованого проектування; розраховувати і проектувати деталі та вузли машинобудівних конструкцій згідно з технічними завданнями та використанням стандартних засобів автоматизації проектування; брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності; застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів виробів машинобудування.

Впровадження системи ЛОЦМАН:PLM в навчальний процес дозволяє студентам всіх курсів та рівнів графічної підготовки брати участь у проектних і конструкторських розробках випускаючих кафедр [8-10]. Схема роботи ЛОЦМАН:PLM при вирішенні вищезазначених завдань полягає в організації зв'язку між кафедрами, які здійснюють викладання графічних дисциплін, та студентами різних курсів, об'єднаних виконанням одного курсового проекту. Коор-

динатором проекту виступає студент старших курсів, розподіляє виконання окремих частин проекту між студентами молодших курсів по мірі складності завдань.

Роль координатора – слідкувати за виконанням завдання, здійснювати координацію діяльності студентів і викладачів різних кафедр і збирати воедино окремі частини проекту та конструкторської документації. Крім того, у студентів виробляються навички керівництва проектною групою.

В системі Компас-Графік і КОМПАС-3D, SolidWork студенти виконують конструкторську частину проекту, за допомогою системи Вертикаль – технологічну, а у системі Лоцман:PLM їм вдається поєднати всі етапи конструкторсько-технологічної підготовки та виконання дипломного проектування, організувати всю документацію по проекту, а також задіяти та розмістити у логічній послідовності всіх учасників, а саме Виконавець - Нормоконтролер - Основні рецензенти - Рецензент з охорони праці - Рецензент економічної частини - Зав.кафедри - Працівник архіву, з можливістю цифрового підпису розділів.

Впровадження цих систем в навчальний процес дає можливість вести навчання на якісно новому рівні та сформувавши фахівця високої кваліфікації, здатного орієнтуватися в різноманітних програмних модулях із практичним їх впровадженням на виробництві, яке дає змогу скоротити ресурси, час та підвищити продуктивність роботи.

Студенти, що вивчають ці програми, стають фахівцями високого класу, що володіють усіма необхідними в сучасних умовах професійними навичками. Завдяки всебічній комп'ютерній підготовці випускники кафедри «Технології машинобудування» здатні в ринковій структурі швидко адаптуватися до різного виробничого середовища, включаючи як невеликі фірми, так і сучасні машинобудівні підприємства і проектні організації, працюючи в якості інженера-технолога, інженера по автоматизації, механіка, конструктора, дослідника, керівника виробничих підрозділів і служб підприємств по виготовленню, технічній експлуатації і ремонту машин, керівника власного підприємства.

Щорічно випускники кафедри, незважаючи на кризові явища в машинобудуванні, є затребуваними виробничим і проектним машинобудуванням.

Висновок. Всебічна комп'ютерно-орієнтована підготовка студентів машинобудівного напрямку, дозволяє їм успішно виконувати завдання, які постають перед ними на виробництві і тим самим побудувати міцний фундамент для впровадження сучасних комп'ютерних технологій та підвищення ефективності виробництва підприємств машинобудування.

Список літератури

1. Шендра В.А. Технологическая подготовка производства: пути повышения эффективности / В.А. Шендра // САПР и графика. 2011. - №9. - С. 32-37.
2. Гореткіна Е. Ринок PLM: бочка меду і ложка дьогтю // PC Week / RE №45. - 2007. - Режим доступу: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=104395>
3. Головина Л. Н. Системный подход к организации конструкторско-технологической подготовки машиностроителей / Л. Н. Головина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Том 14, № 1 (2). С. 693- 696.
4. ЛОЦМАН:PLM.- Режим доступу: <http://machinery.ascon.ru/software/tasks/items/?prcid=167&prpid=889>
5. Волков Д.А. Что входит в задачи PLM? /Д.А. Волков // Computerworld. -2003. -№39. -С. 15-17
6. Меньов А.В. Теоретические основы автоматизированного управления: Учеб.пособие. – М.:МГУП.– 2002. – 176 с.
7. Кондаков А.И. САПР технологических процессов.– М.: Издательский центр Академия.– 2007.– 272с.
8. Голубева И.Л., Альтапов А.Р. Использование системы «Лоцман:PLM» для организации непрерывного обучения студентов направления 151000.62 – Технологические машины и оборудование / И.Л. Голубева, А.Р. Альтапов // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2012. – Т.15, №17. – С. 348-349
9. АСКОН - комплексні рішення для автоматизації інженерної діяльності та управління виробництвом CAD / AEC / PLM. - Режим доступу <http://ascon.ru/>.
10. Безменова Ю.В. Анализ современных требований и средств автоматизации технической подготовки производства / Ю.В. Безменова // Вестн.ИГЭУ. - 2005. – Вып. 4. – С. 49-51

Рукопис подано до редакції 07.12.15

К ВОПРОСУ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДЭТАЖНОГО САМООБРУШЕНИЯ НА ШАХТАХ КРИВБАССА

В статье изложены особенности системы подэтажного самообрушения, механизм и основные закономерности самообрушения рудного массива, оптимальные параметры системы и область ее применения. Приведены описание и результаты отработки опытных зон и панелей, технико-экономические показатели, полученные при промышленном применении системы на шахтах Кривбасса в 50-70-е годы XX века на глубинах 250-550 м.

Описана технология применения этой системы разработки в мягких и средней крепости рудах. Представленные в статье технико-экономические показатели, полученные при опытном изучении и массовом применении системы на шахтах Кривбасса на глубинах 250-500м, свидетельствуют о ее высокой эффективности.

На основе обобщения опыта применения системы подэтажного самообрушения и результатов теоретических исследований закономерностей самообрушения рудного массива сделан вывод о целесообразности применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса в настоящее время на глубинах более 1000м.

Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения.

Ключевые слова: подэтажное самообрушение, железорудные шахты, параметры панелей и блоков.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения в Кривбассе.

Анализ исследований и публикаций. Система подэтажного самообрушения была разработана*) (Авторы Володин А.И., Вольфсон П.М., Куевда К.И., Статкевич А.А., Антоненко Н.В.) и впервые испытана в 1952 г. на шахте «Центральная» рудника «Ингулец» в мягких рудах в этаже горизонта 260 м. Высота подэтажа была 18-22 м, площадь зоны (панели) 300-400 м². Штреки крепились металлической арочной крепью СП-18. Расстояние между штреками 8 м.

За период испытаний на шахте «Центральная» отработано 19 зон на шести подэтажах и добыто 506,5 тыс. т руды с показателями, значительно лучшими, чем при варианте «закрытый веер» и системе этажного самообрушения. Это объясняется тем, что по сравнению с вариантом «закрытый веер» меньше удельная длина нарезных выработок ввиду большей в 2 с лишним раза высоты подэтажа, меньше затраты на разбуривание массива, так как 60-65 % его разрушается без буровзрывных работ. А по сравнению с системой этажного самообрушения больше производительность рабочего по системе ввиду отсутствия надобности в искусственном ослаблении связи самообрушающегося массива с окружающими массивами, меньших затратах на поддержание подэтажных выработок, большей производительности труда на доставке ввиду меньшей кусковатости руды и существенно меньше потери руды при таком же ее засорении [1], [2].

Учитывая высокую эффективность и гибкость системы подэтажного самообрушения по сравнению с системой этажного самообрушения в аналогичных условиях техсовет рудника «Ингулец» принял решение расширить область применения системы подэтажного самообрушения на всю основную часть шахтного поля шахты «Центральная». В дальнейшем эта система разработки в сочетании с бесцеликовой схемой нарезки блоков успешно применялась практически на всей площади шахтного поля более 15 лет, начиная с 1954 г.

Успешное испытание системы подэтажного самообрушения на шахте «Центральная» рудника «Ингулец» послужило основанием для проведения промышленных испытаний ее на шахте «Новая» рудника им.Р. Люксембург при отработке залежи «Южная», представленной мартиновой рудой с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протодяконова от 2-4 до 6-8.

За период исследований отработано 7 зон на двух подэтажах, в том числе три зоны на подэтаже 242 м в осях 130-135 и четыре зоны на подэтаже 270 м в осях 124-130. Высота подэтажей была 17 м на подэтаже 242 м и 23 м на подэтаже 270 м. Длина выработок доставки, закрепленных деревянной крепью, была 30-45 м. Зоны размещались в основном на трех штреках или ортах. По длине штреков или ортов размещались 2 зоны.

Всего при отработке 7 зон добыто 231,3 тыс. т руды и получены хорошие технико-экономические показатели: потери руды по сравнению с потерями при варианте «грушевидные заходки» уменьшились на 40 %, производительность бурильщика повысилась на 42%, а одного рабочего по системе на 43 %.

После окончания промышленных испытаний всю залежь «Южная» начали обрабатывать системой подэтажного самообрушения.

Для более глубокого познания сущности процесса самообрушения рудного массива, получения данных о рациональной области применения систем этажного и подэтажного самообрушения, а также установления оптимальных параметров панелей и блоков нами были проведены специальные исследования закономерностей самообрушения массива [3].

Решение указанных задач производилось методом моделирования процесса самообрушения с помощью эквивалентных материалов, в качестве которых использовались смеси речного песка и жидкого стекла. Поскольку основными действующими силами, определяющими развитие процесса деформации и разрушения рудного массива, являются силы тяжести и упругости (то есть те внутренние напряжения, которые возникают в массиве при подсечке и предельные значения которых обуславливают его разрушение), применение метода статического моделирования обеспечивает условия механического подобия.

Было установлено:

1. Самообрушение массива происходит путем образования и разрушения сводов. Зависимость высоты самообрушения от ширины подсечки имеет место лишь в начальной стадии процесса до самообрушения массива на высоту 10-15 м. Дальнейшее увеличение высоты самообрушения происходит либо при крайне медленном нарастании ширины подсечки (при небольших глубинах), либо при постоянной ширине подсечки (при глубинах более 500 м).

2. С увеличением высоты массива при постоянной ширине подсечки интенсивность самообрушения уменьшается. В то время, как прекращение самообрушения происходит при очень больших высотах массива, затухание процесса наступает намного раньше при достижении верхней границы так называемых активных высот. Величины высот активного самообрушения установлены из зависимости интенсивности самообрушения от продолжительности процесса как произведения скорости распространения сводов на продолжительность их образования до момента затухания процесса. Значения активных высот, в пределах которых массив обрушается интенсивно, зависят от прочности массива и нагрузки на массив.

3. Активные высоты, в пределах которых массив обрушается интенсивно, определяют область целесообразного применения системы подэтажного самообрушения. Основанием для такого утверждения является следующее: активное обрушение в пределах этих высот происходит без помощи каких-либо катализаторов процесса в то время, как интенсификация процесса при обрушении на большую высоту не может быть достигнута без помощи катализаторов (увеличения площади подсечки, проходки окамляющих выработок и др.), обычно применяемых при системе этажного самообрушения.

Изучение закономерностей самообрушения рудного массива различной прочности на моделях, наблюдение за развитием процесса обрушения массива при системе этажного самообрушения в рудах средней и ниже средней крепости, а также результаты применения подэтажного самообрушения в мягких рудах позволили предположить возможность эффективного применения этой системы в рудах средней крепости.

Испытания подэтажного самообрушения в рудах средней крепости проводились на шахтах «Коммунар-Победа» рудника им. Дзержинского и «Новая» рудника им. К. Либнехта, применяющих в больших масштабах вариант «закрытый веер» и разрабатывающих месторождения гидротерматитовых и мармитовых руд крепостью 4-6 по шкале М.М. Протоdjякопова. Средняя мощность залежей, где испытывали систему, 35-45 м, угол падения 40-45°.

Блоки, в которых размещались опытные панели, были нарезаны по бесцеликковой схеме. Высота подэтажа была 20 м. Расстояние между штреками 8,5-10 м. Подэтажные выработки бы-

ли закреплены сплошную крепежными рамами из леса диаметром 220-250 мм или металлической арочной крепью СП-28. В некоторых выработках деревянную крепь усиливали прогонами. Часть панелей была окружена массивом со всех сторон. Некоторые панели граничили с обрушенными породами соседнего участка.

Подсечку панелей производили из дучек штанговыми шпурами глубиной 5-6 м в направлении от лежачего блока к висячему. Самообрушение массива руды начиналось при площади подсечки 100-120 м² на шахте «Новая» и 180-200 м² на шахте «Коммунар-Победа» и развивалось по мере увеличения площади. Активное самообрушение, проявляющееся в резком усилении горного давления и частичной деформации крепи, наступало при увеличении площади подсечки до 300-350 м² на шахте «Новая» и до 500-600 м² на шахте «Коммунар-Победа». Следует отметить, что выработки, закрепленные металлическими арками из СП-28 и деревянной крепью с прогонами, не перекреплялись.

Основные технико-экономическими показатели, полученные при испытании системы подэтажного самообрушения в рудах средней крепости, лучше, чем при других системах разработки, применявшихся на шахтах «Новая», «Коммунар-Победа» [4]. Всего за период испытаний в рудах средней крепости системой подэтажного самообрушения было добыто более 700 тыс. т руды (на шахтах «Коммунар-Победа», «Новая», «Гигант», им. Ворошилова).

Промышленные испытания и внедрение подэтажного самообрушения позволили установить целесообразность применения и оптимальные параметры этой высокоэффективной системы в рудах средней и ниже средней крепости, удельный вес которых в бассейне наибольший. Тем самым доказана возможность расширения области использования сил горного давления для разрушения рудного массива в Кривбассе, поскольку условия для применения системы этажного самообрушения (мощность залежи более 35-40 м, угол падения 65-70 % и более) весьма ограничены.

За период применения подэтажного самообрушения в Кривбассе с 1952 по 1975 год добыто около 20 млн т руды доказана ее высокая эффективность, изучены основные закономерности процесса самообрушения массива, разработана методика определения основных параметров системы, отработана технология ее применения [5].

Постановка задачи. Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения.

Выводы и направления дальнейших исследований. Промышленные испытания системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса, при которых было добыто более 1,2 млн т руды, показали, что эта система эффективней не только вариантов с отбойкой штанговыми шпурами («закрытый веер», «камера над дучками» и др.) по всем основным показателям, но и системы подэтажного обрушения с отбойкой глубокими скважинами и этажного самообрушения в связи с уменьшением объема нарезных и буровых работ, улучшением качества дробления рудного массива, снижением расхода основных материалов, уменьшением потерь руды и себестоимости, более полным использованием сил горного давления и большей гибкостью системы.

При системе подэтажного самообрушения использование сил горного давления на 10-15 % больше, чем при системе этажного самообрушения [6-10].

Система подэтажного самообрушения отличается еще конструкцией и параметрами, позволяющими использовать силы горного давления в условиях, где применение системы этажного самообрушения неэффективно или нецелесообразно: в залежах с относительно небольшой мощностью, с недостаточно крутым углом падения, с большими безрудными включениями.

К конструктивным отличиям подэтажного самообрушения от системы этажного самообрушения относятся меньшая в 2-3 раза высота подэтажа, меньшая в 8-10 раз площадь обрушения, отсутствие окаймляющих выработок или других каких-либо катализаторов самообрушения, требующих затрат.

Отмеченные преимущества и конструктивные отличия подэтажного самообрушения являются основной причиной более высокой эффективности этой системы по сравнению с этажным самообрушением (табл.).

Сравнительные данные по применению различных систем разработки на шахтах Кривбасса в период промышленных испытаний подэтажного самообрушения

Показатели	Рудник «Ингулец», ш. Центральная			Рудник им. К.Люксембург, ш. Новая		Рудник им. Дзержинского, ш. Коммунар			Рудник им. К.Либкнехта, ш. Новая		
	система разработки			система разработки		система разработки			система разработки		
	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение	подэтажное самообрушение	грушевидные заходки	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение
Добыто руды, тыс.т	506,4	308,8	852,6	231,2	226,4	253	563	309	38,4	1201103	781039
Производительность труда, т/смену											
бурильщика	182	121,6	160,2	182	106	176	100,5	155	180	90	83,5
рабочего забойной группы	74,6	58,7	62,3	55,2	40,2	60,5	41,5	52,1	57,4	33	35
одного рабочего	24,9	20,5	17,1	24,2	13,3	25,7	16,8	18	36,2		
Потери руды, %	8,4	12,5	16,1	10,8	18,4	1,6	36	17,5	12,0	19	26,4
Разубоживание, %	12,3	14,6	12,3			3,5	7	6,9	6,0	6,0	13,5
Расход материалов											
лесных, м ³ /1000 г	3,8	6,13	5,37	5,4	6,71	4,7	6,2	5,3	3,2	5,9	7,7
металла, м ³ /1000 г	0,52		0,27								
взрывчатых, кг/т	0,118	0,217	0,136	0,116	0,236	0,242	0,320	0,221	0,224	0,380	0,372

Систему можно применять в залежах с мощностью не менее 20 м, представленных склонными к самообрушению рудами с коэффициентом крепости 4-7 по шкале проф. М.М. Протодьяконова. При вмещающих породах, обрушающихся вслед за рудой. Систему можно применять в залежах с любым углом падения; при породах висячего бока средней устойчивости в мощных залежах относительно крутого падения. Не противопоказаны для применения системы слеживающиеся руды, высокое горное давление, наличие безрудных включений. Условия, позволяющие применять подэтажное самообрушение, имеются почти на всех шахтах Криворожского бассейна. Удельный вес этой системы разработки в подземной добыче Криворожских шахт может быть 20-25 %.

И если применение этой системы было эффективным на глубинах 250-500 м при деревянном креплении выработок, недостаточно изученных закономерностях самообрушения, то в настоящее время, когда горные работы ведутся на глубинах более 1000 м, подэтажное самообрушение должно быть еще более эффективным.

Этому благоприятствуют накопленный опыт, широкое применение металлических крепей, познание закономерностей самообрушения рудного массива, создание методики определения основных параметров системы. Следовательно, имеются все необходимые предпосылки для возобновления применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Криворожского бассейна.

Список литературы

1. Володин А.П., Вольфсон П.М., Куевда К.М. Подсечное подэтажное обрушение, Горный Журнал, №5, 1955.
2. Вольфсон П.М., Куевда К.М. Опыт применения системы подэтажного самообрушения в мягких рудах на рудниках «Ингулец» и им.Р.Люксембург. Производственно-технологический бюллетень, №2, 1957.
3. Вольфсон П.М., Прохода А.З. Лабораторные исследования самообрушения массива, Бюллетень научно-технической информации, НИГРИ, Metallurgizdat, 1957.
4. Вольфсон П.М. Оценка промышленных испытаний системы подэтажного самообрушения в рудах средней крепости, Горный Журнал, №5, 1958.

5. Вольфсон П.М. Подэтажное самообрушение, Кривой Пог, 2012.
6. Busck Philip Loweizing Mining Costs with block caving, Engineering Mining yornal, 1946. v. 147 №4.
7. Чарквиани К.М. К вопросу определения аналитическим методом главных конструктивных элементов системы разработки блоковым обрушением. «Вопросы горного дела», сб. Углетехиздат, 1948.
8. Черемушенцев И.А. Определение высоты блока при системе этажного обрушения, 1953, Горный журнал №2.
9. Куликов А.В., Куликов В.В. Правильно устанавливать параметры системы этажного самообрушения, Горный журнал, 1954, №11.
10. Малахов Г.М., Лавриненко В.Д. Влияния размеров блоков на проявления горного давления при этажном самообрушении, Горный журнал, 1954, №12.

Рукопись поступила в редакцию 19.04.16

УДК 676.022

И.И. АНТОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский педагогический институт
А.И. КУЧМА, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

ПРОИЗВОДСТВО ВЛАГОПРОЧНОЙ ГОФРОТАРЫ ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Рассмотрены две технологии производства влагопрочной тары из гофрированного картона. Первая технология получения влагопрочного гофрокартона с последующей переработкой в тару вызывает до 30% отходов, которые частично или полностью теряются из-за трудности восстановления волокнистого сырья и химикатов. Более перспективна вторая технология производства влагопрочной гофротары, когда готовые изделия из гофрокартона обрабатываются горячим расплавом в автономных камерах. В качестве гидрофобного горячего расплава рекомендуется использовать пропитывающий состав композицией 80% парафина и 20% церезина. В результате лабораторных исследований установлена оптимальная температура $115\pm 5^\circ\text{C}$ парафинового расплава. Для снижения расхода горячего расплава рекомендовано перед импрегнированием нагревать заготовки в течении 1 мин. струёй горячего воздуха при температуре $75-80^\circ\text{C}$, а также импрегнирования для удаления излишков расплава обдувать заготовки горячим воздухом при скорости 15 м/с. Для предотвращения слипания гофроящиков при хранении после обработки горячим расплавом рекомендуется в течении 2 мин производить обдув заготовок воздухом при температуре 20°C . При работе с парафино-церезиновыми составами необходимо применение оборудования во взрывобезопасном исполнении и снабжать помещения приточно-вытяжной вентиляцией. Установлено, что пропитка гофрокартона парафино-церезиновым составом увеличивает влагопрочность по показателю сопротивления торцевому сжатию на 63%. Определены основные технологические параметры автономной импрегнирующей установки позволяющей сократить до 20% отходы гофротарного производства.

Ключевые слова: влагопрочная гофротара, поверхностная обработка, парафино-церезиновый расплав, автономная установка.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Гофрированный картон является недорогим материалом, который широко используется для производства транспортной тары. Обычный гофрокартон частично или полностью теряет свою прочность во влажных условиях, что ограничивает область его применения.

В последнее время как за рубежом, так и у нас в стране проводятся исследования в области создания эффективных технологий производства влагопрочной тары из гофрированного картона. Многими авторами доказано, что обработка гофрокартона гидрофобными составами на основе парафина повышает прочность и водонепроницаемость ящиков, что позволяет применять их вместо деревянных и пластмассовых. При этом мерой влагопрочности считают выраженное в процентах отношение того или другого прочностного показателя влажного материала к этому же показателю сухого материала.

Известно несколько способов придания влагопрочности гофрированному картону [1,2]:
нанесение покрытий на поверхность гофрокартона, таких например, как полиэтиленовая пленка;

пропитка гофрокартона гидрофобными составами, например, импрегнирование парафиновыми расплавами;

предварительная обработка гидрофобным составом бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев, например, латексная проклейка массы;

пропитка гидрофобным клеящим расплавом бумаги для гофрирования и внутренних слоев гладких слоев картона с последующим термосклеиванием - термосклеенный гофрокартон.

Полученный тем или другим способом влагопрочный гофрокартон раскраивается на заготовки и направляется на перерабатывающее оборудование для изготовления ящиков. В процессе производства влагопрочной гофротары по данной технологии образуется до 25-30 % отходов, которые частично или полностью теряются из-за трудности восстановления волокнистого сырья и химикатов. Другим существенным недостатком вышеназванной технологии является снижение производительности гофроагрегата. Так, при импрегнировании гофрокартона парафиновым составом по технологии австрийской фирмы «Дуропак» производительность гофроагрегатов Измаильского ЦКЗ снижается в 2 раза. Поэтому технология производства влагопрочного гофрокартона с последующей переработкой на тару не нашла широкого применения на практике.

Более перспективен второй способ производства влагопрочной гофротары, когда готовые изделия из гофрокартона обрабатываются горячим расплавом в автономных камерах.

Анализ исследований и публикаций. В Великобритании разработана установка для непрерывной обработки гофрированного картона [3]. Установка представляет собой камеру, состоящую из трех отсеков, один отсек служит непосредственно для облива заготовок импрегнирующим составом, второй отсек служит для обдува заготовок горячим воздухом, третий отсек служит для охлаждения заготовок. Через установку проходит транспортер для непрерывной подачи заготовок. К преимуществам установки можно отнести непрерывность работы и высокую механизацию труда.

Японскими специалистами разработана установка для импрегнирования гофрокартона, в которой нанесение водоотталкивающего раствора достигается методом пульверизации [4].

Установка компактна, экономична, исключает монтаж массивного циркуляционного устройства, но более сложна в изготовлении.

Фирмой «Ваксика» (Швейцария) предлагается установка для пропитки гофрированного картона. Нанесение водоотталкивающего раствора достигается обливом. Заготовки подаются на обработку в кассетах. Загрузка и выгрузка кассет осуществляется вручную. Максимальный формат заготовок 1140×1200 мм. Предусмотрено выполнение специальных машин для других форматов. Скорость продвижения вперед регулируется в пределах от 0,09 до 4,5 м/мин. Оптимальной является скорость 0,8 м/мин. Производительность установки при этой скорости 1500 шт/мин. Максимальная потребляемая мощность - 20 кВт. Расход воздуха пневматической установки составляет около 20 л для каждой корзины при рабочем давлении 6-7 кг/см². Вместительность бака плавления - около 400 кг. Время преднагревания составляет: при полностью холодном - около 6 ч, с перерывом 12 ч - около 2 ч. Поглощение парафина на 1 м² гофротары - 30-40 %. Габаритные размеры установки: длина - 14 м, ширина - 4 м. Вес машины составляет около 7500 кг, бака плавления - 1500 кг.

Постановка задачи. В нашей стране также начаты работы по созданию автономных импрегнирующих установок. Первая отечественная установка создана специалистами Измаильского ЦКЗ. Она включает в себя камеру предварительного нагрева, камеру полива заготовок горячим парафином, камеру обдува горячим воздухом и камеру охлаждения за счет обдува воздухом. На входе и выходе каждой камеры имеются шиберные заслонки. Для фиксации вертикального положения заготовок служат специальные кассеты. Подача кассет с заготовками на обработку осуществляется пневмоцилиндром. Необходимая температура горячего расплава поддерживается с помощью обогреваемого паром бака плавления. Установка работает следующим образом. Подготовленные две кассеты с заготовками устанавливаются на загрузочный стол и с помощью пневмоцилиндра подаются на обработку. Опускаются шиберные задвижки и производится в течение 1,0-1,5 мин обработка заготовок в камере предварительного нагрева.

Затем шиберы поднимаются. Устанавливаются следующие две кассеты с заготовками и цикл повторяется. Таким образом, заготовки проходят все стадии обработки и выталкиваются на выгрузочный стол, где готовые изделия вынимают из кассет, а пустые кассеты по рольгангу направляют на загрузку. Температура импрегнирующей смеси и воздуха при удалении излишков расплава составляет 100-120 °С. Максимальный размер обрабатываемой гофротары 1,5×1,5 м. Примерные габариты установки 10×3×3 м.

Установка имеет целый ряд конструктивных недостатков: ручная загрузка и выгрузка заготовок, засорение окружающей среды парами парафина, ненадежное поливочное устройство, недостаточное удаление импрегнирующей смеси с нижней части заготовок, неэффективное охлаждение заготовок, заклинивание кассет в охлаждающей камере в холодное время года. Кроме того, наносимая парафиновая пленка хрупка и легко ломается при перегибах картона, в результате чего образуются трещины, способствующие нарушению влагопрочности. Этот недостаток ограничивает применение 100 %-го парафина для указательных целей.

В целом установка пригодна для эксплуатации, однако необходима существенная доработка большинства ее узлов и выбор рецептуры горячего расплава.

Изложение материала и результаты исследований. Гидрофобные пропитывающие составы с течением времени совершенствовались и модернизировались.

В настоящее время 100 %-й парафин начал вытесняться сложными компонентами на базе парафиновых восков.

Введение в парафин высокополимерных модификаторов, таких как полиэтилен, полипропилен, полипропилен улучшает эксплуатационные показатели парафинового покрытия, но одновременно они в значительной степени осложняют технологический процесс получения композиций и их нанесение на упаковочные материалы [5].

Модификация парафина сэвиленом стабилизирует механические свойства покрытия. Так, после 9 месяцев атмосферного старения сопротивление изгибу и удару ухудшается всего на несколько процентов. Добавка сэвилена повышает и стабилизирует блеск парафинового покрытия [6].

Улучшение эксплуатационных показателей покрытия из модифицированного парафина связано с изменением кристаллической структуры модифицированного парафина по сравнению с чистым парафином. Размер кристаллитов модифицированного сополимером парафина в 15-20 раз меньше кристаллитов чистого парафина и в 10 раз меньше парафина модифицированного полиэтиленом.

Гофрированный картон, обработанный модифицированными парафиновыми составами, обладает повышенными защитными свойствами, прежде всего влагопрочностью. Добавка к парафину 10-15 % нефтяного или синтетического воска, обладающего микрокристаллической структурой, придает покрытию эластичность, твердость. Смесь парафина с церезином приобретает структуру, приближающуюся к микровосковым [7].

Общим требованием к восковым покрытиям, пригодным для применения в контакте с пищевыми продуктами является соблюдение следующего условия: покрытия не должны взаимодействовать с продуктами, растворять или набухать в них и изменять вкус или запах. Особенностью исходных компонентов, входящих в восковые композиции является наличие в их составе определенного количества ароматических углеводородов, из которых некоторые могут быть канцерогенными.

Поэтому при разработке восковых покрытий должны быть использованы высокоочищенные исходные продукты, которые прошли тщательные санитарно-технические исследования.

В последнее время в связи с дефицитом парафина появился интерес к другим составам для пропитки. Такими составами могут быть полиэтилены высокой плотности, акриловые эмульсии, восковые эмульсии, хром-комплексные эмульсии, полиэтиленовые эмульсии и сочетание вышеупомянутых материалов.

Ускоренным темпом парафиновые эмульсии продолжают заменять парафин, поскольку эмульсионные покрытия имеют следующие преимущества:

- низкая вязкость;
- пленки не липнут ни во влажном, ни в сухом состоянии;
- быстро пропитываются и просушиваются;
- материалы, обрабатываемые эмульсией, легко приклеиваются клеями на водной основе;
- улучшают свойства печатания;
- обладают высокой водостойкостью.

Исследователями ВНИИБа (Россия) рекомендуется использовать при обработке гофротары горячий расплав композицией 80 % парафина П-1 или П-2 + 20 % церезина М-65 [8].

Анализ научно-технической литературы показал, что парафиновые композиции нашли широкое применение для получения влагопрочного картона. Но парафиновые композиции с низ-

кой температурой плавления (43-57 °С) имеют высокую слипаемость и плохую стойкость к истиранию, а с высокой температурой плавления (57-74 °С) - хрупки. Поэтому недостатки этих композиций обычно преодолевают включением в них микрокристаллических восков[9].

Другие пропитывающие составы (например, различные смолы) не нашли широкого распространения в связи с более высокой стоимостью и сложностью их использования в производстве. Кроме того, для их использования необходимо применение растворителей, отвердителей, что также усложняет процесс пропитки и сушки.

Поэтому рекомендуется применять пропитывающий состав на основе парафина, с введением в композицию церезина.

Парафино-церезиновые составы являются горючими веществами. Температура вспышки составляет 200 °С. При работе с парафино-церезиновыми составами необходимо выполнять следующие требования безопасности[10,11]:

электрооборудование и освещение на установке с применением парафиновых составов должно быть во взрывобезопасном исполнении;

рабочие, обслуживающие установки по производству и применению парафино-церезиновых сплавов обеспечиваются спецодеждой (фартук брезентовый, очки защитные, комбинезон хлопчатобумажный, ботинки кожаные, рукавицы брезентовые);

помещения, в которых проводят работы с парафином и церезином должны быть снабжены приточно-вытяжной вентиляцией;

при сливно-наливных операциях необходимо принимать меры по защите от статического электричества;

не допускается непосредственный контакт парафина и церезина с открытым огнём;

при загорании парафино-церезинового состава необходимо применять средства пожаротушения (пенные огнетушители, сухой песок, кошму).

В результате лабораторных исследований обнаружено, что пропитка гофрокартона горячим парафиновым расплавом осуществляется практически мгновенно. Важнейшим технологическим параметром при обработке гофротары горячим расплавом является его температура. В результате экспериментов установлена оптимальная температура $115 \pm 5^\circ\text{C}$. При более высоких и низких температурах наблюдался повышенный расход парафина.

Для удаления излишков импрегнирующего состава с поверхности заготовок рекомендуется производить обдув горячим воздухом при скорости 15 м/с. При меньших скоростях на поверхности заготовок имелись сырые полосы.

Также для снижения расхода горячего расплава необходимо перед импрегнированием нагреть заготовки в течение 1 мин струей горячего воздуха при температуре 75-80°С.

В результате обработки гофротары горячим расплавом температура заготовок превышает температуру плавления парафино-церезиновой смеси 50-60°С. Поэтому на поверхности заготовок, особенно в нижней части, могут быть полосы жидкого горячего расплава. При укладке горячих заготовок в пачки и дальнейшем их хранении в штабеле возможно их слипание за счет адгезионных свойств горячего расплава. Поэтому последней технологической операцией обработки гофротары горячим расплавом является охлаждение заготовок для отверждения пленки расплава на их поверхности. В результате экспериментов было установлено, что отверждение пленки горячего расплава на поверхности заготовок при температуре окружающего воздуха 17°С происходит в течение 1,6 мин. Установлено положительное влияние обдува воздухом на время отверждения горячего расплава. Так при скорости воздуха 10,18,25 м/с время отверждения горячего расплава составило соответственно 45,35,30 с. Учитывая возможность более высокой температуры окружающего воздуха в летнее время можно рекомендовать для охлаждения заготовок обдув воздухом при скорости 10 м/с в течение 2 мин.

Пропитка гофрокартона парафиновым составом (80 % парафина и 20 % церезина) увеличивает влагопрочность по показателю сопротивления торцевому сжатию на 63 %.

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученные результаты лабораторных исследований подтвердили возможность производства влагопрочной гофротары методом поверхностной обработки заготовок горячими расплавами на основе парафина в автономных установках. Дальнейшие исследования должны быть направлены на создание опытного оборудования для обработки гофротары горячими расплавами.

Список литературы

1. Данилевский В.А. Картонная и бумажная тара / В.А. Данилевский – М., Лесная промышленность. 1970. - 214 с.
 2. Тарасова О.И. Придание влагопрочности бумаге для гофрирования восковыми сплавами в производстве влагопрочного гофрированного картона / О.И. Тарасова – Дисс. канд. техн. наук, Л., 1976. - 192 с.
 3. Патент. Великобритания, №1502599, МКИВ05с, 5/00. Водоотталкивающий качественный картон и устройство для его изготовления. Опубликовано 01.03.78.
 4. Патент. Япония, №50-27084, МКИВ32В31/00. Устройство для придания картону влагопрочности. Опубликовано 03.10.68.
 5. Бондарев А.И. Производство бумаги и картона с покрытием / А.И. Бондарев. – М.: Лесная промышленность, 1985. – 188с.
 6. Мартиросов Р.А. Работы по улучшению качества и освоению производства парафинового состава для иммигранирования гофрокартона / Р. Мартиросов, Р. Гладышев // - Сб. реф. НИР и ОКР : лесная, целлюлозно-бумажная и деревообрабатывающая промышленность. – М., 1980.- с.4
 7. Тарасова О.И. Критерии оценки влагопрочности гофрированного картона / О.И. Тарасова// Сб. трудов ВНИЭКИТУ. – Калуга, 1974.-Вып.11.с.67-71.
 8. Кузнецова Я.Д. Использование различных парафиновых составов для обработки гофрированного картона. / Я.Д. Кузнецова, .. Демченко Н.С., Тимохина Т.В. // Новое в технологии технических и тароупаковочных видов бумаги и картона. Сб. трудов ВНИИБ.-Л.,1978.-с.49-52.
 9. Русакова Л.А. Восковые покрытия для упаковки продуктов питания / Л.А. Русакова, Е.В. Кузнецов, Н.И. Вологодская // Научные проблемы создания прогрессивных видов тары: Сб. трудов ВНИЭКИТУ – Калуга, 1975.- Вып. 12. С.65-69.
 10. Жидецкий В.Ц. Основы охорони праці / В.Ц. Жидецкий, О.В. Мельников, В.С. Джигрей.-Львів: Афіша, 2000.-350с.
 11. Лесенко Г.Г. Инженерно-технические средства безопасности труда / Г.Г. Лесенко, Ю.С. Паньковский, В.Н. Петров. - К.: Техніка, 1983.-126с.
- Рукопись поступила в редакцию 28.03.16

УДК 622 - 032. 35: 502. 7

О.І. ПОВЗУН, канд. техн. наук, доц., С.В. ПОДКОПАЄВ, д-р техн. наук, проф.,
О.В. ФРОЛОВ, канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,
С.В. КОНОНИХІН, канд. техн. наук, доц., Красноармійський індустріальний інститут
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»,
М.А. ГЛАЗУНОВА, студент, ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ОПТИМАЛЬНЕ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНЕ В'ЯЖУЧЕ, МОДИФІКОВАНЕ ВІДХОДАМИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ ДЛЯ УКРІПЛЕННЯ ГОРІЛОПОРОДНИХ ОСНОВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

При оптимізації модифікованого полістирольним пилом кам'яновугільного в'язучого як фактори варіювання було прийнято: умовна в'язкість дьогтю за C_{30}^{10} , с; масова концентрація полістиролу, %; час приготування дьогтеполістирольного в'язучого, хвилини. Параметрами оптимізації є: температура розм'якшення в'язучого, °С; еластичність в'язучого при 0 °С, %; розтяжність в'язучого при 0 °С, м; водонасичення дьогтеполістиролбетону, %; границя міцності дьогтеполістиролбетону на стиск при 20 °С, МПа; коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону. Оптимальні склади системи «дьоготь - ПС» визначали як оптимальні області допустимих значень факторів X_1 , X_2 , X_3 .

Коефіцієнти рівнянь регресії обчислено за методом найменших квадратів. Рівняння регресії представляють собою поліном другого ступеня. Одержані рівняння регресії перевірено на адекватність і задовольняють критерію Фішера. Розраховано й побудовано тривимірні діаграми «параметр оптимізації системи – фактори варіювання». Відповідно до отриманих рівнянь регресії побудовано поверхні відклику. Оптимальною системою «дьоготь - полістирол» є при умовній в'язкості дьогтю за C_{30}^{10} (X_1) 75-250 с, масовій концентрації полістиролу (X_2) 4,0-6,0 % та часі приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 впродовж 70-80 хвилин. За фізико-механічними властивостями таке в'язуче наближається до дорожніх нафтових бітумів.

Ключові слова: транспортний процес, руйнування, міцність, горілі породи, в'язуче, відходи полістиролу

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Зростання навантажень, інтенсивності і швидкостей приводить до посиленого впливу транспортних засобів на

покриття автомобільних доріг, яке, спільно з погодно - кліматичними чинниками, сприяє накопиченню пластичних деформацій у спекотну пору року та утворенню тріщин - в холодну.

У зв'язку з тим, що основний вплив на деформативну здатність органобетону надають структурні особливості органічної в'язучої речовини, більше значення мають розробки спеціальних складів в'язучого, що дозволить одержати матеріал з необхідним комплексом транспортно-експлуатаційних властивостей та розвинути мережу автомобільних доріг, особливо за умов обмеженого фінансування [1].

Наразі одним з найефективніших напрямків поліпшення властивостей органічних в'язучих є їхня модифікація полімерами різних класів. Модифікація знижує чутливість в'язучої речовини до змін температури та тривалості навантаження, підвищує їхню когезію, що характеризує опір шарів фізичного тіла переміщенню одне відносно одного на молекулярному рівні, надає пружності та поліпшує низькотемпературну поведінку [2].

Зі зростанням в'язкості у кам'яновугільних дьогтів утворюється структура, про що свідчить поява аномалії в'язкості, дійсної границі текучості [3]. Очевидно, що з підвищенням в'язкості органічних в'язучих матеріалів знижується і швидкість накопичення залишкових деформацій в матеріалах на їхній основі [4].

Однаковий вміст полімеру в органічній речовині різної консистенції призводить до тим більшої зміни в'язкості, температури розм'якшення й когезії, чим нижча консистенція немодифікованого в'язучого. Це свідчить про переважний внесок вихідного в'язучого у формування властивостей органополімерного в'язучого при прийнятій кількості полімеру [5].

Немодифіковані полімером органічні в'язучі не мають еластичності. Еластичність, що проявляється під час випробування на розтяг, коли зразок в'язучого відновлює початкову довжину після розвантаження, є дуже важливою властивістю при дії багатократних повторних навантажень від автотранспортних засобів [6].

Внесення до органічної речовини полімеру здатне уповільнити процеси старіння в'язучого, попереджуючи випаровування його легких фракцій, сольватованих полімером, і може затримати кисневе і полімеризаційне старіння за рахунок зниження швидкості дифузії вільних радикалів і кисню в об'ємі модифікованого полімером в'язучого [7].

З підвищенням вмісту полімеру старіння в'язучих знижується: в середньому приріст температури розм'якшення після старіння з 4,4-4,6 °С для безполімерної матриці падає до 0,1-0,4 °С, а залишкова в'язкість зростає до 99 % проти 46-49% у вихідної пластифікованої смоли [8].

Полімербетони на кам'яновугільних в'язучих також менш схильні до старіння під впливом сонячного випромінювання, ніж традиційні дьогтебетони [9]. Це пов'язано з тим, що макромолекули полімеру сорбують частку легких компонентів в'язучого, і внаслідок низької відкритої пористості утруднений доступ кисню до нього.

Модифікація органічних в'язучих полімерами сприяє підвищенню зсувостійкості та тріщиностійкості бетонів на їхній основі [10], [11].

З метою забезпечення можливості застосування нових органічних в'язучих за існуючої технології їхнє використання необхідно, щоб вони за своїми технологічними властивостями, токсичністю і пожежонебезпекою, - не погіршили б умови виробництва робіт, техніки безпеки, охорони навколишнього середовища у порівнянні з використанням традиційних немодифікованих в'язучих [12].

Аналіз досліджень та публікацій. Наразі в Україні у промисловому масштабі здійснюється переробка кам'яного вугілля методом високотемпературного коксування [13]. Кам'яновугільна смола, що при цьому виходить, є джерелом одержання дорожніх органічних в'язучих - кам'яновугільних дорожніх дьогтів за ГОСТ 4641.

Дьогтебетони на немодифікованих кам'яновугільних дьогтях поступаються асфальтобетонам. Не останню роль відіграють більш висока леткість кам'яновугільних дьогтів і, як наслідок, підвищені токсичність і помітне забруднення навколишнього середовища під час виробництва і використання дьогтебетонів [13].

Дьогті, як і бітуми, можна віднести до дисперсних систем [14], властивості яких визначаються хімічним складом, молекулярною структурою складових компонентів і надмолекулярною будовою структури [15].

Основні властивості системи: еластичність, пластичність, морозостійкість і адгезія до різних матеріалів визначається властивостями дисперсійного середовища, а теплостійкість та ме-

ханічна міцність – властивостями дисперсної фази [16]. Максимальні значення еластичності в'язучого свідчать про найефективнішу роботу полімеру, а імовірною причиною її зниження при підвищенні температури є початок процесів термодеструкції полімеру, що узгоджується з даними [17].

За хронологією опублікованих наукових праць, кам'яновугільні дьогті модифікували полівінілхлоридом та епоксидною смолою ЕД-6 [18]; відходами виробництва полімерів вінілової групи [19]; відходами виробництва полімерів і сополімерів вінілхлориду [20]; відходами виробництва полістиролу [21]; полістирольним пилом та кубовими залишками ректифікації стиролу [22], [23]; смоли випалювальних печей відходами виробництва полівінілхлориду, перхлорвінілу або полістиролу [24]; відходами виробництва полімерів фенілетилену [25]; відходами виробництва стиролу та полістиролу [26].

У роботі [27] показано доцільність укріплення горілих порід шахтних териконів кам'яновугільним в'язучим, модифікованим відходами виробництва полістиролу, для влаштування основ дорожніх одягів. У роботі [28] вивчено процеси структуроутворення в кам'яновугільних в'язучих, модифікованих відходами полістиролу (полістирольним пилом).

Постановка завдань. Механізм взаємодії полімеру з органічною в'язучою речовиною полягає в тому, що набряклий в γ -фракції кам'яновугільного дьогтю полімер утворює в системі безперервну фазу у вигляді сітки-каркасу. Суміщення компонентів такої композиції необхідно проводити у рідкому стані, коли обидва компоненти будуть розплавлені [16]. Якщо вводити полімер у більшій кількості, ніж він може розчинитися, вийде грубодисперсна система, в якій під час охолодження утворюються згустки полімеру, що є непотрібним наповнювачем [16].

Метою даної роботи є оптимізація кам'яновугільного в'язучого, одержуючи дьогтеполістирольне в'язуче, яке за фізико-механічними властивостями і екологічними характеристиками наблизатиметься до бітуму нафтового дорожнього.

Використовуючи метод математичного планування експерименту, завданнями досліджень є:

1. Визначення оптимальної умовної в'язкості дьогтю за C_{30}^{10} , с (секунди):

10 - діаметр стічного отвору, мм;

30 - температура витікання 50 мл в'язучого на стандартному віскозиметрі, °С.

2. Визначення оптимальної концентрації полістиролу в кам'яновугільних дьогтях різної в'язкості;

3. Визначення оптимального терміну виготовлення дьогтеполістирольного в'язучого (тобто раціонального часу суміщення полістиролу з дьогтем під час перемішування даної суміші).

Викладення матеріалу та результати. У даній роботі як об'єкт дослідження було прийнято:

середовище, що модифікується - кам'яновугільні дьогті, складені із середньо-температурного пеку і антраценового масла, що відповідають вимогам ГОСТ 4641;

полімер - полістирольний пил (ПС) ВАТ «Концерн «Стирол» (м. Горлівка Донецької області) - відхід виробництва цехів суспензійної полімеризації стиролу, що утворюється під час відстоювання стічних вод.

Дьогтеполімерне (дьогтеполістирольне) в'язуче (ДПВ) готували суміщенням кам'яновугільних дьогтів з полімером (від 0 до 10%) при температурі 105-110 °С впродовж 5-145 хвилин.

Оптимальні склади системи «дьоготь - ПС» визначали як оптимальні області допустимих значень факторів X_1, X_2, X_3 (табл.1).

Таблиця 1

Значення факторів варіювання

Система		Фізичний зміст фактора			
		умовна в'язкість дьогтю за C_{30}^{10} , с	масова концентрація полістиролу, %	час приготування дьогтеполістирольного в'язучого, хв.	
		X_1	X_2	X_3	
Дьоготь-ПС	Інтервал варіювання	100	5	70	
	Рівні фактора	-1	50	0	5
		0	150	5	75
		+1	250	10	145

Ці оптимальні області обмежено поверхнями рівня функції відклику за кожним з параметрів оптимізації (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри оптимізації системи

Код параметра оптимізації	Фізичний зміст параметра оптимізації	Граничні значення функції відклику
Y_1	Температура розм'якшення в'язучого, °С	Не менше 33
Y_2	Еластичність в'язучого при 0°С, %	Не менше 25
Y_3	Розтяжність в'язучого при 0 °С, м	Не менше 0,9
Y_4	Водонасичення дьогтеполістиролбетону, %	Не більше 2,0
Y_5	Границя міцності дьогтеполістиролбетону на стиск при 20°С, МПа	Не менше 2,2
Y_6	Коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону	Не менше 0,75

Матриця планування експерименту і отримані значення параметрів оптимізації надані в табл. 3.

За критерій оптимальності плану прийнято критерій D -оптимальності, який пов'язаний з мінімізацією об'єму еліпсоїду розсіювання оцінок параметрів рівнянь регресії [29]. За методом найменших квадратів обчислено коефіцієнти рівнянь регресії за виразом [30]

$$b_i = (X \cdot X)^{-1} \cdot X^* Y, \quad (1)$$

де b_i - коефіцієнт рівняння регресії; X - матриця плану експерименту; X^* - транспонована матриця плану експерименту.

$(X^* \cdot X)^{-1}$ - матриця, обернена до добутку матриці плану експерименту на його транспоновану матрицю; Y - вектор - стовпець результатів експерименту.

Обробка результатів експерименту і визначення коефіцієнтів рівнянь регресії з урахуванням їх значущості дозволили одержати поліноміальні моделі.

Таблиця 3

Матриця плану експерименту і отримані значення параметрів оптимізації

X_1	X_2	X_3	Y_{11}	Y_{12}	Y_{21}	Y_{22}	Y_{31}	Y_{32}	Y_{41}	Y_{42}	Y_{51}	Y_{52}	Y_{61}	Y_{62}
-1	-1	-1	10	12	0	0	0,98	1,00	3,0	3,6	1,5	1,7	0,3	0,5
0	-1	0	18	22	0	0	1,00	0,96	2,2	1,8	2,5	2,1	0,7	0,5
1	-1	1	22	24	0	0	0,01	0,03	1,9	2,1	2,2	2,6	0,8	0,6
-1	0	0	21	25	26	24	1,00	0,96	2,2	1,8	2,5	2,1	1,0	0,6
0	0	1	29	25	2	4	0,03	0,01	1,7	2,3	2,1	2,7	0,7	0,9
1	0	-1	31	35	13	11	1,00	0,97	3,1	3,5	1,4	1,8	0,6	0,4
-1	1	1	29	25	4	2	0,01	0,03	2,2	1,8	2,6	2,2	0,7	0,9
0	1	-1	33	29	10	14	0,06	0,04	3,6	3,0	1,8	1,2	0,7	0,5
1	1	0	33	37	9	7	0,97	1,00	2,2	1,8	1,8	1,4	0,5	0,9
-1	-1	1	12	10	0	0	0,04	0,02	1,7	2,3	2,1	2,7	0,6	0,4
1	-1	-1	20	24	0	0	0,96	1,00	3,6	3,0	1,2	1,8	0,7	0,5
-1	1	-1	26	28	7	9	1,00	0,97	3,1	3,5	1,8	1,4	0,4	0,6
1	1	1	37	33	4	2	0,03	0,01	1,8	2,2	2,7	2,1	0,9	0,7

Коефіцієнти рівняння регресії підставлені в поліноміальну форму вигляду

$$Y_1 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2. \quad (2)$$

Для кожного з параметрів оптимізації за формулою (1) знайдено коефіцієнти регресії, які підставлені в рівняння (2). Рівняння регресії для кожного параметра оптимізації мають такий вигляд

$$Y_1 = 28,97 + 4,90 X_1 + 6,79 X_2 + 0,003 X_3 - 1,03 X_1 X_2 + 0,06 X_1 X_3 - 0,014 X_2 X_3 - 0,70 X_1^2 - 3,24 X_2^2 - 1,22 X_3^2;$$

$$Y_2 = 14,9 - 1,09 X_1 + 3,39 X_2 - 2,28 X_3 - 0,24 X_1 X_2 + 0,054 X_1 X_3 - 2,07 X_2 X_3 + 3,91 X_1^2 - 9,65 X_2^2 - 6,24 X_3^2;$$

$$Y_3 = 0,879 - 0,010 X_1 - 0,098 X_2 - 0,384 X_3 - 0,043 X_1 X_2 + 0,046 X_1 X_3 + 0,089 X_2 X_3 + 0,311 X_1^2 - 0,135 X_2^2 - 0,614 X_3^2;$$

$$Y_4 = 2,0 - 0,65 X_3 + 4,55 X_1 X_3 + 9,08 X_2 X_3 + 31,50 X_1^2 - 13,74 X_2^2 + 0,65 X_3^2;$$

$$Y_5 = 2,222 - 0,083 X_1 - 0,075 X_2 + 0,426 X_3 - 0,062 X_1 X_2 + 0,050 X_1 X_3 + 0,033 X_2 X_3 - 0,072 X_1^2 - 0,130 X_2^2 - 0,086 X_3^2$$

$$Y_6 = 0,789 - 0,025 X_1 - 0,058 X_2 + 0,106 X_3 - 0,057 X_1 X_2 + 0,014 X_1 X_3 + 0,048 X_2 X_3 - 0,036 X_1^2 - 0,069 X_2^2 - 0,091 X_3^2.$$

Одержані рівняння регресії адекватні і задовольняють критерію Фішера; результати їх обробки подано в табл. 4.

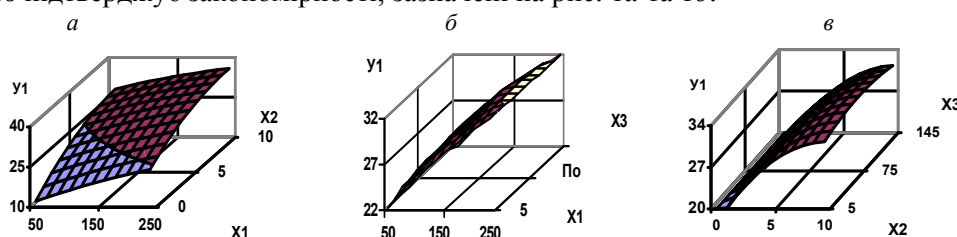
Статистичні показники результатів обробки отриманих експериментальних даних

Показники	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
Сума дисперсій	26	11	30	0,47	0,52	0,11
Дисперсія досліду середня	5,333	0,846154	5,6667	0,1	0,1111	0,02333
Сума дисперсій моделі	4,8087	107,47	2665,4	0,00191	0,14103	0,02389
Дисперсія адекватності	0,3699	8,2668	205,03	0,00147	0,01084	0,00183
$F_{\text{Фішера}} = D_{\text{досл.}} / D_{\text{адекв.}}$	14,418	0,1023	0,0276	16,8	10,2420	12,6938

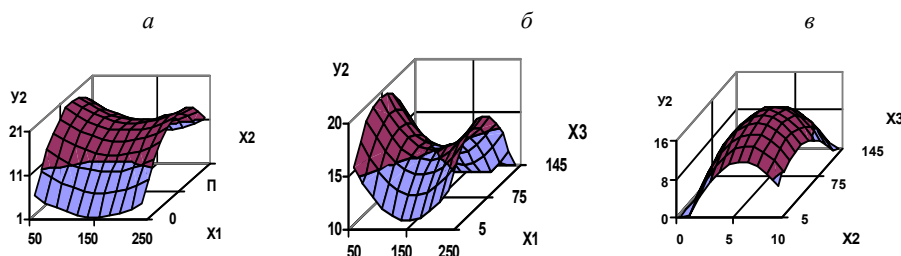
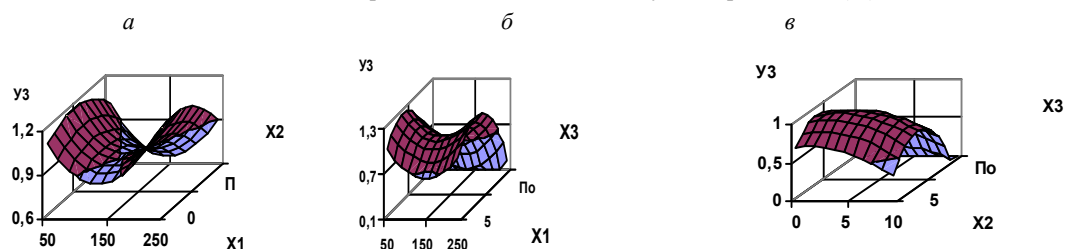
Відповідно до отриманих рівнянь регресії побудовано поверхні відклику (рис. 1-6), які показують залежність відповідного параметра оптимізації (Y_1 - Y_6) від умовної в'язкості дьогтю за C_{30}^{10} X_1 , масової концентрації полістиролу X_2 і часу приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 .

З підвищенням умовної в'язкості дьогтю X_1 від 50 до 250 с за C_{30}^{10} і масової концентрації полістиролу X_2 від 0 до 10 % температура розм'якшення в'язучого Y_1 зростає від 10 до 40 °С за майже прямою пропорційною залежністю (рис. 1а). Зі збільшенням часу приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 від 5 до 145 хв. вона зростає від 28 до 32 °С (рис. 1б).

Рис. 1в підтверджує закономірності, зазначені на рис. 1а та 1б.

Рис. 1. Діаграма для температури розм'якшення в'язучого, °С Y_1

Максимальну еластичність (20 %) при 0 °С Y_2 (рис. 2) і розтяжність (близько 1 м) при 0 °С Y_3 (рис. 3) в'язуче має при масовій концентрації полістиролу X_2 5 % та часі приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 впродовж 75 хвилин.

Рис. 2. Діаграма для еластичності в'язучого при 0 °С, % (Y_2)Рис. 3. Діаграма для розтяжності в'язучого при 0 °С, м (Y_3)

При збільшенні часу приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 від 5 до 75 хвилин водонасичення дьогтеполімербетону Y_4 зменшується від 3,3 до 2 % (рис. 4).

Подальше суміщення полістиролу з кам'яновугільним дьогтем не призводить до зміни даного параметра оптимізації. Зростання умовної в'язкості дьогтю X_1 від 50 до 250 с за C_{30}^{10} і масової концентрації полістиролу X_2 від 0 до 10 % не змінює водонасичення дьогтеполімербетону Y_4 .

Тривимірні діаграми рис. 4а відсутні, тому що коефіцієнти рівняння регресії для Y_4 при X_1 та X_2 дорівнюють 0. Це означає, що на водонасичення дьогтеполімербетону ці фактори не впливають.

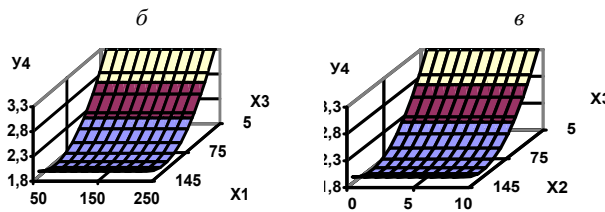


Рис. 4. Діаграма для водонасичення дьогтеполімербетону, % Y_4

Поверхня функції відклику границі міцності дьогтеполімербетону на стиск при 20 °С, МПа Y_5 проходить через екстремум (майже при 2,3 МПа) при умовній в'язкості дьогтю 150 с за C_{30}^{10} (X_1) та масовій концентрації полістиролу X_2 5% (рис. 5а).

З підвищенням часу приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 від 5 до 145 хвилин зазначений параметр оптимізації змінюється від 1,5 до 2,5 МПа майже лінійно (рис. 5б,в).

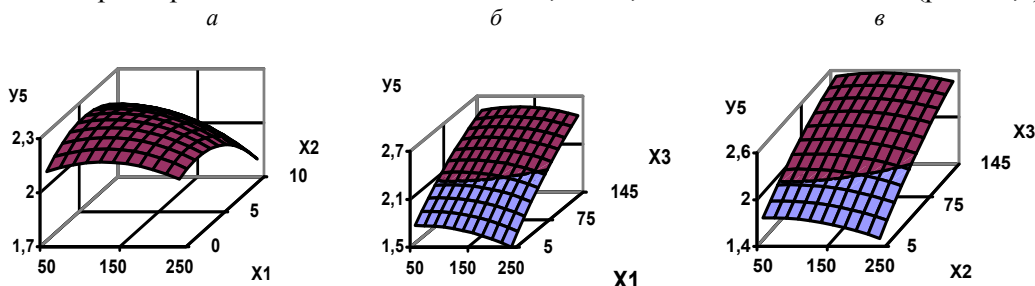


Рис. 5. Діаграма для границі міцності дьогтеполістиролбетону на стиск при 20 °С, МПа (Y_5)

Коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполімербетону Y_6 досягає екстремального значення (0,78) при умовній в'язкості дьогтю X_1 за $C_{30}^{10}=75$ с та масовій концентрації полістиролу (X_2) 10 % (рис. 6а).

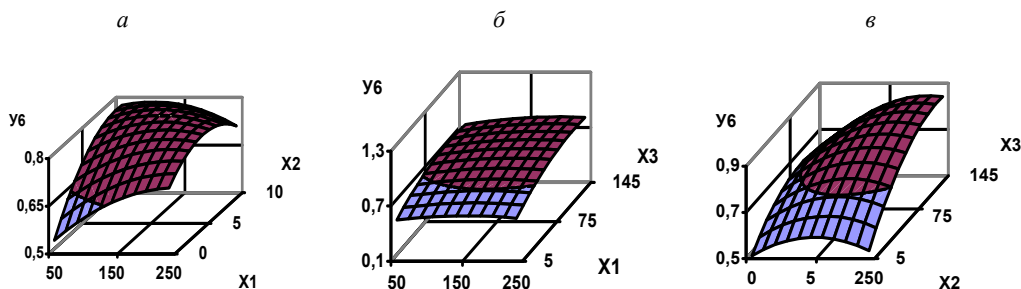


Рис. 6. Діаграма для коефіцієнта тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону (Y_6)

Збільшення умовної в'язкості дьогтю X_1 з 50 до 250 с за C_{30}^{10} без полімеру (нульова масова концентрація полістиролу X_2) за майже прямою пропорційною залежністю призводить до зростання коефіцієнта тривалої водостійкості дьогтеполімербетону Y_6 від 0,55 до 0,7 (лише в кінці зазначеного діапазону поверхня функції відклику стає похилою).

Підвищення часу приготування дьогтеполістирольного в'язучого X_3 з 5 до 145 хвилин сприяє збільшенню коефіцієнта тривалої водостійкості дьогтеполімербетону Y_6 від 0,55 до максимального значення 0,85 при умовній в'язкості дьогтю (X_1) за $C_{30}^{10}=250$ с та масовій концентрації полістиролу (X_2) 10% (рис. 6б,в).

Отже, враховуючи граничні значення функцій відклику всіх параметрів оптимізації (Y_1 - Y_6), можна зазначити, що оптимальною системою «дьоготь - полістирол» буде при умовній в'язкості дьогтю (X_1) за $C_{30}^{10}=75$ -250 с, масовій концентрації полістиролу (X_2) 4,0-6,0 % та часі приготування дьогтеполістирольного в'язучого (X_3) впродовж 70-80 хвилин.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Вперше проведено математичне й комп'ютерне дослідження і оптимізацію системи «дьоготь - полістирол».

За допомогою методів математичного планування експерименту на підставі розробленої математичної моделі та розрахованих й побудованих тривимірних діаграм «параметр оптимізації системи - фактори варіювання» доведено, що оптимальними концентраціями полістиролу в кам'яновугільних

дьюгтях є 4,0-6,0% відповідно до їхніх в'язкостей $C_{30}^{10}=75-250$ с, а час приготування дьогтеполістирольного в'язучого становить 70-80 хвилин.

Проведення оптимізації дозволяє поліпшити якість кам'яновугільних в'язучих і одержати таким чином дьогтеполістирольне в'язуче з оптимальним комплексом фізико-механічних властивостей та екологічних характеристик.

Воно з успіхом може бути застосоване для укріплення основ дорожніх одягів з горілих порід шахтних териконів. За своїми технічними показниками таке в'язуче наближається до бітумів нафтових дорожніх.

При цьому заощаджується високовартісний нафтовий продукт, а також зменшуються забруднення навколишнього середовища та поліпшуються умови праці під час виробництва в'язучого і використання дьогтебетонів (леткі фракції дьогтю частково поглинаються введеним полістиролом).

Застосування відходів виробництв для модифікації рідких кам'яновугільних в'язучих дозволяє: збільшити вихід кондиційного в'язучого; підвищити продуктивність праці технологічного переділу з виробництва в'язучих; знизити собівартість виробництва дьогтебетонних сумішей; забезпечити ефективне використання рідких дьогтів з низькими експлуатаційними показниками; поліпшити умови праці на асфальтобетонних заводах; здійснити утилізацію відходів вугільної промисловості та відходів побічних продуктів ряду виробництв.

Список літератури

1. **Гамеляк І.П.** Надійність конструкції дорожнього одягу. Частина 1. Проектна та технологічна надійність / **І.П. Гамеляк** // Автошляховик України. – 2006. - № 5. – С. 39-41.
2. **Кіщинський С.В.** Поліпшення властивостей бітумів шляхом модифікації полімерною добавкою на основі вторинного поліетилену / **С.В. Кіщинський** // Вестник ХНАДУ. – 2006. - № 34-35.
3. **Веренько В.А.** Применение дегтей повышенной вязкости для устройства оснований / **В.А. Веренько, И.К. Яцевич, В.А. Тарас** // Автомобильные дороги. – 1984. - № 3. – С. 14-15.
4. **Гохман Л.М.** Влияние эластичности органических вяжущих на накопление остаточных деформаций в бинарных смесях / **Л.М. Гохман** // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2011. - № 1. – С. 31-33.
5. **Dony A.** Bitumes-polimeres. Adapton gos tests du techniques d'aujourd' hur / **A. Dony, C. Tunnel** // 5th Eurobitume Congres. – Stockhlm. – Vol. 1A. – pp. 67-70.
6. **Радовский Б.С.** Проблема повышения долговечности дорожных одежд и методы ее решения в США / **Б.С. Радовский** // Дорожная техника. – 2006. - № 4. – С. 108-118.
7. **Görkem I.C.** Determination of moisture susceptibility characteristics of polymer modified hot-mixed asphalt / **I.C. Görkem, V. Sengöz** // Deü mühendislik fakültesifene mühendislik dergisi Cilt. – 2008. - Say 3. – pp. 59-72.
8. **Оксак С.В.** Устойчивость смолополимерных вяжущих при повышенных температурах / **С.В. Оксак** // Вестник ХНАДУ. – 2006. - № 34-35.
9. **Гуляк Д.В.** Стабилизация процессов старения бетонных смесей и бетонов на каменноугольных вяжущих / **Д.В. Гуляк** // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. – 2010. - № 1 (81). – С. 208-212.
10. **Золотарев В.А.** Свойства битумов, модифицированных полимерами типа СБС / **В.А. Золотарев** // Автошляховик України. – 2003. - № 5 (175). – С. 25-27.
11. **Золотарев В.А.** Влияние свойств битумополимерных вяжущих на сдвигустойчивость асфальтобетона / **В.А. Золотарев** // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. - № 2. – С. 27-30.
12. **Гохман Л.М.** Требования к дорожным органическим вяжущим материалам и смесям на их основе / **Л.М. Гохман** // Вестник ХНАДУ. – 2006. - № 34-35.
13. **Пактер М.К.** Перспективы получения дорожных органических вяжущих на основе твердых горючих ископаемых. I. Коксохимическое сырье / **М.К. Пактер, В.И. Братчун, В.Л. Беспалов** и др. // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури, 2010. – Вип. 1 (81). – С. 22-35.
14. **Гохман Л.М.** Требования к дорожным каменноугольным дегтям / **Л.М. Гохман** // Автомобильные дороги. – 1983. - № 1. – С. 10-11.
15. **Братчун В.И.** Особенности структуры и свойств каменноугольных дегтей / **В.И. Братчун, А.Н. Бачурин** // Автомобильные дороги, 1984. - № 11. – С. 13-14.
16. **Розенталь Д.А.** Особенности приготовления полимербитумных композиций / **Д.А. Розенталь, С.В. Дронов, А.А. Иванов** // Строительные материалы, 2004. - № 9. – С. 13-14.
17. **Becker Yvonne.** Polymer modified asphalt / **Yvonne Becker, Maryo P. Méndez, Yajaira Rodrigues** // Vision tecnologica, 2001. – Vol. 9. - № 1. – pp. 39-50.
18. **Колчанов А.Г.** Применение полимеров при поверхностной обработке / **А.Г. Колчанов** // Автомобильные дороги, 1971. - № 11. – С. 21-22.
19. **Володько В.П.** Применение дегтеполимерных вяжущих при устройстве дорожных покрытий / **В.П. Володько, А.Л. Хорошуля, М.Д. Круцык** и др. // Автомобильные дороги, 1979. - № 10. – С. 24-25.
20. **Ключников И.Ф.** Улучшение качества каменноугольных вяжущих / **И.Ф. Ключников, С.В. Егоров, В.П. Володько** // Автомобильные дороги, 1983. - № 7. – С.10-11.

21. Думанский А.М. Использование отходов производства полистирола для повышения качества дегтей и дегтебетонов / А.М. Думанский, В.М. Даценко, В.П. Володько // Тезисы докладов всесоюзной конференции «Управление структурообразованием, структурой и свойствами дорожных бетонов».- Харьков, ХАДИ, 1983. – С. 91-92.
22. Володько В.П. Каменноугольные дегти, модифицированные отходами производства фенолэтилена и его полимеров / В.П. Володько, А.М. Думанский, В.В. Комаров и др. // Автомобильные дороги, 1985. - № 6. – С. 3-5.
23. Думанский А.М. Модификация каменноугольных дегтей добавками отходов производства стирола / А.М. Думанский, В.П. Володько, Т.В. Поличковская // Автотракторостроение Украины, 1987. - № 4 – С. 27-28.
24. Володько В.П. Вяжущие материалы из смолы обжиговых печей / В.П. Володько, В.М. Даценко // Тезисы докладов республиканской конференции «Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов». – Харьков, ХАДИ, 1989. – С. 83-84.
25. Орел В.Д. Кам'яновугільні в'язучі, модифіковані відходами виробництва полімерів фенілетилену / В.Д. Орел, А.М. Думанський, О.В. Даценко // Автошляховик України, 1994. - № 3. – С. 29-31.
26. Даценко В.М. Дьогтеполімерні бетони підвищеної довговічності на основі в'язучих, модифікованих відходами виробництва стиrolу та полістиролу: автореф. дис. на здобуття наукового ступ. канд.техн.наук / В.М. Даценко. - Харків, 2006. – 18 с.
27. Повзун О.І. Горілі породи, укріплені кам'яновугільним в'язучим, – ефективний конгломерат в основах автомобільних доріг / Повзун О.І., Вірич С.О., Кононіхін С.В. // Вісник КНУ. – Кривий Ріг, 2015. – Вип. 39. – С. 8-13.
28. Повзун О.І. В'язуче для укріплення горілих порід шахтних териконів в основах дорожніх одягів / О.І. Повзун, О.С. Парфенюк, С.О. Вірич та ін. // Вісник КНУ. – Кривий Ріг, 2016. – Вип. 41. – С. 59-64.
29. Голикова Т.И. Свойства D - оптимальных планов и методы их построения / Т.И. Голикова, Н.Г. Микешина // Новые идеи в планировании эксперимента. – М.: 1969. - С. 34-39.
30. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии / В.В. Кафаров. – М.:Химия, 1971. – 496 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 697.1 (035.5)

О.М. ГОЛИШЕВ, д-р техн. наук, проф.,
А.О. ГОЛИШЕВ, Д.В. МИХАЛКІВ, старші викладачі,
Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ ВИМОГ НА КОНСТРУКТИВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ В УМОВАХ РІЗНИХ ТИПІВ БУДІВЕЛЬ

Розглянуто вплив рекомендованих нормативних значень температур припливного повітря в системах повітряного опалення, в тому числі і в системах суміщених з вентиляцією на конструктивні особливості систем. Відмічається, що для систем водяного та парового опалення, які мають своєю сутністю систему з проміжним теплоносієм – водою або водяною парою відповідно, в нормативних документах допускаються більш високі значення температурних графіків подачі теплоносія, що відповідно має результатом високі температури граючої поверхні опалювальних приладів, що значно перевищує допустимі значення температури повітря як теплоносія в системах повітряного опалення. Перевищення вказаних граничних нормативних значень температури припливного повітря у досліджуваних межах 80-100 °С відповідно істотно не впливає на якість повітря як середовища для перебування в ньому людини та дихання. При цьому в системах повітряного опалення практично відсутні значні площі поверхні контактного високотемпературного теплообміну, що може бути причиною погіршення якостей повітря та надходження в приміщення продуктів термічного розкладу пилу. Обмеження температури припливного повітря наведеними нормативними значеннями особливо впливає на експлуатаційні показники функціонування систем повітряного опалення з енергоефективним режимом «робочий-черговий» та значно збільшують час отримання нормованих параметрів температур в приміщеннях, також збільшується вартість системи опалення в цілому та витрати на експлуатацію через підвищений повітрообмін і відповідно більші типорозміри всіх конструктивних елементів, при цьому можливі перевищення рекомендованих значень рухливості повітря в приміщенні та погіршення якості повітря через збільшення циркуляції пилу разом з повітрям.

Ключові слова: повітряне опалення, температура припливного повітря, теплоутилізація, рекуперація

Відповідно з загальноприйнятою класифікацією [1-3] системи водяного опалення поділяються за способом підключення до джерела теплопостачання на два типи: підключення за гідравлічно залежною та гідравлічно незалежною схемою. При гідравлічно залежній схемі підключення безпосередньо теплоносії (вода) проходить через джерелом теплопостачання, де його температура підвищується до розрахункових значень, що можуть максимально складати 130-150 °С та подається в систему опалення, де через опалювальні прилади тепловий потік надходить в приміщення. Відповідно температура теплообмінних елементів теплогенератора для забезпечення зазначених температурних параметрів теплоносія повинна бути значно вища. При цьому системи водяного опалення по відношенню до обслуговуваних приміщень фактично є системами з проміжним теплоносієм, оскільки кінцевою метою їх функціонування є транспортуван-

ня та передача теплоти від джерела тепла в приміщення, а саме - підвищення температури повітря в приміщенні t_b та радіаційної температури поверхонь t_r , що спільно формують результуючий нормований параметр температури приміщення t_n . При цьому у відповідності з діючими нормативними документами [4], для системи водяного опалення нормується температурний графік робочих температур теплоносія, який відповідно до типу будівлі може досягати максимального значення 150 °С, температура контактної поверхні нагрівального елемента нормується лише для газових нагрівачів та складає відповідно 150 та 250 °С для високотемпературних випромінювачів

На відміну від систем водяного опалення, системи повітряного опалення фактично є системами з прямим нагрівом у яких використовується в якості теплоносія атмосферне повітря, що безпосередньо задіяне в процесі дихання людини. Принципом роботи системи повітряного опалення є підігрів повітря в контактному теплообміннику до розрахункових температур та подача його у приміщення, що обслуговується.

Відповідно до прийнятої класифікації системи повітряного опалення є відкритими, тобто повітря, яке подається в приміщення та приймає участь у процесі дихання людини безпосередньо проходить всі елементи системи повітряного опалення.

Відповідно з діючими нормативними документами [4, п.4.4.8] температура припливного повітря в системах повітряного опалення повинна не перевищувати 70 °С, при цьому обґрунтування прийняття зазначеного обмеження фактично відсутнє у нормативній та довідниковій літературі.

При виконанні розрахунків систем повітряного опалення зазначене обмеження за температурою припливного повітря не перевищується, оскільки приймається значення розрахункової кратності повітрообміну не менше 3-5, за якого необхідне перевищення температури припливного повітря для компенсації втрат теплової потужності становить в залежності від теплотехнічних характеристик будівлі 5-30°C, тобто температура подачі повітря за фактичними розрахунками не перевищує 45..50°C, що відповідно виключає необхідність обґрунтування перевищення температури припливного повітря вище нормативного значення.

Санітарно-гігієнічні вимоги рекомендують обмежувати температуру поверхні опалювальних приладів, що обумовлено явищем розкладання і сухої сублимації органічного пилу, яке супроводжується виділенням шкідливих речовин, зокрема окису вуглецю. Термічне розкладання пилу починається за температури 65-70 °С та інтенсивно протікає на поверхні, що має температуру понад 80 °С [1,2].

У системах повітряного опалення єдиним елементом з зазначеними високими температурами є повітрянагрівач, при цьому площа контактні поверхні для осідання пилу зведена до мінімуму, видалення пилу з циркулюючого теплоносія виконується повітряним фільтром.

Системи повітряного опалення конструктивно поділяються на дві категорії:

з використанням 100% рециркуляційного внутрішнього повітря;

з підмішування частини зовнішнього повітря - системи з частковою рециркуляцією, системи повітряного опалення суміщеного з вентиляцією.

Принципова схема типової схеми повітряного опалення рециркуляційного типу з зазначеним основних конструктивних елементів наведена на рис. 1А.

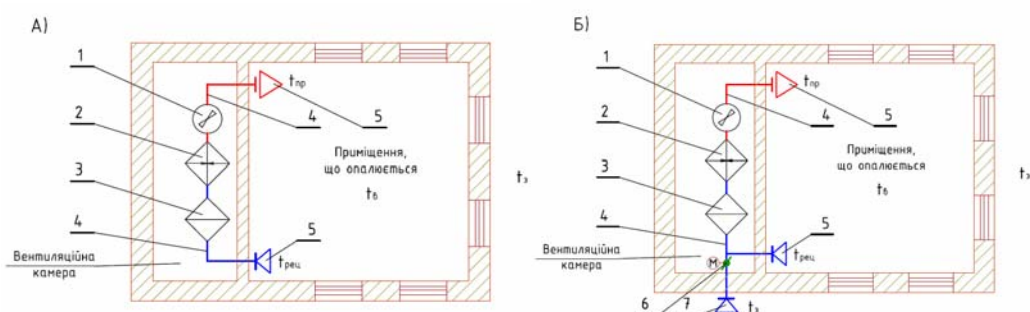


Рис. 1. А - Принципова схема систем повітряного опалення рециркуляційного типу; Б - Принципова схема системи повітряного опалення суміщеного з вентиляцією: 1 - нагнітувач (вентилятор); 2 - повітрянагрівач; 3 - фільтр; 4 - повітроводи транспортування теплоносія (повітря), 5 - повітророзподільчі пристрої припливу та забору повітря з приміщення; 6 - регулюючий повітряний клапан забору зовнішнього повітря; 7 - забір зовнішнього повітря

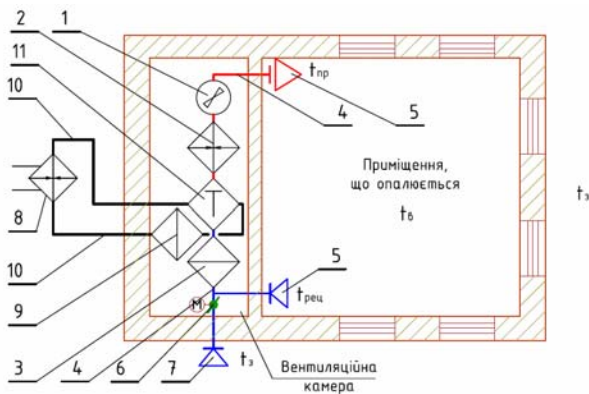


Рис. 2. Принципова схема системи повітряного опалення суміщеного з вентиляцією з незалежним підключенням джерела тепlopостачання: 1 - нагнітувач (вентилятор); 2 - резервний повітрянагрівач; 3 - фільтр рециркуляційного повітря; 4 - повітроводи транспортування теплоносія (повітря), 5 - повітророзподільчі пристрої припливу та забору повітря з приміщення; 6 - регулюючий повітряний клапан забору зовнішнього повітря; 7 - забір зовнішнього повітря; 8 - джерело теплоти з забрудненим високотемпературним повітрям; 9 - пристрій очистки забрудненого високотемпературного повітря; 10 - повітроводи транспортування високотемпературного забрудненого повітря; 11 - теплоутилізатор-повітрянагрівач

Автоматична зміна витрати зовнішнього повітря необхідна для забезпечення вимог щодо енергозбереження - при застосуванні принципу чергового опалення у відповідності до вимог нормативних документів [4-7] для будівель громадського та виробничого призначення при перервах в експлуатації та відсутності людей в приміщеннях. За цих умов система повітряного опалення припиняє забір зовнішнього повітря та використовує тільки рециркуляційний принцип роботи при забезпеченні мінімальної нормативної температури в приміщеннях відповідно до параметрів «чергового» режиму.

Також на сьогодні принцип чергового опалення набуває значного поширення для індивідуальних житлових будинків оскільки забезпечує значне зменшення енерговитрат, особливо для житлових будинків періодично використання - заміські котеджі, окремі житлові будинки баз відпочинку, готелів тощо.

Особливістю застосування принципу чергового режиму є необхідність збільшення встановленої теплової потужності системи не менше ніж на 40-100 Вт/м² при періоді чергового режиму 8-62 години для забезпечення швидкого переходу в «робочий» режим відповідно до [4, дод.Н1]. Вказана надбавка на потужність системи може збільшити її встановлену потужність на 60-150 % залежно від теплотехнічних показників будівлі.

Відповідно в цьому випадку застосування повітряного опалення є найбільш доцільним варіантом виконання системи підтримання мікроклімату для умов відповідних житлових, громадських та промислових будівель оскільки в приміщення подається теплоносієм повітря, температура якого фактично миттєво формує необхідні температурні умови в приміщенні за умови коректного повітророзподілу (з урахуванням впливу відсоткового відношення площі огорожуючих конструкцій).

При зазначеній збільшеній встановленій потужності системи повітряного опалення при переході з «чергового» в «робочий» режим для виконання швидкого нагріву відповідно до розрахунку температура припливного повітря може перевищувати граничне нормативне значення 70°C, що приводить до необхідності при проектуванні збільшення повітрообміну та відповідно до здорожчання вартості системи в цілому. Враховуючи, що час переходу з «чергового» в «робочий» режим не має перевищувати 1-2 години при фактичній відсутності в приміщеннях людей, для яких відповідно нормуються параметри мікроклімату, можливо обґрунтування доцільності такого перевищення допустимих нормативних значень, оскільки фактично за санітарними показниками повітря з температурою 80-100 °C не змінює своїх властивостей та при змішуванні з повітрям приміщення та зниженні температури в суміші, не погіршує своїх якостей як середовище для знаходження в ньому людини.

Основним обмежуючим фактором підвищення температури припливного повітря є експлуатаційні та конструктивні параметри повітрянагрівачів. За типом джерела нагріву вентиляційні повітрянагрівачі (калорифери) поділяються:

водяні - теплоносієм вода з максимальною температурою 150°C, фактичні значення становлять 80-90°C;

парові - теплоносієм водяна пара з максимальною температурою 150°C, застосовуються досить рідко лише в промислових будівлях;

електричні, температура контактної поверхні нагрівача становить 130-240 °C.

Для забезпечення форсованого нагріву приміщення найбільш прийнятним є використання саме електричних повітрянагрівачів, оскільки відповідно до своєї конструкції вони мають ни-

зький аеродинамічний опір та можуть практично лінійно змінювати теплову потужність та температуру припливного повітря при використанні сучасного автоматичного регулювання. При цьому встановлення додаткової потужності, необхідної для швидкого виходу приміщення на робочі параметри повітря, суттєво не впливає на аеродинамічні характеристики повітрянагрівача [9].

Значення максимальної температури контактної поверхні повітрянагрівача становить 180°C у відповідності з конструктивним розрахунком та забезпечення оптимальних показників експлуатації власне гріючого елемента [8], при цьому при використанні відкритих гріючих елементів температура поверхні може досягати 400°C.

В опалювально-вентиляційних установка, які на сьогодні серійно виробляються, температура гріючого елемента електричного повітрянагрівача здебільшого не перевищує 130 °C [9], при максимальній робочій різниці температур 90 °C, що дозволяє забезпечити умови швидкого переходу з «чергового» в «робочий» режим та відповідно високі показники енергоефективності системи в цілому.

На відміну від загально прийнятих систем повітряного опалення з прямим нагрівом, у яких безпосередньо нагрівається і подається приміщення повітря, що приймає участь в процесі дихання, в багатьох випадках доцільним рішення є застосування незалежного підключення повітрянагрівача до системи нагріву і подачі повітря в приміщення. Запропонована схема, що наведена на рис. 2, дозволяє використовувати в якості джерела нагріву вторинні високотемпературні викиди та димові гази.

Наведена конструкція системи повітряного опалення є оптимальною для використання з метою відбору теплоти від джерела забрудненого повітря, що не може використовуватися у якості середовища для перебування людини за умови близького розташування в плані джерела високотемпературних викидів та об'єкта теплоспоживання.

Перевагами застосування безпосередньо у схемі повітряного теплоутилізатора є:

більш високий ККД за рахунок виключення проміжного теплоносія;

використання повітря у якості теплоносія виключає можливість розморожування системи та аварій через витоки теплоносія;

можливість гнучкого регулювання теплової потужності шляхом зміни температури припливного повітря.

Потрібно зауважити, що в системі повітряного опалення нагрівача-теплоутилізатор за запропонованою схемою повинен дублюватися іншим резервним джерелом теплоти на випадок зупинки технологічного процесу за якого отримують вторинні енергетичні ресурси. Таким джерелом тепла може бути електричний нагрівач або теплогенератор іншого типу.

Враховуючи практично постійний багатозмінний режим роботи обладнання, зокрема в умовах промислових підприємств за рахунок теплоутилізації таких вторинних енергоресурсів можливо зменшення теплоспоживання на 40-100 % внаслідок повного заміщення теплоти необхідної для систем опалення та теплопостачання вторинними тепловими ресурсами.

Запропонована схема системи повітряного опалення з незалежним підключенням джерела теплопостачання (рис. 2) може бути використана, як у в умовах промислових підприємств, що мають значні обсяги високотемпературних забруднених викидів, так і в умовах громадських та житлових будівель при використанні в якості джерела тепла продуктів згоряння теплогенераторів котельень.

Висновки. Відповідно до наведеного можна зробити висновок, що використання у якості теплоносія атмосферного повітря дає значні переваги щодо можливості зменшення енергоспоживання та підвищення гнучкості реагування системи на необхідність швидкої зміни температурних параметрів в приміщенні при експлуатації систем повітряного опалення. Згідно нормативних документів рекомендована максимальна температура припливного повітря при використанні системи повітряного опалення складає 70 °C, в той же час щодо систем з іншим типом теплоносія ця гранична температура є значно вищою.

Згідно санітарно-гігієнічних вимог відсутні прямі вимоги щодо заборони короточасного перегріву повітря вище 90-100 °C у повітрянагрівачах, що підтверджується їх паспортними даними, за якими температура контактної поверхні повітрянагрівача може складати 130 °C, при максимальній робочій різниці температур рециркуляційного та витяжного повітря 90 °C. В той же час проектне обмеження температури припливного повітря значно знижує потенціал вико-

ристання режимів швидкого виходу приміщень на розрахункові значення внутрішньої температури при використанні енергоефективного принципу «черговий-робочий режим».

Список літератури

1. Справочник проектировщика /Под ред. **И.Г.Староверова и Ю.И.Шиллера**. Ч. I. Отопление. - М.: Стройиздат, 1990. - 344 с
2. **Сканави А.Н.** Отопление. – М.: Стройиздат, 1988, - 416 С.
3. **Русланов Г.В., Розкин М.Л., Ямпольский Э.Л.** Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий : Проектирование / Справочник. - К. : Будивельник, 1983. - 272 С.
4. ДБН В 2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіонбуд України, - 2013 - 141 с.
5. ДБН В2.2-9-99. Громадські будинки та споруди/Держбуд України.-М.: Київ, 1999. - 53 С.
6. ДБН В.2.2-16-2005. Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади / Держбуд України. - М.: Київ, 2005. - 63 С.
7. ДБН В.2.2-13-2003. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі будівлі. Норми проектування / Держбуд України. - М.: Київ, 2004.-79 С.
8. **Кудрявцев И.Ф.** Электрический нагрев и электротехнология / **И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко**. – М.: Колос, 1975. - 384 с.
9. Технічний каталог компанії «ВЕЗА», 2015р.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 681.03

И.Н. ВДОВИЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

РАЗВИТИЕ СХЕМЫ НАУЧНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Рассмотрены проблемы алгоритма проведения современной экспертизы. Отмечена необходимость развития некоторых направлений данной сферы. Предложены методы и алгоритмы совершенствования отбора экспертов в экспертные группы, а так же необходимость нового подхода к созданию базы данных экспертов на основе объектно-реляционной модели БД. Выбор этой модели БД обеспечивает работу с многомерными данными, которые используются для расчета агрегированных коэффициентов. Входной информацией для БД служат результаты расчетов, полученные совокупностью методов: самооценки, взаимооценки, социометрической оценки, документальной оценки, тестовой оценки, оценки по объективным показателям. Предложено новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в многокритериальном экспертном оценивании альтернатив при формировании экспертной группы. Для этого была разработана информационная технология комбинированного многокритериального экспертного оценивания альтернатив. Технология объединяет эвристические и статистические методы. Технология использует 30 базовых методов, 6 основных методик и 3 психологических теста. Предложены формулы расчетов интегральных коэффициентов для каждого эксперта, которые учитывают признаки профессиональных и личных качеств. Создание гибридной объектно-реляционной БД экспертов является перспективным направлением повышения эффективности экспертизы.

Ключевые слова: банк данных экспертов, эффективность отбора, алгоритм.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Экспертная работа и экспертные услуги - важная форма функционирования знаний. Экспертное прогнозирование во многих сферах научной деятельности и управления является актуальной проблемой.

Все больше сил и времени аналитики, разработчики, программисты, когнитологи уделяют автоматизации и усовершенствованию процесса проведения экспертизы [1].

Важность экспертизы заключается в том, что она дает возможность избежать риска. Ясно, что качество экспертизы зависит от компетентности выполняющих ее экспертов. Мало внимания уделялось вопросу подбора экспертов. Методика, обеспечивающая правильность формирования экспертной группы, только разрабатывается. В известных методах проведения экспертизы предполагается, что экспертная группа задана.

Основной проблемой экспертизы сегодня является разрозненность различных экспертных советов и отсутствие четко сформулированных критериев выбора экспертной группы [2]. Иногда совершенно не понятны принципы формирования экспертных советов. Это создает обстановку недоверия к качеству экспертизы. Ключевым моментом любой экспертизы является доверие к высокой квалификации экспертов. Необходимо, чтобы экспертная оценка не напоминала формальное следование правилам, а обеспечивала качественное исследование предполагаемых вопросов.

Результаты работы экспертного совета должны быть мотивированными. Важным является демонстрация компетентности и весомости экспертных советов, формирующих состав экспертов. Необходимо обеспечить прозрачность работы экспертных советов и экспертов. Эксперт должен быть готов доказать аргументированность своего заключения в дискуссии с другими экспертами.

Постановка задачи. Сказанное приводит к выводу, что работа по решению вопроса о выборе экспертов актуальна и важна. Ее многократно пытаются решать на уровне отдельных экспертных советов, на уровне самостоятельных разработок энтузиастов, но оптимальный вариант еще не найден. Существует необходимость в дальнейшей разработке проблемы, на что не раз указывали различные авторы.

Изложение материала и результатов. Было предложено новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в многокритериальном экспертном оценивании альтернатив при формировании экспертной группы. Для этого была разработана информационная технология комбинированного многокритериального экспертного оценивания альтернатив. Технология объединяет эвристические и статистические методы. Для построения технологии использованы 30 базовых методов, 6 основных методик и 3 психологических теста. В ней результирующие показатели вычисляются сложными, комплексными методами, учитывающими: степень компетентности каждого эксперта, значимость критериев, значимость оценок, значимость групповой принадлежности критериев и др.

На рис. 1 предложена потоковая схема алгоритма работы системы при экспертном формировании группы экспертов.

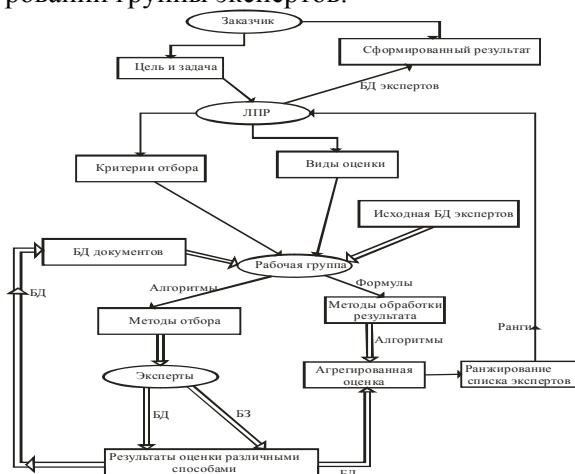


Рис. 1. Потоковая схема алгоритма работы системы при экспертном формировании группы экспертов

При выборе экспертных советов необходимо учитывать:

- эффективность выполнения отобранных решений;
- наличие опыта экспертизы;
- наличие базы данных экспертов, имеющих возможность работать в узких научных направлениях;
- стоимость экспертизы;
- применение современных телекоммуникационных средств для экспертизы.

Одним из эффективных механизмов повышения объективности и квалификации экспертизы является расширение круга экспертов и увеличение количества экспертных оценок.

В процессе работы в экспертных советах постепенно формируется круг экспертов, мнение которых будет подтверждаться практикой принятых решений, и именно они будут наиболее востребованы для экспертной работы в дальнейшем.

Для дальнейшего развития экспертизы любого направления необходимо создание банков данных экспертов.

Квалификация экспертов должна оцениваться интегральным коэффициентом, полученным обработкой n параметров. Параметры - это характеристики, представленные в БД.

Входной информацией для БД служат результаты расчетов, полученные совокупностью методов: самооценки, взаимооценки, социометрической оценки, документальной оценки, тестовой оценки, оценки по объективным показателям. БД экспертов представляет собой динамический массив. Его атрибуты и кортежи постоянно модифицируются в зависимости от поступающей информации. Предлагается использовать расчет интегрального коэффициента для каждого эксперта, что упростит подбор экспертной группы для выполнения каждой конкретной экспертизы.

Для расчета интегрального коэффициента БД должна содержать агрегированные оценки характеристик экспертов [3].

Агрегирование оценки проводится на основе комплексного показателя, который может быть получен путем трех частных комбинированных оценок:

определяются показатели, характеризующие степень развития профессиональных качеств эксперта P и уровень квалификации K , а также их количественные измерители;

Профессиональные качества P - установленные соответствия психофизиологических особенностей человека, его навыков, требованиям, предъявляемым спецификой избранной трудовой деятельности. Уровень квалификации K - уровень подготовленности, степень годности к конкретному виду труда, требующий специальной подготовки, умений и знаний, рис. 2.

определяются показатели, характеризующие выполняемую работу, т.е. позволяют сопоставить результаты участия в экспертизах P с учетом уровня сложности выполняемых ими функций C ;

определяются показатели, характеризующие степень развития личных качеств L , которые могут гарантировать честность, бескомпромиссность, независимость, внимательность, добропорядочность, серьезность принятых решений и другие необходимые качества лица принимающего решение.

Комплексная оценка D определяется по формуле

$$D = P \times K + P \times C + L.$$

Каждый элемент комплексной оценки характеризуется своим набором признаков и имеет соответствующую шкалу для их количественного измерения. Для определения показателя P производится оценка проявления каждого из признаков с учетом их удельной значимости, определяемой экспертным путем.

Каждый признак профессиональных и личных качеств имеет 9 уровней проявления и оценивается по принципу отклонения от среднего значения. При соответствии конкретного признака среднему уровню его количественная оценка = 5, ниже среднего - от 1 до 4, выше среднего - от 6 до 9. Для более объективной оценки шкалу можно детализировать. Оценка всей совокупности признаков производится путем суммирования оценок признаков, умноженных на их среднюю значимость

$$P = \sum_{i=1}^k b_i x_i.$$

Для получения количественной оценки признаков используем:

1. Количественный метод балльной оценки. Применение компьютеров позволяет оперативно производить расчеты и в итоге получать достаточно объективные оценки. Этот метод достаточно прост и доступен.

2. Качественный метод биографического описания деловой характеристики (документальный метод). Полученные оценки соответствуют конкретному набору качеств отражающих стаж, должность, образование, научную степень, ученое звание т.д.

3. Комбинированный метод - состоящий из разнообразных методов экспертной оценки степени проявления определенных качеств (социометрической оценки, по объективным показателям), специальные тесты и некоторые другие комбинации качественных и количественных методов. Все они строятся на оценке определенных признаков.

В рамках детализации технологии предложен алгоритм обработки экспертных оценок с учетом степени согласованности мнений экспертов, весомости критериев, весомости групп критериев, весомости мнений экспертов и учета результатов шести методик экспертного оценивания.

На рис. 2 предложена логико-функциональная схема определения оценки относительной компетенции экспертов. Предлагаем относительный коэффициент компетентности t -го порядка для каждого эксперта рассчитывать по формуле

$$K_i^t = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} k_j^{t-1}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} k_j^{t-1}}, \quad i=1,2,\dots,n; \quad t=1,2,\dots$$

где n - число экспертов в группе; x_{ij} - элементы матрицы X ; t - номер порядка коэффициента компетентности [4].

Коэффициент значимости мнений экспертов вычисляем по формуле

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_j x_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}}, \quad i = \overline{1, n},$$

где w_j - весовой коэффициент эксперта; x_{ij} - результаты оценки i -й проблемы j -м экспертом.



Рис. 2. Логико-функциональная схема определения оценки относительной компетенции экспертов

коэффициент можно записать формулой

$$Q = \sum_i \sum_j X_{ij} Y_{ij} Z_i S_j V_{ij} F_{ij} / \sum_i B_i,$$

где X_{ij} - самооценка i -го эксперта, по оценке работы с j -м научным направлением; Y_{ij} - взаимно-оценки i -го эксперта j -м экспертом; Z_i - вес i -го эксперта; S_j - коэффициент "знакомства" i -го эксперта с j -м научным направлением; V_{ij} - коэффициент частоты участия i -го эксперта в j -м направлении экспертизы; F_{ij} - дополнительные функциональные зависимости; B_i - max значения агрегированного показателя эксперта.

Для расчета данного коэффициента необходимо создать интеллектуальную информационную систему на основе предложенной гибридной БД экспертов.

Для выбора структуры БД мы предлагаем использовать объектно-реляционную модель.

Объектно-реляционная СУБД - реляционная СУБД, поддерживающая некоторые технологии, реализующие объектно-ориентированный подход: объекты, классы и наследование реализованы в структуре баз данных и языке запросов.

Объектно-реляционные СУБД объединяют в себе черты реляционной и объектной моделей. Реляционные базы данных хорошо работают со встроенными типами данных и гораздо хуже - с пользовательскими, нестандартными. Объектно-реляционная СУБД позволяет загружать код, предназначенный для обработки "нетипичных" данных. Таким образом, база данных сохраняет свою табличную структуру, но способ обработки некоторых полей таблиц определяется извне, т.е. программистом.

Выбор этой модели обеспечивает работу с многомерными данными, которые используются для расчета агрегированных коэффициентов.

Выводы и направленность дальнейших исследований. Создание гибридной объектно-реляционной БД экспертов является перспективным направлением повышения эффективности экспертизы.

Сегодня очень активно развиваются интерактивные системы экспертизы, что позволяет существенно снизить стоимость экспертизы. Использование в этих системах предлагаемой БД экспертов, значительно повысит их эффективность.

Снижения стоимости полноценной экспертной системы может дать эффект "масштаба", когда экспертные советы, с солидной базой экспертов, хорошо себя зарекомендовавших, будут загружены постоянно. Проведение экспертной оценки дорогостоящий процесс, но на наш взгляд, эти затраты сполна компенсируются повышением эффективности отбора наилучших решений, процессов, проектов, направлений исследований и т.д.

Список литературы

1. Бутенко И.А. Использование новых технологий при опросах. - М.: Синтег, 2000. - 28 с.

Комбинированные методы частично застрахованы от таких серьезных недостатков, как высокая степень субъективности и односторонность оценки, которые возникают, если оценку выполняет один человек [6].

Полученные таким образом агрегированные оценки характеристик экспертов используются для расчета интегрального коэффициента каждого эксперта.

Более того, мы считаем, что для различных направлений экспертизы, каждый эксперт будет иметь разные интегральные коэффициенты.

Этот интегральный коэффи-

2. **Вдовиченко І.Н.** Загальні тенденції розвитку експертних технологій для дослідження складних систем // Научно-практический информационный журнал "Научно-техническая информация". 2004. №3. С. 17-20.
3. **Вдовиченко І.Н.** Методи обробки інформації, отриманої в результаті експертної оцінки // НАН України Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. Междомственный сборник научных трудов "Відбір і обробка інформації". – Львов, 2006. Вып. 24(100). С. 56-58.
4. **Дункан Крамер** Математическая обработка данных в социальных науках. Современные методы / **Дункан Крамер** – М.: Академия, 2007. – 288 с.
5. **Батыгин Г.С.** Лекции по методологии социологических исследований. М.: АО Аспект Пресс, 1995. □ 350 с.
6. **Денисова А. Л.** Теория и практика экспертной оценки товаров и услуг. Учеб. Пособие / **А. Л. Денисова, Е. В. Зайцев.** - Тамбов: Изд. Тамб. Гос техн. ун-та, 2002. - 72 с.
7. **Гайдышев И. П.** Программное обеспечение анализа данных AtteStat. Руководство пользователя. Версия 13. 2012. – 506 с.
8. **Монтгомери Д. К.** Планирование эксперимента и анализ данных. / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.
9. **Hinton G. E.** How neural networks learn from experience. [online] / G. E. Hinton. Scientific American, September 1992. – pp. 145–151. Available from: <http://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/sciam92.pdf>
10. **Rojas R.** Neural Network. / R. Rojas. – Berlin Heidelberg Springer Verlag, 1996. – 502 p.
11. **Евланов Л.Г.,** Экспертные оценки в управлении. М.: Экономика, 1978. - 133 с.
12. **Крымский С.Б.** Экспертные оценки в социологических исследованиях. К.: Наукова думка, 1990, -319с.
13. **Абдикеев Н.М.** Проектирование интеллектуальных систем в экономике. М.: ЭКЗАМЕН, 2004 - 453с.
14. **Ларичев О.И.,** Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: НАУКА ФИЗМАТЛИТ, 1996
15. <http://expert.psychology.ru>.

Рукопись постуила в редакцию 18.03.16

УДК 622.3.012.2.002.5.004(075.8)

М.В. КИЯНОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., **С.С. ДУБРОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМИ ТОiP ОБЛАДНАННЯ ГЗК

Проведено комплексний аналіз різних факторів, що впливають на якість системи технічного обслуговування і ремонту (ТОiP) на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. Визначено позитивні та негативні чинники, що здійснюють вплив на вірний вибір стратегії технічного обслуговування і ремонту обладнання на прикладі гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). Виділено основні напрямки роботи для забезпечення ефективності ТОiP, в першу чергу це моніторинг та діагностична підтримка ТОiP у режимі безрозбірної оцінки працюючого обладнання, розробка рекомендацій з керування технічним станом енергетичного й технологічного устаткування в режимі «реального часу», розробка технічного завдання (ТЗ) на створення систем технічної діагностики, маловитратних гнучких технологій організації прогнозованого технічного обслуговування механізмів технологічних систем і окремих агрегатів «за станом».

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, експлуатація, стратегія, надійність, метод, стан, ресурс, акт.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Проблема забезпечення ресурсу і підвищення надійності машин є частиною загальної проблеми безпеки і ефективності їх використання. Саме від злагодженої роботи систем та машин залежить економічна ефективність підприємств експлуатантів. Забезпечення високої надійності в першу чергу залежить від якості складових будь якого механізму та ефективності стратегії і системи технічного обслуговування та ремонту.

Аналіз досліджень і публікацій. На підприємствах гірничо-металургійного комплексу України організація, порядок і перелік заходів по ТОiP обладнання регламентується системою нормативних документів, а саме: державні та галузеві стандарти системи технічного обслуговування та ремонту техніки і відповідні правила технічної експлуатації (далі - ПТЕ) підприємств гірничо-металургійного комплексу, ПТЕ окремих видів обладнання. Останнє Положення про технічне обслуговування обладнання гірничодобувних підприємств, затверджено наказом Мінпромполітики України від 04.07.2003 № 281, зареєстроване в Мінюсті України 22.08.2003 № 733/8054, та інші нормативно-правові акти [1,2].

Постановка завдання. Відповідно до вимог чинних нормативно-правових документів з врахуванням специфіки виробництва та місцевих умов на підприємствах галузі розробляються стандарти підприємств, інструкції, положення та інші локальні документи про ТОiP обладнання. Адекватно вимогам чинних нормативних документів на провідних підприємствах галузі,

наприклад в ГЗК, розроблені і активно використовуються СТП «Система ремонту обладнання», які є об'єктом дослідження в приведеній роботі.

Викладення матеріалу та результати. Абсолютно позитивним в плануванні, організації і забезпеченні якості ремонтних робіт є наявність і використання уніфікованих форм СТП (графіків всіх видів операцій ТОіР, де кожний об'єкт експлуатації (технологічне і допоміжне оснащення) має чітку, прозору, календарно визначену структуру операцій ТОіР впродовж календарного року. Це створює єдине для системи розуміння і чіткий алгоритм в розробці установчих документів і виконанні всіх видів ТОіР.

Потрібно усвідомлювати, що СТП «Система ремонту обладнання» при організації ТОіР, опирається на принципи стратегії ППР «за напрацюванням», яка тривалий час була, і поки що є основною, незалежно від рівня її ефективності, від рівня надійності обладнання і прийнятої (задекларованої) стратегії експлуатації.

У назві документів для планування та організації ТОіР є використання аббревіатури ППР і при цьому нема посилань на нормативні засади чи принципи названої стратегії експлуатації. Система ППР припускає наявність і використання статистичних моделей надійності обладнання. У даному випадку на всіх підприємствах такі моделі відсутні, через нехтування системних дослідження надійності обладнання та технологічних систем. Дані про експлуатаційні властивості накопичуються лише через показник середніх термінів напрацювання, без використання критеріїв оцінки їх достовірності. Тому підгрунтям планування, потрібно припускати, стає досвід виробництва, окремих фахівців, що частіше називають використання експертного методу, при необгрунтованій згоді на його достовірність.

Перша складність при розробці регламентів ТОіР на підставі названого СТП «Система ремонту обладнання» полягає у відсутності в СТП критерію призначення, обгрунтування змісту і тривалості КР (капітальних ремонтів), ПР (поточних ремонтів), ТО (технічного обслуговування) технологічних агрегатів. При цьому періодичність і зміст ТОіР потрібно розуміти має експертне обгрунтування (розробників графіків) і пов'язані із технічним станом обладнання тільки на підставі досвіду експерта.

Досвіду експерта, як правило, недостатньо для визначення ремонтних періодів. Точний розрахунок ускладнюється надзвичайно великими діапазонами розсіювання величин напрацювань. Останній факт ставить питання, чим пояснюється встановлений діапазон розсіювання ресурсних показників: нерівномірною вихідною якістю запасних частин, неякісним ремонтом чи несталими параметрами технологічного процесу, на які потрібно мати відповіді організатору ТОіР. Розрахунок кількості запасних частин будується на двох методичних платформах: за напрацюванням обладнання та його елементів у годинах; за напрацюванням у кількості переробленої сировини. При цьому передбачено використання середніх напрацювань обладнання до граничного стану і тому розрахунок запасних частин не буде коректним, через великі діапазони розсіювання ресурсних показників, що апіорі несе ризик аварійної відмови, або недовикористання індивідуальних ресурсів при існуючій практиці призначення міжремонтних періодів, що є властивим для даної системи організації ремонтів і суттєво знижує її ефективність.

У місячних графіках (всіх видів ТОіР) наведено тип обладнання, календарна дата, тривалість операцій ТОіР, але без конкретизації змісту робіт, відповідності трудоемності роботи плановому періоду, що не дає змогу переконатись у їх виконанні підрядною організацією, навіть при наявності акта виконаних робіт.

Структура графіка припускає, що всі об'єкти експлуатації рівнонадійні, швидкість спрацювання однаково незалежно від умов експлуатації, технічного стану, наявності експлуатаційних дефектів, що стає вагомим фактором дезорганізації здавалось би чіткої системи організації ТОіР. Графіки передбачають рівномірну занятість виконавців ТОіР впродовж року без врахування пріоритетів у відновленні працездатності обладнання. Тривалість операцій ТОіР і продуктивність праці виконавців нормативно не узгоджено і теж визначається тільки на підставі досвіду експерта, тому продуктивність праці, технічний рівень виконання робіт визначається виконавцем робіт (підрядна організація) виходячи із обмежень планової тривалості операцій ТОіР і не регламентується замовником.

При цьому прийнятий порядок планування технічного обслуговування (ТО) ігнорує необхідність проведення типових операцій (огляди, діагностика, налаштування, змашення та інш.). В системі організації технічного обслуговування на підприємствах ГЗК активне використання

діагностики не передбачається. Але за загальною оцінкою більш широкого досвіду у галузі - сервісні підрозділи для забезпечення ефективності ТОіР повинні в першу чергу надавати послуги з діагностики, моніторингу та діагностичної підтримки ТОіР у режимі безрозбірної оцінки працюючого обладнання, розробку рекомендацій з керування технічним станом енергетичного й технологічного устаткування в режимі «реального часу», ефективність яких доведена досвідом їхнього використання на багатьох об'єктах галузі, розробки ТЗ на створення систем технічної діагностики; маловитратних гнучких технологій організації прогнозованого технічного обслуговування механізмів технологічних систем і окремих агрегатів «за станом».

При наданні таких послуг діагностичної підтримки ТОіР повинно досягатись:

- попередження аварійних станів і виходу з ладу устаткування;
- зниження динамічних навантажень, збільшення довговічності опор робочих органів;
- запобігання витрат на аварійно-відновлювальні роботи;
- запобігання стресових станів обслуговуючого й ремонтного персоналу;
- спрощення організаційно-технічних і психологічних аспектів керування, тому що інструментальний контроль чітко розділяє вплив виконавців на технічний рівень агрегату;
- пуск в експлуатацію машини з параметрами, що забезпечують максимально можливий ресурс деталей і вузлів (наприклад, усунення перекосів підшипників в декілька разів підвищує термін їхньої служби);

- побудова обґрунтованих відносин з виконавцями ремонту;
- прогнозування моментів зупинки без шкоди для виробництва, своєчасна розробка технологій і підготовка ремонтно - відновлювальних робіт;

Відсутність у вимогах СТП «Система організації ремонтів» названих регламентів ТО не дозволяє ввести в технологію відносин замовників і виконавців ТОіР об'єктивних, інструментально-підтверджених показників контролю якості виконання регламентів процесу експлуатації і лише це може забезпечити ефективність «Система організації ремонтів» із значним скороченням експлуатаційних витрат (до 25%) .

Проблема виконання регламентів ТОіР в існуючій практиці реалізації СТП «Система організації ремонтів» ускладнюється правилами вибору їх виконавців - підрядних організацій, які обираються за принципом найнижчих ендерних показників, без ревізії технічної і фахової спроможності підрядними організаціями використання високоякісних технологій ремонту. Аналіз ланцюжка відомість дефектів, ремонтна відомість, графік ремонтів, кошторис, тендер завжди проводиться без участі виконавців (сервісних підрозділів), тобто без врахування технічного рівня можливих технологій ремонту чи ремонтного відновлювання з боку фахівців. Але саме на цьому етапі можливі варіанти різних технологій з різними якісними і вартісними параметрами, що може відкрити шлях суттєвих економії чи витрат.

Друга складність полягає у відсутності нормативно передбачених економічних критеріїв оперативного керування процесом виконання ТОіР. Інформація про ресурсне забезпечення фіксується в системі MY SAP ERP і має тільки контрольно-обмежувальну функцію і частино інформаційну систематику подій процесів експлуатації обладнання виробничих систем. Відповідальні за організацію ТОіР не мають даних про достатність і оперативну готовність ТМЦ на момент початку ТОіР. Відсутні відомості про використання ТМЦ в детальному розгляді, якість виконаних ремонтних робіт. Замовник послуг ТОіР передбачає вартість послуг виконавців на рівні 0,35 тис. грн/нормо-година, що свідчить про орієнтацію на використання малопродуктивної праці і низької кваліфікації виконавців!

При цьому активно не аналізуються причини простоїв обладнання. Відомості про втрати виробництва від простою обладнання не домінують в процесах прийняття рішень. Певна кількість відмов аварійні. Будь яка стратегія експлуатації допускає певний відсоток аварійних станів, відмов і відповідно проведення ремонтно-відновлювальних заходів. Це найбільш складна ситуація, тому що вона не передбачена і не забезпечена плануванням і приводить до значної дезорганізації робіт. На підрозділах ГЗК аварійні відмови відповідно звітам відносяться до категорії позапланових ремонтів, але досить вагома величина непланових простоїв (до 6% тривалості планових простоїв) не створює позитивну оцінку ефективності існуючої системи планування профілактичних заходів. Звіти про проведення позапланових ремонтів передбачають оцінку їх ефективності (практично завжди заявлена максимальна оцінка ефективності), що ймовірно передбачає оцінку тільки часових втрат і зовсім не розкриває джерел і вартості усу-

нення аварійних відмов. Посилаючись на постійну максимальну оцінку ефективності проведення позапланових ремонтів з'являється думка про доцільність витрат на утримання сфери з планування ремонтів.

Особливо критично потрібно оцінити правила завершення планових заходів по відновленню працездатності обладнання. В системі передбачено проводити оцінку якості виконання лише капітальних ремонтів. Взагалі існуюча система СТП чинної системи ТОіР передбачає досить значну, представницьку кількість звітних документів, які можна використовувати для контролю якості процесу ТОіР і контролю якості виконаних робіт та регламент взаємовідносин замовників та виконавців робіт, наприклад: Форма акту прийому об'єкту в ремонт, Форма звіту про виконання ремонту, Форма акта прийому об'єкту після ремонту, Акт прийому об'єкту в експлуатацію після капітального ремонту та інш. Кожний документ передбачає певну кількість узгоджених дій Замовника та Виконавця ремонтів, що ведуть до закриття «форми-2» на момент закінчення КР, яка свідчить про освоєння планових ресурсів, а чи досягнута мета ТОіР? Акт виконання планових робіт складається із формулювання з боку Замовника «Претензій нема» і зовсім не через нехтування своїх обов'язків, а через відсутність елементарних засобів контролю параметрів ТМЦ та якості.

Отже, при наявності великої кількості документів, що фіксують факт виконання планових та непланових робіт не встановлено регламент опрацювання, накопичення, зберігання, систематизації та оперативного використання отриманої інформації для нормування критеріїв розробки регламентів ТОіР.

Відсутність у стандартах СТП прямих вимог по оцінці продуктивності праці виконавців (учасників процесів експлуатації) засвідчує, що існуюча система ТОіР не зорієнтована на активне використання цих показників з метою розуміння вкладу цього показника в оцінку ефективності системи по економічним критеріям згідно з визначенням СТП «Система організації ремонтів».

Визначення продуктивності праці (за потребою) можливо побічними методами при аналізі повноти виконання критеріїв службових обов'язків для учасників системи ТОіР, а саме: для аналізу продуктивності праці працівників підрядних організацій найбільш інформативним може стати ремонтна відомість, а саме: відомість робіт ТОіР, де приведена трудомісткість кожної операції ТОіР та кількість її виконавців.

Розрахунок чи облік показників якості системи ТОіР не передбачено основоутворюючими положеннями системи СТП «Система організації ремонтів».

Але потрібно зважити, що в теорії існує інтегральний показник якості системи ТОіР, що використовують для оцінки її досконалості і який відрізняється комплексним урахуванням відносних оцінок елементарних показників характеризують результати вирішення завдань. Інтегральний показник якості системи ТОіР визначається з частинних показників, набір та зв'язок яких мають багаторівневу ієрархічну структуру, а значення визначаються з елементарних показників, що знаходяться на нижньому рівні ієрархії. Для забезпечення можливості підсумовування різних елементарних показників вони представлені відносними нормованими оцінками, які в загальному випадку визначаються з порівняння фактичного і максимального значення.

Наприклад, відносна оцінка елементарного показника «частка планових ремонтів» визначається з виразу

$$P = T_p / (T_a + T_p),$$

де T_a - тривалість аварійних ремонтів; T_p - планових.

Значенням інтегрального показника приймається нормоване середнє від суми частинних показників якості: обладнання; ремонтних впливів; використання трудових ресурсів; системи менеджменту; підготовки ремонту; системи логістики; використання фінансів.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Існуюча система ТОіР, що створена на підставі СТП «Система ремонту обладнання» забезпечує працездатність обладнання підрозділів ГЗК і є компромісом між обсягами експлуатаційних витрат і сталістю досягнутого рівня працездатності обладнання.

Система ТОіР є комбінованою і складається із елементів різних систем відібраних експертами впродовж тривалого періоду експлуатації обладнання.

Система ТОіР підрозділів ГЗК, як будь-яка організаційна структура безперервно піддається вдосконаленню. В першу чергу це стосується уніфікації змісту і обсягів потрібних докумен-

тів, порядку їх розробки, узгодження і виконання, що є предметом СТП і передбачає певний інформаційний супровід операцій ТОіР.

Система ТОіР прагне досягнення організаційної узгодженості операцій ТОіР, але без активного контролю факторів, що впливають на інтенсивність спрацювання і втрати працездатності обладнання, раціонального використання ресурсу, технологій і якості відновлення працездатності. Досить слабкою ланкою в системі ТОіР є операції ТО. Вони не забезпечують контроль за технічним станом обладнання у сенсі їх призначення (техогляд, діагностика, налаштування, регулювання, відновлення режимів змащення, контроль за інтенсивністю спрацювання, тощо). Відносини у трикутнику: виконавці операцій ТО, виробничий персонал, підрядні організації не узгоджені. Саме у цій сфері відбувається зародження обсягу експлуатаційних витрат і саме ця сфера повинна стати предметом вдосконалення системи ТОіР.

Список літератури

1. **Ченцов Н.А.** Модели экспертно-диагностической системы технического обслуживания оборудования / **Н.А.Ченцов, Г.В.Сопилкин, Е.В.Ошовская.** //Прогрессивные технологии и системы машиностроения “Международный сб. научных трудов” Донецк, ДонГУТУ, 1995. - Вып. 2. - С. 73 -82.
2. **Кіяновський М.В.** Діагностичне забезпечення технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) гірничо-металургійного обладнання. Кривий Ріг, Видавництво КНУ, типографія «ОктянПринт», 2016. - 364 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 534.6: 681.5.08: 004: 622

В.В. ДРИГА, канд. техн. наук, Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СКВАЖИННОГО АКУСТИЧЕСКОГО ГЛУБИНОМЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА ГЕРЦЕЛЯ

В статье приведены результаты исследований, проведенных при разработке скважинного акустического глубиномера, предназначенного для экспрессного определения глубины буровзрывных скважин в условиях карьеров и шахт. Принцип акустического метода заключается в излучении короткого звукового сигнала в устье скважины и измерении интервала времени, прошедшего от момента подачи до момента прихода эхо-сигнала, отраженного от дна скважины. В работе исследовано влияние *формы* зондирующего сигнала, его *частоты*, рассмотрены методы определения *временного интервала* между прямым и отраженным сигналом с точки зрения минимизации погрешности измерения. Предложен метод построения *огibaющей* сигнала на основе дискретного преобразования Фурье и *алгоритма Герцеля*. Разработан метод определения временного интервала по пикам данной *огibaющей* с последующим уточнением результата путем дополнительного учета *фазы* сигнала. Предложенный метод позволил достичь требуемой достоверности и точности результата измерения в реальных условиях, где работающее буровое оборудование создает шум, присутствует ветер, происходит осыпание бурового шлама в скважину. Приведены результаты заключительных промышленных испытаний разработанного устройства в условиях карьеров Кривбасса с реализацией предложенных методов. На буровзрывных скважинах диаметром 250 мм и глубиной до 20 м среднеквадратическое отклонение показаний устройства от реальной глубины скважин составило 4,3 см.

Ключевые слова: скважина, расстояние, глубина, глубиномер, акустический, звук, синусоидальный, эхо, сигнал, импульс, время, микроконтроллер, алгоритм Герцеля, преобразование Фурье, измерение, точность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Актуальность данной разработки обусловлена необходимостью экспрессного определения реальной глубины буровзрывных скважин в карьерах и шахтах при проведении взрывных работ в условиях карьеров и шахт. Измерение глубины ручным механическим методом - не оперативно и трудоемко, особенно при наклонных восходящих скважинах. Использование *акустического* метода позволяет получить результат измерения за несколько секунд, повысить эффективность горных работ и качество добываемого железорудного сырья [1-3].

Анализ исследований и публикаций. Общий принцип акустического метода заключается в излучении короткого звукового сигнала в устье скважины - и измерении интервала времени Δt , прошедшего от момента подачи до момента прихода отраженного от дна эхо-сигнала. Затем время Δt с учетом скорости распространения звука в воздухе ($v=331,5-343,1$ м/с при температуре 0-20 °С соответственно [4]) пересчитывается в пройденное расстояние S и искомую глубину скважины $L = S/2 = v \cdot \Delta t/2$. Основной вопрос при разработке данного устройства - как наибо-

лее точно и достоверно в автоматическом режиме определить интервал времени Δt между прямым и обратным сигналами. Анализ показал, что в основном используются следующие два подхода: 1) по переднему фронту сигнала («метод компаратора») и 2) по огибающей сигнала [1,2] (рис. 1).

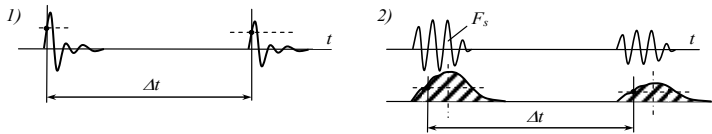


Рис. 1. Определение интервала времени между прямым и обратным сигналом: 1 – по переднему фронту; 2 – по огибающей сигнала

В первом случае принятый приемником сигнал подается на компаратор с некоторым заданным уровнем сравнения («среза»), и далее в качестве исходного параметра Δt принимают время от *переднего фронта* прямого – до *переднего фронта* отраженного сигнала. Во втором случае – аналогично, но в качестве сигнала для анализа используется не исходный сигнал с приемника, а его *огибающая*, предварительно получаемая с помощью *амплитудного детектора*. Исходный сигнал в этом случае представляет серию (пачку) из нескольких импульсов с некоторой несущей частотой сигнала F_s , значение которой выбирается от сотен герц до единиц килогерц в зависимости от диаметра скважин и других условий измерения.

Постановка задачи. Путем проведения исследований в лабораторных и промышленных условиях разработать принцип построения скважинного глубиномера, удовлетворяющего требованиям надежности, помехоустойчивости и точности измерений.

Изложение материала и результаты. Для проведения исследований разработано аппаратное и программное обеспечение экспериментального образца глубиномера, функциональная схема которого приведена на рис. 2. Устройство выполнено в виде USB-приставки к персональному компьютеру (ПК), и питается полностью от шины USB напряжением 5В. Основа аппаратной части нижнего уровня устройства – микроконтроллер фирмы Atmel ATmega128, который через COM-USB мост связан с ПК. Микроконтроллер по запросу выполняет формирование заданного по форме, частоте и длительности зондирующего сигнала и параллельно – регистрацию отраженного эхо-сигнала с помощью встроенного 10-битного аналого-цифрового преобразователя (ADC) с сохранением в оперативной памяти. Далее производится преобразование и передача полученной аудиограммы на верхний уровень (ПК), где выполняется ее анализ и определяется глубина.

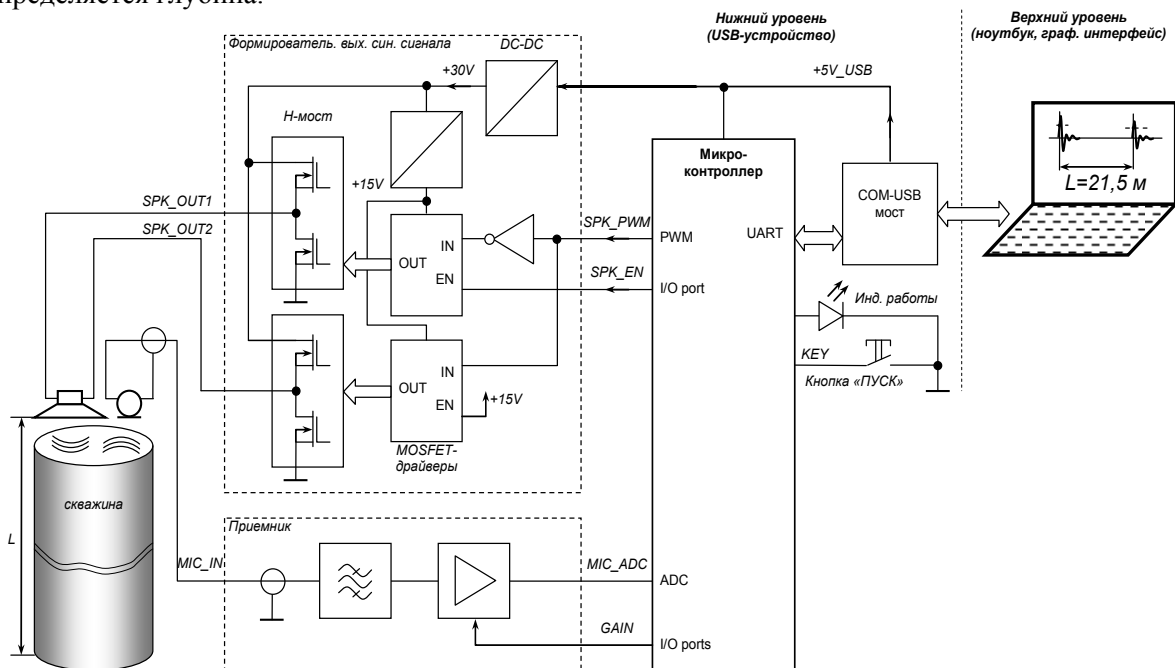


Рис. 2. Функциональная схема скважинного акустического глубиномера

Для формирования мощного выходного сигнала к выходу встроенного широтно-импульсный модулятора (PWM) микроконтроллера подключен блок, состоящий из двух драйверов нижнего и верхнего ключа, полный мост (H-мост) на 4 мощных полевых n-канальных

транзисторах (MOSFET) и повышающего преобразователя напряжения (DC-DC) из +5В в +30-40В. Частота ШИМ выбрана высокой (100 кГц), поэтому функцию сглаживающего дросселя выполняет индуктивность излучателя.

В качестве излучателя наилучшие результаты показала электродинамическая головка Pioneer TS-G1313I с активным сопротивлением обмотки 4 Ома, номинальной и максимальной мощностью 25 и 140 Вт соответственно, с оформлением в виде закрытой акустической системы (АС) объемом около 1,5 дм³ с синтепоновым заполнением части объема.

Для приема звукового сигнала использован электретный микрофон, расположенный рядом с излучателем. Схема приемника включает полосовой фильтр на входе с частотами среза около 100 и 2000 Гц и усилитель с переключаемым программно коэффициентом усиления.

Исследования проводились в лабораторных условиях на пластиковых трубах диаметром около 100 мм и длиной от 2 до 20 м и в реальных условиях на буровзрывных скважинах диаметром 250 мм и глубиной от 3 до 20 м в карьерах «Северный», «Карьер-2», «Карьер-3» Криворожского железорудного бассейна.

Во-первых следует отметить, что в самом начале разработки пришлось перейти от прямоугольной *формы* импульсов зондирующего сигнала – к синусоидальной. Прямоугольный сигнал приводил к паразитным резонансам: как самой АС, так и различных участков скважины и каверн, что сильно зашумляло и искажало звуковую картину, выделить полезный сигнал было достаточно сложно. Использование синусоидального сигнала, состоящего из двух периодов с плавно нарастающей и спадающей амплитудой позволило эффективно и без посторонних гармоник сначала «раскачать» диффузор головки АС до значительной амплитуды – а затем плавно и контролируемо свести амплитуду колебаний до нуля, не дав диффузору перейти в свободные колебания на резонансных частотах АС. В результате звуковая картина аудиограммы стала заметно чище (рис. 3).

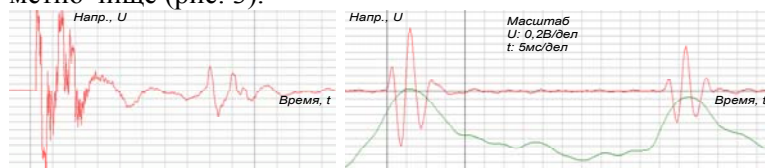


Рис. 3. Влияние формы сигнала: слева - прямоугольный сигнал, справа - синусоидальный. Реальные условия, глубина 10-15 м. $F_s = 200$ Гц

Далее рассмотрен вопрос выбора несущей *частоты* сигнала. Основным критерием являлось то, что звуковой сигнал должен хорошо распространяться вдоль скважины, огибать возможные неровности и искривления и давать как можно меньшее отражение от них. Для этого, как известно, длина волны должна быть больше габарита препятствия. В нашем случае препятствия - это неровности и каверны, которые могут быть размером до нескольких десятков сантиметров, а искривление скважины при глубине 10-20 м может достигать 0,5 м. Таким образом, для получения хорошего отклика именно со дна скважины для рассматриваемых условий теоретически длину волны целесообразно выбрать 0,5 м и более, т.е. несущая частота должна быть ниже $340/0,5 \approx 700$ Гц.

С другой стороны, для повышения точности частоту следует выбирать по возможности выше, что позволит получить меньшую дисперсию при определении положения прямого и отраженного сигналов при анализе аудиограмм, и соответственно меньшую ошибку.

С третьей стороны, сигнал выбранной частоты должен эффективно и точно (без резонансных явлений) воспроизводиться используемой АС. Для этого частота сигнала должна быть не ниже нижней резонансной частоты АС [5,6] и расположена вдали от других резонансных частот АС (в нашем случае частоты резонансов АС составляли 200 и 1000 Гц).

На рис. 4. показаны аудиограммы, полученные на частотах 200, 330, 500, 750 Гц в реальных условиях в одной из скважин, где видно, что с увеличением частоты амплитуда отраженного сигнала уменьшается. На частотах выше 1 кГц сигнал почти отсутствовал. По результатам испытаний ряда скважин построена обобщенная зависимость коэффициента отражения (прохождения) сигнала от частоты.

Коэффициент отражения рассчитывался как отношение амплитуд обратного и прямого сигналов. Зависимость описывается выражением $K = 10^{-7} F_s^2 - 0,0006 F_s + 0,57$, коэффициент детерминации $R^2=0,999$. Из графика видно, что для рассматриваемых условий следует использовать частоту не выше 500-600 Гц.

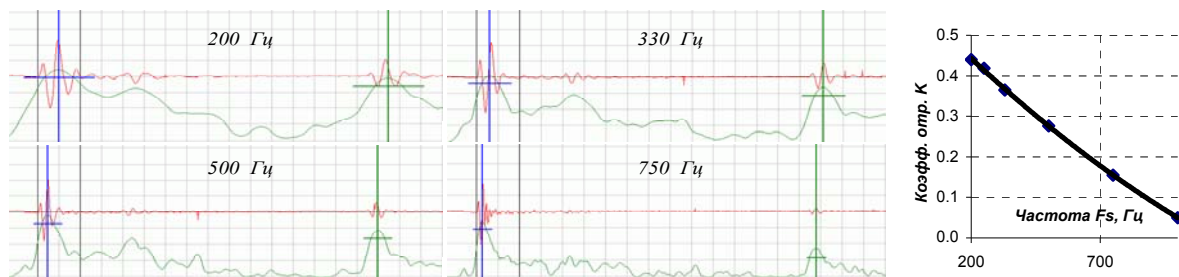


Рис. 4. Влияние значения несущей частоты F_s на прохождение зондирующего сигнала

После получения чистых аудиограмм с явно выраженным эхо-откликом решался основной вопрос определения *интервала времени* Δt между прямым и обратным сигналами. Опробованы несколько способов, рассмотрим их по порядку.

1. По переднему *фронту* прямого и отраженного сигналов. Наиболее простой подход. В нашем случае компаратор реализован программно. В лабораторных условиях данный подход показал достаточную точность измерений: при длине трубы 2–10 м абсолютная погрешность не превышала ± 5 см.

В литературе [1] указано, что в данном случае имеет место ошибка за счет т.н. «переформирования» переднего фронта импульса, который за счет многократного отражения и интерференции звуковой волны при прохождении дистанции может иметь различные амплитуду и наклон, что при некотором уровне «среза» сигнала компаратором приводит к неопределенности определения временного расположения сигнала и, соответственно, расстояния. И предложен метод с использованием двух компараторов с различным уровнем среза и последующей аппроксимацией момента начала импульса.

Но основная проблема, как показали промышленные испытания, уже не столько в дальнейшем повышении точности, сколько в обеспечении достоверности результата, полученного таким образом. Очевидно, что для получения корректного результата аудиограмма должна быть чистой, без помех. В реальных условиях работающее буровое оборудование создает шум, есть ветер, происходит осыпание бурового шлама в скважину, что иногда приводит к грубому промаху (рис. 6а). Поэтому необходимо увеличить мощность излучаемого сигнала, причем *именно первого* импульса, наличие других импульсов в пачке не имеет значения. Однако диффузор электродинамической головки сложно раскатать до максимальной амплитуды за один импульс, а если импульсов несколько – то первый импульс уже не будет максимальным в пачке, и возникает неопределенность: на каком же импульсе сработал компаратор (рис. 6б)?

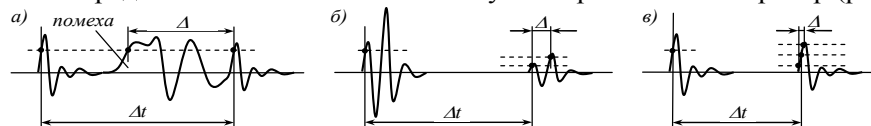


Рис. 6. Определение Δt по переднему фронту: а – влияние помех, б – ошибка при идентификации импульса в пачке, в – влияние уровня среза или амплитуды сигнала

При ошибке в один импульс абсолютная погрешность составляет один период несущей частоты F_s , например при $F_s=300$ Гц $\Delta=1/300 \cdot 1 \approx 3$ мс, что при определении глубины эквивалентно $3 \cdot 0,34/2 \approx 0,56$ м. Далее - необходим алгоритм автоподстройки уровня среза для отстройки от помех и выделения именно эхо-импульса, притом что различные скважины имеют различный коэффициент отражения (от 0,1 до 0,9). И последнее, самое незначительное - это влияние вариации уровня среза либо амплитуды эхо-импульса - на результат измерения (рис. 6в), о чем собственно, и говорилось в [1]. При этом абсолютная погрешность составляет четверть периода F_s : при $F_s=300$ Гц $\Delta=1/300 \cdot 1/4 \approx 0,8$ мс или $0,8 \cdot 0,34/2 \approx 0,14$ м.

2. Определение Δt по *максимумам* ($\max 1$, $\max 2$) прямого и обратного сигналов. Суть в том, что алгоритмически находятся максимальные отклонения сигнала аудиограммы от его среднего значения (нуля). Поиск ведется раздельно в двух зонах: прямого и обратного сигнала (рис. 7).

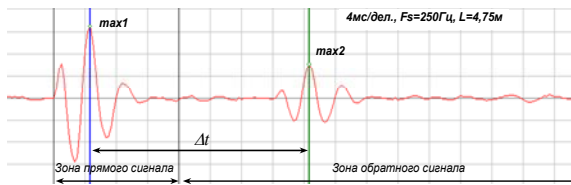


Рис. 7. Определение Δt по максимумам

Недостатки выявлены такие же, как и в первом случае: подверженность влиянию помех и вероятность ошибки при идентификации импульса. Здесь для надежной идентификации импульсы в пачке должны отчетливо отличаться по амплитуде, хотя и это не исключает ошибку при «переформировании» сигнала, когда форма прямого и обратного сигналов в точности уже не совпадает. Это можно видеть из рис. 7, где из двух отрицательных полувольт – в прямом сигнале – амплитуда первой больше, а в отраженном – амплитуда второй. Очевидно, что если бы точка $max1$ была найдена не на положительной полувольте, а на отрицательной, то алгоритм здесь выдал бы ошибку в один период F_s : $\Delta=1/250 \cdot 1 \approx 4$ мс или $4 \cdot 0,34/2 \approx 0,7$ м, что можно считать грубым промахом.

3. Определение Δt с использованием *огibaющей* сигнала. Сразу отметим, что данный подход в промышленных условиях показал значительно лучшие помехоустойчивость и достоверность обнаружения эхо-сигнала, чем предыдущие, хотя и меньшую точность. Повышение помехоустойчивости происходит благодаря использованию не одиночного импульса, а серии импульсов, за счет чего повышается мощность зондирующего сигнала, увеличивается отношение сигнал/шум и тем самым уменьшается вероятность регистрации помехи. Кроме того, для получения *огibaющей* вместо традиционного амплитудного детектирования сигнала (аппаратного – в приемнике, либо программного в микроконтроллере путем взятия модуля сигнала и дальнейшего сглаживания фильтром НЧ) - предложено использовать *алгоритм Герцеля*. Данный алгоритм [7,8,9] является частным случаем дискретного преобразования Фурье (ДПФ) [10], применяется в цифровой обработке сигналов для детектирования DTMF-сигналов и позволяет в отличие от ДПФ эффективно вычислить только один (k -й) частотный компонент ДПФ без необходимости рассчитывать все компоненты. Общий алгоритм обработки полученной оцифрованной аудиограммы следующий:

А. *Расчет огibaющей*: в цикле «плавающим» окном проходим исходный массив $data$ значений оцифрованной аудиограммы, значения в окне обрабатываем по алгоритму Герцеля, по результату которого рассчитываем модуль комплексного числа, затем логарифмируем и записываем в другой параллельный массив $data2$ значений логарифмов амплитуд искомой частоты F_s в аудиограмме.

В. *Сглаживание огibaющей*: дважды (слева направо и справа налево) в цикле выполняем НЧ-фильтрацию массива $data2$ с помощью рекуррентной формулы

$$data2[i] = (data2[i-1] \cdot (N_{sm} - 1) + data2[i]) / N_{sm},$$

где N_{sm} - коэффициент сглаживания. Можно применить также «скользящее среднее».

С. *Поиск максимумов огibaющей* в зонах прямого и обратного сигналов.

Д. *Срез* каждого из двух пиков *огibaющей* на уровне -6дБ от его максимума, определение координат левой и правой точек среза, и расчет по ним координаты середины данного отрезка, т.е. медианы каждого пика. Таким образом, результатом работы алгоритма является расстояние (в отчетах частоты дискретизации F_d) между найденными медианами пиков прямого и отраженного сигналов. Пример результата работы алгоритма приведен на рис. 8.

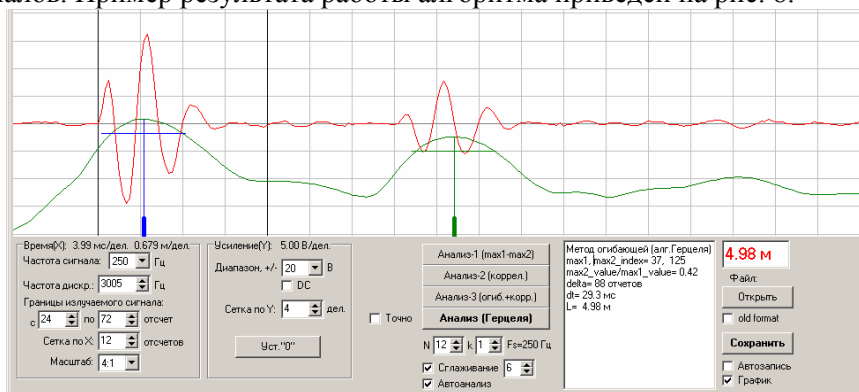


Рис. 8. Определение Δt по *огibaющей* (алгоритм Герцеля). Скважина 4,75 м

На графике видно основную аудиограмму, которая содержит прямой и обратный сигнал, а также амплитудную огибающую (в логарифмическом масштабе). Маркерами обозначены расчетные положения прямого и обратного сигналов. Очевидно, что огибающая пачки в несколько раз шире, исходного одиночного импульса, за счет чего растет дисперсия при определении Δt . Например, на графике специально приведен случай, где за счет «переформирования» обратного сигнала пик его огибающей сместился вправо относительно самого сигнала, вследствие чего алгоритм выдал результат с отклонением $\Delta = L_{расч} - L_{реал} = 4,98 - 4,75 = 0,23$ м. Однако, как показали испытания, в промышленных условиях следует использовать именно данный частотно-избирательный алгоритм выделения огибающей, что позволяет обеспечить помехозащищенность и достоверность результатов. Поэтому далее на этом принципе разработан окончательный подход, в котором синтезированы как помехоустойчивость, так и точность всех описанных выше способов:

4. Определение Δt по пикам огибающей с последующим их *уточнением по фазе* исходного сигнала. Данный способ отличается от предыдущего тем, что сначала (грубо) по пикам огибающей (алгоритм Герцеля) находятся положения прямого и обратного сигналов ($max1_index$, $max2_index$), и затем, уже отталкиваясь от них (более точно) находятся ближайшие совпадающие по фазе точки ($0-0^\circ$, либо $180-180^\circ$) перехода сигнала через ноль ($zero1_index$, $zero2_index$).

Производится это следующим образом (рис. 9). Вначале на расстоянии одного полупериода F_s от $max1_index$ (показано прямоугольником) находится точка ближайшего перехода через ноль $zero1_index$ (это может быть фаза 0° или 180° , в данном случае -0°) и запоминается расстояние между ними ($zero1_index - max1_index$). Затем точка $max2_index$ сдвигается в ту же сторону на величину этого расстояния (показано пунктиром). И далее от нее аналогично производится поиск аналогичного по фазе (в данном случае 0°) перехода через ноль - это будет $zero2_index$.

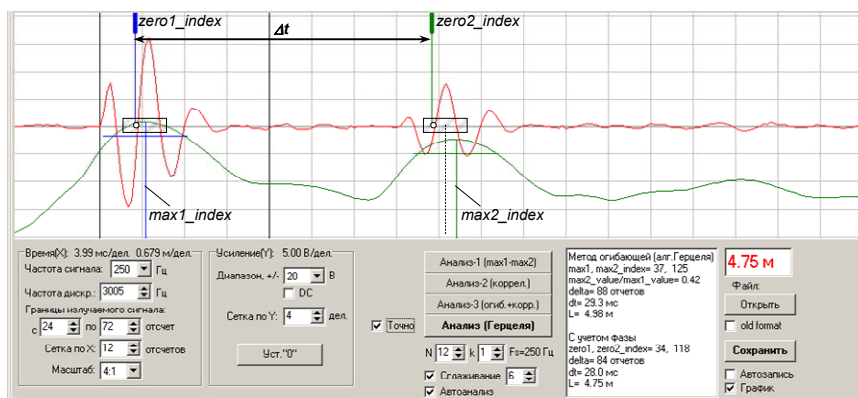


Рис. 9. Определение Δt по огибающей с последующим уточнением по фазе. Скважина 4,75 м

Таким образом, последовательно решаются две задачи: с помощью огибающей производится выделение прямого и отраженного сигналов в аудиограмме и достоверная идентификация соответствующей пары импульсов в исходном сигнале, а затем по их срезам на уровне нуля - точное определение временного интервала Δt .

При проведении последних промышленных испытаний устройство тестировалось с тремя описанными выше алгоритмами: по максимумам, по огибающей, и по огибающей с уточнением по фазе. Дополнительно варьировалась несущая частота. Реальная глубина скважины измерялась с помощью рулетки с грузом с абсолютной погрешностью около 5 см. Разница между показаниями глубиномера и реальной глубиной приведена в табл. 1.

По результатам видно, что первый алгоритм работает неустойчиво, дает грубые промахи (в табл. подчеркнуты), ошибаясь на один период несущей частоты. Если не учитывать промахи, то точность достаточна: среднеквадратическое отклонение (СКО) показаний устройства от реальных данных при этом составляет 3,8 см, а среднее отклонение - (-0,2) см.

Второй алгоритм работает устойчиво, но точность хуже. СКО при этом составило 11,8 см, а среднее отклонение - 8,5 см, что говорит о том, что сам по себе данный подход дает некоторую систематическую ошибку, что следует учесть.

Абсолютная погрешность (в сантиметрах) глубиномера по трем методам и на различной частоте F_s

Номер скважины	Глубина, $L_{реал}$, м	1. Расчет по максимумам (max1, max2)								2. Расчет по огибающей (алг. Герцеля)								3. Расчет по огибающей с уточнением по фазе							
		$F_s=200$ Гц	223 Гц	250 Гц	286 Гц	334 Гц	400 Гц	500 Гц	667 Гц	200 Гц	223 Гц	250 Гц	286 Гц	334 Гц	400 Гц	500 Гц	667 Гц	200 Гц	223 Гц	250 Гц	286 Гц	334 Гц	400 Гц	500 Гц	667 Гц
c-01	4.85	-4	5	2	5	3	6	4	3	24	18	30	10	12	14	13	3	3	-1	2	5	3	3	7	9
c-02	4.95	-7	1	-3	0	2	4	0	1	14	8	8	10	14	11	11	10	-7	-5	-3	-5	2	0	0	4
c-03	4.85	-11	-8	-4	0	-5	-4	-4	-1	3	-1	7	10	16	6	4	-3	-11	-14	-4	-5	-5	-4	-1	1
c-04	8.35	-1	5	2	2	1	3	5	5	-8	-8	-3	7	9	7	11	1	-1	-1	2	2	1	3	5	5
c-05	4.80	-6	-3	-5	0	0	-3	1	-3	1	10	18	10	17	8	-2	-5	-6	-3	-5	0	0	1	1	2
c-06	3.95	1	0	-5	1	0	1	-2	0	15	0	7	1	0	1	7	0	-6	0	-5	1	0	1	1	0
c-07	5.00	-5	-4	-8	-5	1	-5	-2	-4	16	16	-8	15	5	-1	-5	-8	-5	-4	-2	-5	1	-1	-2	1
c-08	5.80	0	-1	-3	64	-3	0	-3	-3	7	12	8	14	18	18	6	-11	-7	-7	-3	-1	-3	0	0	-3
c-09	4.95	-7	-5	59	55	-7	-4	-3	-1	14	21	20	25	27	14	8	-1	-14	-5	-8	-5	-3	0	0	6
c-10	5.05	-4	1	61	59	-4	4	1	2	17	15	15	15	17	15	-2	-9	0	1	-7	0	0	1	4	8
c-11	6.45	-1	-2	0	-1	0	-1	0	2	13	4	6	8	9	2	3	2	-1	-2	0	4	0	2	0	0
c-12	7.15	-1	-2	-2	2	-1	-1	3	2	13	17	9	2	-1	-1	1	0	-8	-2	-2	2	-1	-1	1	2
c-13	11.15	-5	-1	-1	-1	5	6	5	7	9	12	11	9	14	13	11	14	-5	-1	-1	4	5	2	5	7
c-14	16.55	0	0	-3	3	4	3	3	4	14	6	8	3	0	7	5	-4	0	0	3	3	4	7	5	6
c-15	11.00	3	1	3	4	8	10	9	44	10	14	20	14	16	21	20	16	3	1	3	4	3	7	9	7

И наконец, третий вариант позволяет достичь одновременно и устойчивого и точного результата. Грубых промахов нет. СКО составляет 4,3 см, среднее - (-0,1) см.

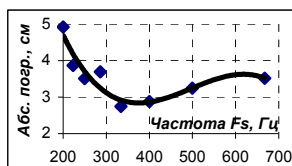


Рис. 10. Зависимость погрешности измерения от несущей частоты сигнала

И последнее, если рассчитать для третьего варианта СКО отдельно для каждой протестированной несущей частоты сигнала, то получится интересная картина, представленная на рис. 10. Зависимость описывается аналитическим выражением: $\sigma = 10^{-7}F_s^3 + 0,0002F_s^2 - 0,0775F_s + 14,455$, коэффициент детерминации $R^2=0,87$. Зависимость имеет минимум в области 300-500 Гц, что еще раз подтверждает целесообразность выбора данного частотного диапазона для работы в существующих условиях.

Выводы и направление для дальнейших исследований. В результате исследований установлено, что в реальных условиях необходимо использовать исключительно *синусоидальный сигнал* - во избежание зашумления скважины и устойчивого выделения полезного эхо-сигнала.

Установлен оптимальный диапазон *несущей частоты* сигнала, составляющий 300-500 Гц. С повышением частоты точность измерений возрастает, однако снижается достоверность за счет затухания амплитуды отраженного эхо-сигнала и влияния помех. На частотах более 1 кГц полезный сигнал практически полностью отсутствует.

Разработан метод определения расстояния по пикам огибающей, построенной с применением *алгоритма Герцеля*, с последующим уточнением положения пиков по фазе исходного сигнала, который позволяет достичь требуемой надежности и точности измерения в реальных условиях. При проведении промышленных испытаний в карьере на буровзрывных скважинах диаметром 250 мм и глубиной до 20 м при постоянной известной температуре СКО показаний устройства от реальной глубины скважин составило 4,3 см.

Список литературы

1. Солдатов А.И., Чиглинцева Ю.В. Теоретическое и экспериментальное исследование акустического тракта скважинного глубиномера / А.И. Солдатов, Ю.В. Чиглинцева // Известия Томского политехнического университета, 2009. – Вып. 4.
2. Шишаев В.А., Белоглазов М.И. Акустический глубиномер (АГМ) / Кольский Научный Центр Российской Академии Наук. – Режим доступа: http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation_ksk/5.3.pdf.
3. Азарян А.А., Азарян В.А., Лисовой Г.Н. Состояние проблемы контроля качества при добыче и переработке железорудного сырья / А.А. Азарян, В.А. Азарян, Г.Н. Лисовой // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 95.
4. Скорость звука в воздухе при различной температуре. От -150 до 1000 °С. [Электронный ресурс] / Инженерный справочник DPVA.info. – Режим доступа: <http://www.dpva.info/guide/guidephysics/sound/soundspeedairtemperature>.
5. Закрытый ящик: полвека истории и большое будущее [акустические системы закрытого типа] [Электронный ресурс] / Журнал АвтоЗвук - avtozvuk.com. – Режим доступа: <http://www.avtozvuk.com/az/2006/02/020-029.htm>.

6. Закрытый ящик. Как рассчитать и изготовить звуковые колонки [Электронный ресурс] / ptc73 | Акустические системы. – Режим доступа: http://www.ptc73.ru/ao_close.shtml.

7. **Оппенгейм А.В., Шафер Р.В.** Цифровая обработка сигналов [Пер. с англ, под ред. С. Я. Шаца.] / **А.В. Оппенгейм, Р.В. Шафер** — М.: Связь, 1979. — 416 с.

8. Алгоритм Герцеля (Goertzel algorithm). [Электронный ресурс] / dsplib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. – Режим доступа: <http://www.dsplib.ru/content/goertzel/goertzel.html>.

9. Динамический пересчет спектральных отсчетов на каждом такте дискретизации. Модифицированный алгоритм Герцеля [Электронный ресурс] / dsplib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. – Режим доступа: <http://www.dsplib.ru/content/goertzelmod/goertzelmod.html>.

10. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) [Электронный ресурс] / dsplib.ru Теория и практика цифровой обработки сигналов. – Режим доступа: <http://www.dsplib.ru/content/dft/dft.html>.

Рукопись поступила в редакцию 09.04.16

УДК 621.928.3-52:622.7

А. В. МИКОЛЕНКО, магистрант, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГІДРОЦИКЛОНОМ НА ЗБАГАЧУВАЛЬНІЙ ФАБРИЦІ

На сьогодні промисловість орієнтується, перш за все на продуктивність і кількість продукції, що випускається. Потрібно випускати все більше і більше кінцевого продукту, щоб покрити витрати на його виробництво і при цьому отримувати прибуток. Але якість виробленого продукту має не менш важливе значення, ніж його кількість. Випускаючи масштабну партію товару, але з низькою якістю, можна не витримати конкуренції на ринку, тому орієнтація лише на продуктивність найчастіше призводить до збитків. Отже, автоматичні системи керування повинні забезпечувати високу якість продукту без втрат продуктивності.

Розглянуто актуальні питання ефективності процесу класифікації залізорудної пульпи в комплексі технологічний зумпф-гідроциклон. Обґрунтовано питання важливості якісного процесу класифікації вхідної сировини в гідроциклоні при зміні гранулометричного складу залізорудної пульпи в процесі роботи гідроциклону. Розглянуто існуючі системи автоматичного керування гідроциклоном в комплексі з технологічним зумпфом, та способи компенсації збурень в системах автоматичного керування. На основі розглянутої інформації виділено основні переваги та недоліки представлених систем автоматичного керування. Виявлено, що способи та методи керування процесом класифікації залізорудної пульпи вивчені не повною мірою та знаходяться на стадії дослідження. Таким чином, вказано напрямки подальших досліджень - розвиток автоматичних систем керування гідроциклоном в умовах зміни гранулометричного складу пульпи.

Ключові слова: гідроциклон, автоматична система керування, піскова насадка, густина, живлення гідроциклону.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Метою класифікації пульпи є отримання бажаних за крупністю зерен в зливі та пісках гідроциклону. Якість подальшого збагачення руди має велику залежність від гранулометричного складу залізорудної сировини в зливі гідроциклону. Оскільки гранулометричний склад пульпи не лінійно змінюється протягом процесу сепарації (рис. 1), системи автоматичного керування процесом класифікації залізорудної сировини повинні бути спроможні компенсувати збурення що спричинені цими змінами [1,2].

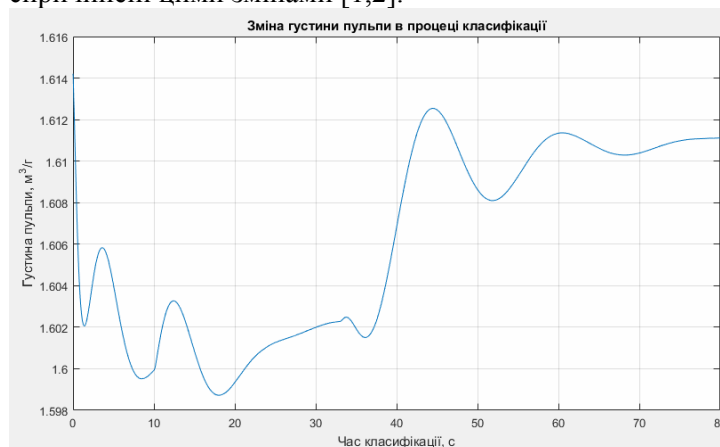


Рис. 1. Зміна щільності пульпи в процесі класифікації

Відомим способом регулювання є використання лінійних PID-регуляторів. Але при їх застосуванні залишається проблема синтезу оптимального керуючого впливу, так як коефіцієнти регулятора розраховуються на підставі відомих даних про об'єкт керування, що приводить до відхилення часу перехідного процесу та перерегулювання від бажаних значень при впливі невідомих збурюючих факторів[3-5].

Аналіз досліджень і публікацій. В роботі [6] розглянуто спосіб автоматичного керування гідроциклоном шляхом зміни витрати пісків. Суть способу полягає в тому, що витрата пісків змінюється залежно від співвідношення витрат пульпи в зливів і в пісках гідроциклону, крім того, витрата пісків корегується додатково в залежності від величини крупності розділення з урахуванням густини пульпи в зливів гідроциклону. Технічний результат полягає в підвищенні точності сепарації твердих частинок по крупності за рахунок поліпшення якості управління.

Технічний результат досягається тим, що в способі автоматичного управління гідроциклоном шляхом зміни витрати пісків, в якому витрату пісків змінюють залежно від співвідношення витрат пульпи на зливів і пісках гідроциклону, витрату пісків змінюють додатково залежно від крупності розділення з урахуванням густини пульпи на зливів гідроциклону.

Технічне завдання досягається шляхом внесення корекції в контур управління якістю продукту за поточною величиною густини зливу гідроциклону.

На практиці, стабілізація розміру крупності розділення не гарантує необхідної якості продукту. Це трапляється при зміні густини пульпи зливу гідроциклону. Тому, вводиться корекція в контур управління якістю готового продукту за поточною величиною густини пульпи.

Коригування розміру крупності розділення з урахуванням густини пульпи на зливів гідроциклону призводить до зміни якості управління, що забезпечить необхідну для подальших процесів крупність зерен в зливів гідроциклону.

Принципову схему пристрою зображено на рис. 2.

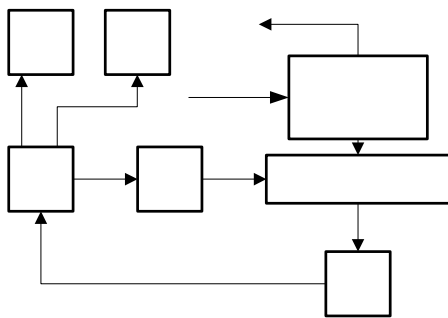


Рис. 2. Структурна схема методу автоматичного керування гідроциклоном шляхом зміни витрати пісків

Вимірюється витрата пульпи в зливів і пісках гідроциклону (1) витратомірами (2,3) і в'язкість пульпи в зливів густоміром (4), що встановлений на зливів гідроциклону (1). Дані у вигляді електричних сигналів надходять до регулюючого мікроконтролера (5).

У мікроконтролері (5) відбувається порівняння густини пульпи на зливів гідроциклону (1) із заданою величиною густини, яка визначається в залежності від типу сировини.

сировини.

При величині, що є вищою порогового значення з урахуванням величини і знаку отриманої неузгодженості, виробляється керуючий сигнал, який через виконавчий механізм (6) впливає на регулюючий орган (7), змінюючи переріз піскової насадки, щоб прибрати помилку системи.

При збільшенні густини пульпи на зливів, діаметр піскової насадки буде зменшуватися і навпаки. При цьому крупність розділення стабілізується на заданому значенні.

Перевагою цього способу автоматичного керування гідроциклоном шляхом зміни витрати пісків є те, що витрата пісків коректується додатково в залежності від величини крупності розділення з урахуванням густини пульпи на зливів гідроциклону.

Недоліки методу в тому, що необхідно контролювати стан піскової насадки, так як вона може зношуватися при регулюванні, так як точність регулювання піскової насадки сильно залежить від технічного стану піскової насадки.

У роботі [7] запропоновано спосіб автоматичного керування гідроциклоном шляхом впливу на зливну насадку. Схеми з впливом на перетин зливний насадки застосовуються при каскадному розташуванні циклонів. Зображена на рис. 3 схема має наступний принцип роботи. У схемі забезпечується сталість густини пісків гідроциклону (1) шляхом підтримки в ньому заданого вакууму. Дифманометр (2), отримуючи вимірювальний імпульс від вакуумної трубки (1), керує через перетворювач (3) і регулятор (4) відкриттям насадки (5), розташованої в зливному патрубку гідроциклону (1). Через насадку (5) проходить пульпа з малим вмістом великих класів, що забезпечує довговічність роботи насадки.

Перевагою способу автоматичного керування гідроциклоном шляхом впливу на зливну насадку є те, що система завжди підтримує щільність пісків гідроциклону, що в свою чергу впливає на ступінь класифікації залізородної пульпи.

Недоліком цього способу є неточний поділ твердих частинок по крупності через порушення вакууму в гідроциклоні внаслідок підсмоктування повітря з боку зливу і перекриття пісками

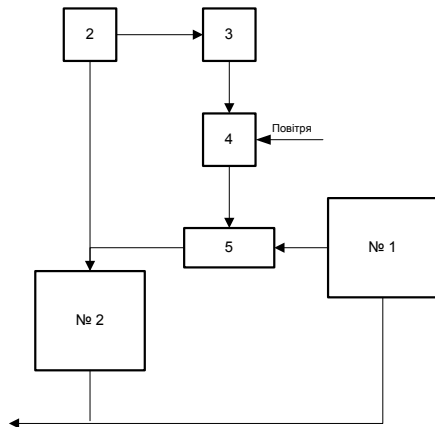
5

6

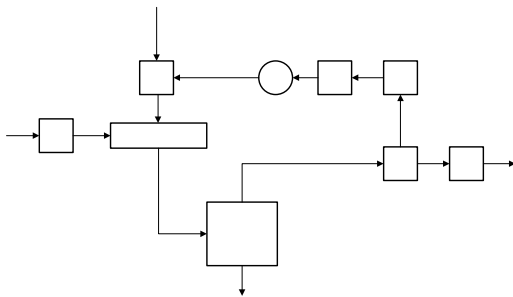
7

нижнього кінця повітряного стовпа при малих діаметрах піскові насадки, забивання вакуумної трубки, що вставляється в гідроциклон через отвір в центрі його верхньої кришки, а також громіздкість і складність всієї системи в цілому.

Рис. 3. Схема автоматичного регулювання гідроциклону по вакууму з впливом на зливну насадку



регульованих піскових насадок (рис. 4).



Система автоматичного регулювання гідроциклону по густині зливу з додатковим контролем гранулометричного складу пульпи запропонована у роботі [7].

Густина зливу гідроциклону (8) контролюється радіоізотопним датчиком (1) в'язкомітру (2) та грануломітром мокрого розсіву (6). Регулюючий імпульс з в'язкомітру передається через регулятор (3) і виконавчий механізм (4) на клапан (5), керуючий подачею води в зумпф (7), в який пульпа закачується насосом (9). Схема підтримує задану якість пульпи в зливі гідроциклону без застосування швидко зношуваних

Рис. 4. Схема автоматичного регулювання гідроциклону по щільності зливу з контролем його гранулометричного складу

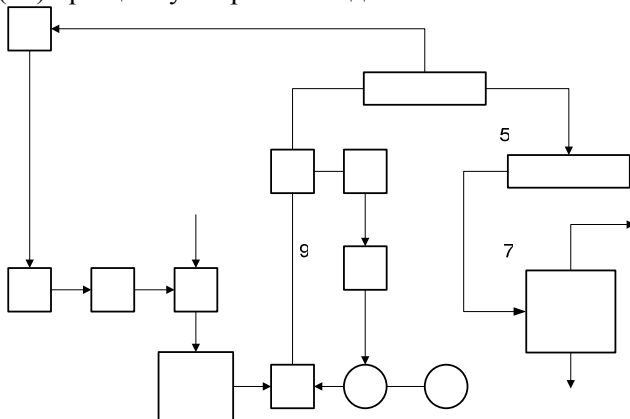
Перевагою даного способу автоматичного керування є те, що в зливі гідроциклону при будь-якому відхиленні гранулометричного складу вхідної пульпи, буде підтримуватися задана щільність пульпи та заданий гранулометричний склад без застосування швидко зношуваних регульованих піскових насадок.

Недоліком цього способу є відсутність однозначної залежності між густиною і якістю розподілення, в слідстві чого має місце недостатньо чіткий поділ по крупності, злив гідроциклону засмічується великими частками, а піски - навпаки, дрібними.

Система автоматичного регулювання гідроциклону за каналом густини пульпи в живленні гідроциклону представлена в роботі [7]. У цій системі густина пульпи в живленні гідроциклонів підтримується на заданому рівні за допомогою схеми двопозиційного регулювання, що включає ваговий датчик густини (1) із вторинним приладом (2), що має регулюючий задатчик з контактним виходом, перетворювач (3), виконавчий механізм (4) і регулюючий клапан (5), через який подається вода в зумпф (6). За допомогою електромагнітного витратоміру (10) із вторинним приладом (11), регулятора (12) і електромагнітної муфти ковзання (13) здійснюється стабілізація об'ємної витрати пульпи, яка подається в гідроциклон (9) через ємність (8).

Перевагою цього методу автоматичного керування є те, що швидкість ротора насоса (7) за допомогою електромагнітної муфти ковзання підтримується на заданому регулятором (12) рівні відповідно до заданої витрати пульпи незважаючи на те, що асинхронний електродвигун насоса (14) при цьому зберігає швидкість незалежною. Схема систем зображена на рис. 5.

Рис. 5. Схема автоматичного регулювання гідроциклону за каналом щільності пульпи в живленні



Недоліком даного способу автоматичного керування є те, що асинхронний двигун постійно працює з однією швидкістю, що приводить до значних витрат електроенергії, та при цьому така робота двигуна швидко псує запірну арматуру, що приводить до збоїв в її роботі та помилок в керуванні всією системою.

Ю.Я. Гайтановим, Л.П. Любченко та С.К. Черниловским у роботі [8] запропо-

новано систему автоматичного керування гідроциклоном шляхом зміни розрідження пульпи в тілі гідроциклона (рис. 6).

У процесі надходження гідросуміші на вхід гідроциклона, тиск гідросуміші в живильному патрубку (3) фіксується датчиком тиску (2), від якого перетворене значення тиску гідросуміші у вигляді стандартного вихідного сигналу по лінії зв'язку (1) надходить на пульт (4), де ПІ-регулятор подає командний сигнал на виконавчий механізм регулюючого клапана (6) з метою відкриття його прохідного перетину настільки, щоб пропустити через патрубок (7) на вхід вихрової камери обсяг води, відповідний концентрації вихідної пульпи.

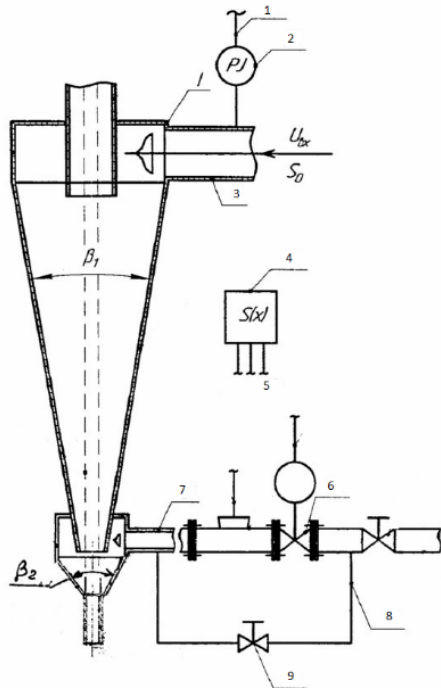


Рис. 6. Схема керування гідроциклоном шляхом зміни розрідження пульпи в тілі гідроциклона

Далі закривається відсічна арматура (9), перекидаючи тим самим прохід води через лінію (8), і система переходить в режим автоматичного керування.

Перевагою цієї системи керування є те, що в ній не використовуються швидкозношувані піскові насадки, що значно спрощує та здешевлює обслуговування системи автоматичного керування.

Недоліком системи є те, що при максимальному збільшенні концентрації гідросуміші на вході в гідроциклон, зменшується тиск гідросуміші в пульпопроводі внаслідок збільшення опору твердої фази гідросуміші, при цьому зменшуються і швидкість живлення на вхідному патрубку, і тангенціальна швидкість всередині гідроциклона, отже, зменшуються вертикальна осьова швидкість всередині гідроциклона і її виштовхувальна сила, тобто з осьового каналу будуть виноситися частки менше заданого розміру.

Тому для підтримки заданих потоків і отримання в зливні гідроциклона частинок заданої крупності на підставі вимірювання тиску гідросуміші в патрубку, ПІ-регулятор генерує сигнал на максимальне відкриття перетину магістрального водоводу і збільшення величини вертикальної осьової швидкості гідроциклона до розрахункової.

Висновки на напрямки подальших досліджень. Оптимальна класифікація залізорудної пульпи має велике значення з точки зору оптимізації процесу збагачення.

Найбільшої ефективності можна досягти при чіткому розподілу класів крупності в зливні гідроциклона [9-11].

Наведені системи автоматичного керування при впливі різних збурюючих факторів не дозволяють отримати бажану гранулометричну характеристику в зливні гідроциклона, що, в свою чергу, є перешкодою на шляху удосконалення процесу збагачення залізної руди.

Напрямок подальших досліджень є розвиток систем автоматичного керування гідроциклоном з використанням адаптивних регуляторів [12,13] та систем нечіткої логіки [14,15] для синтезу оптимальних законів керування гідроциклоном в умовах зміни гранулометричного складу залізорудної сировини.

Список літератури

1. Sbarbaro D. Advanced control and supervision of mineral processing plants / D. Sbarbaro, R. del Villar., 2010. – 311 p.
2. Rajamani R. Optimal control of a ball mill grinding circuit. / Rajamani R., Herbst J. / Chemical Engineering Science. – 1991 – no. 46(3) – pp. 861–870.
3. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: Підручник [Текст] / Попович М.Г., Ковальчук О.В., – К.: Либідь, 1997р., – 533 с.
4. Herbst J. Control of grinding circuits. Herbst J., Rajamani R. / Computer Methods for The 80's - 1980 - pp. 770–786
5. Pomerleau A. A survey of grinding circuit control methods: from decentralized PID controllers to multivariable predictive controllers. Pomerleau A., Hodouin D., Gagnon E. / Powder Technology. – 2000. – no. 108 – pp. 103–115.

6. Пат. 2445171 Российская Федерация, МПК В04С 11/00, В04С 3/00, G05D 24/00. Способ автоматического управления гидроциклоном [Текст] / **Андреев Е.Е., Львов В.В., Николаева Н.В.**; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)» — №2010121474/05; заявл. 26.05.2010; опубл. 20.03.2012, Бюл. №8, — 5с.

7. Автоматизация процессов обогащения руд цветных металлов [Текст] / **Зубков Г.А., Забелин В.Л., Корендяев Г.В.** [и др.] — М.: Недра, 1967г. — 484 с.

8. Пат. 2375120 Российская Федерация, МПК В03В 5/62, В04С 5/00. Гидроциклон и способ регулирования работы гидроциклона [Текст] / **Гайтанов Ю.Я., Любченко Л.П., Черниловский С.К.**; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Золотой Остров» — №2008114577/15; заявл. 14.04.2008; опубл. 10.12.2009, Бюл. №34, — 17 с.

9. **Поваров А. И.** Гидроциклоны на обогатительных фабриках [Текст] / **Поваров А.И.** — М.: Недра, 1978г., — 232 с.

10. **Тихонов О. Н.** Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. [Текст] / **Тихонов О. Н.** — М.: Недра, 1984г., — 207 с.

11. **Марюта А.Н.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик [Текст] / **Марюта А.Н., Качан Ю.Г., Бунько В.А.** — М.: Недра, 1983г., — 277 с.

12. Методы адаптивного и робастного управления нелинейными объектами в приборостроении [Текст] : учеб. пособие. / **Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыркин А.А.** [и др.] — СПб: НИУ ИТМО, 2013г., —277 с.

13. **Мирошник И. В.** Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами [Текст] / **Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А. Л.** — СПб.: Наука, 2000г., — 549 с.

14. **Гостев В.И.** Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Текст] / **Гостев В.И.** — К.: «Радиоаматор», 2008г., — 972 с.

15. **Штовба С.Д.** Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / **Штовба С.Д.** — М.: Горячая линия – Телеком, 2007г., — 288 с.

Рукопис подано до редакції 13.04.16

УДК 004.896:[669.162: 662.614]

М.П. ТИХАНСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., А.О. ПУЛИНЕЦЬ, студент
Криворізький національний університет

УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ ПРОЦЕСОМ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

У роботі розглянуто існуючі системи управління доменною піччю. Загальним недоліком розглянутих систем є те, що вони не можуть враховувати невизначеності вихідних параметрів доменної печі та нечіткість процесів, що протікають в ній. Розробка системи автоматичного керування з нечіткою логікою дозволить врахувати всі недоліки "класичних" систем автоматичного керування, а також передбачити поведінку системи.

Встановлено, що тепловий режим є найважливішим параметром доменного процесу і при цьому досить складним в дослідженні. Для таких складних об'єктів управління, як доменна піч, необхідна система, яка зможе сама реагувати на зміну параметрів всередині об'єкту і приймати рішення. У системах управління з нечіткою логікою використовують нейрорегулятори. Були змодельовані та досліджені три види нейронних регуляторів, які забезпечують бажаний перехідний процес, реакцію на випадкову ступінчасту дію.

Аналіз літературного огляду і експериментальних робіт, показав, що:

тепловий режим доменного виробництва залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників, таких як нагрів дуття, склад шихти, що подається у піч, тиск всередині печі, повнота хімічних і теплообмінних процесів та інше; передбачення поведінки системи дає можливість уникнути невизначеностей і знизити обчислювальну похибку, а також зробити технологічний процес більш продуктивним та якісним.

Ключові слова: доменна піч, тепловий процес, нечітка логіка, система автоматичного керування, адаптивна система, нейрорегулятор.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сучасне доменне виробництво - це постійне зростання потужності доменних печей, запровадження нових методів і технологій, що допомагають зробити технологічний процес більш продуктивним та якісним.

З точки зору управління доменний процес є досить складним об'єктом, що має залежні змінні, непостійні параметри, високий рівень перешкод та нелінійні залежності. Через збільшення інформації, яку необхідно збирати для керування доменною піччю, ускладнився й сам процес управління доменним виробництвом. Для обслуговування печі необхідно більш кваліфікований персонал, оскільки аналізувати інформацію, що надходить, та обирати оптимальні керуючі впливи стає дедалі складніше. В таких умовах набуває актуальності впровадження систем автоматичного керування і контролю доменним виробництвом.

Найбільш важливим вважається вдосконалення системи автоматичного керування тепловим процесом доменної печі. Саме тепловий процес визначає умови, при яких пряме і непряме відновлення заліза можуть набувати раціонального співвідношення.

Аналіз досліджень і публікацій. Над розробкою систем автоматичного керування тепловим процесом доменної печі займаються ряд учених, таких як В.І. Большаков, І.Г. Гуліна, А.К. Тараканов, Ю.В. Каганов, В.В. Миленький, І.Д. Рогожкін, В.І. Набока та багато інших.

Так, автор у своїй роботі [1] описав експертну систему для підтримки прийняття рішень в керуванні режимом дуття в доменному виробництві. Автор розробив інтелектуальну систему управління на основі методу Мамдані [2], оскільки він дозволяє уникнути накопичення нечіткості, при цьому відсутність проміжних процедур фаззифікації/дефаззифікації знижує обчислювальну похибку.

У роботі [3,5] автором було досліджено принципи побудови робастних, оптимальних і адаптивних систем керування. В результаті була використана безпошукова система непрямого адаптивного керування з ідентифікацією об'єкту керування за допомогою навчання прогнозуючих моделей. При цьому основний контур розімкнений, що обумовлює асимптотичну стійкість системи автоматичного керування (рис. 1).

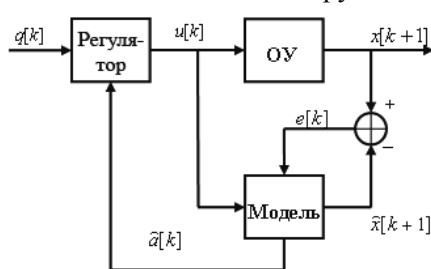


Рис. 1. Структура системи непрямого адаптивного управління з моделлю, що налаштовується

Постановка завдання. Аналіз літературного огляду показує, що системи автоматичного керування технологією доменного виробництва будуються за досить різними методами і алгоритмами. При управлінні тепловим процесом доменної печі виникає складність з такими невизначеностями як вихідні дані, параметри системи, нечіткість цілей і задач управління. Тому виникає необхідність розробки системи управління, яка зможе враховувати вказані недоліки, а саме систему з використанням нечіткої логіки.

Викладення матеріалу та результати. Температурний режим є найважливішим параметром технологічного процесу доменного виробництва. Окрім тепла, що вноситься нагрітим дуттям, основним джерелом тепла є те, яке виділяється у верхній частині горна при згорянні палива і використовується для нагріву шихти та газів, плавлення чугуна і шлаків та забезпечення процесів відновлення і теплових витрат. Гарячі продукти згоряння у газообразному вигляді підіймаються вгору з горна, віддаючи тепло холодним шихтовим матеріалам, що рухаються до низу. Таким чином, на одному горизонті печі температура може відрізнитися в достатньо великому діапазоні. Така непостійність температури пояснюється тим, що гарячі гази, які підіймаються, досить нерівномірно рухаються по перерізу печі: найвищі температури спостерігаються у місцях поперечного перерізу з найменшим опором шихти, де проходить найбільша кількість газів.[4,11]

Причиною виникнення таких невизначеностей є стохастична природа зовнішніх факторів, що впливають на систему, таких як нагрів дуття, склад використовуваної шихти, тиск всередині печі; особливості протікаючого технологічного процесу, непередбачуваність управляючої дії людини.

Нечітка логіка - розділ математики, що є узагальненням класичної логіки та теорії множин, що базуються на понятті нечіткої множини, вперше введеної Л. Заде в 1965 р. як об'єкту з функцією приналежності елементу до множини, що приймає будь-які значення на інтервалі [0,1]. На основі цього поняття вводяться різноманітні логічні операції над нечіткими множинами і формулюється поняття лінгвістичної змінної, в якості значень якої виступають нечіткі множини. [6]

Нечітка множина (fuzzy set) являє собою сукупність елементів довільної природи, відносно яких не можна з повною визначеністю сказати - чи належить той чи інший елемент сукупності, що роздивляється, даній множині чи ні. Іншими словами, нечітка множина відрізняється від звичайної множини тим, що не має однозначної відповіді на питання: "Належить чи не належить той чи інший елемент даній нечіткій множині?" [6,11]

Такий підхід, що використовує штучні чіткі і нечіткі нейронні мережі в теорії управління називають "некласичним". Це дозволяє керувати нелінійними САУ з нейрорегулятором, що

навчається. До переваг використання таких нейрорегуляторів відносяться їх висока ефективність для управління нелінійними нестационарними об'єктами управління в областях промисловості, а також для управління багатовимірними об'єктами управління зі збуренням [3,5].

Використання нейромережі дозволяє вирішувати задачу управління нелінійним об'єктом управління шляхом створення адаптивної системи автоматичного керування з нейрорегулятором, що навчається і еталонною моделлю (рис. 2).

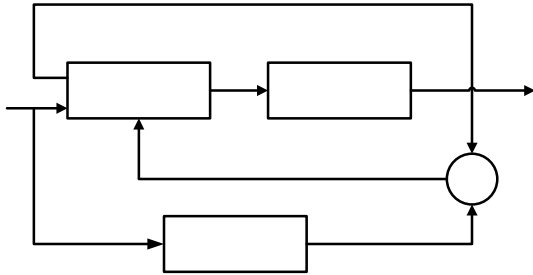


Рис. 2. Нейромережева система управління з еталонною моделлю

У стандартній програмі Matlab були створені та досліджені три види нейрорегуляторів: регулятор з передбаченням, регулятор з використанням нелінійної авторегресії з ковзаючим середнім, регулятор на основі еталонної моделі.

При управлінні з передбаченням модель керованого процесу використовується для того,

щоб передбачити його майбутню поведінку, а алгоритм оптимізації застосовується для розрахунку такого управління, яке мінімізує різницю між бажаними та дійсними змінами виходу моделі. Крім того, регулятор обчислює сигнал управління, який оптимізує поведінку об'єкта на заданому інтервалі часу(рис. 3).

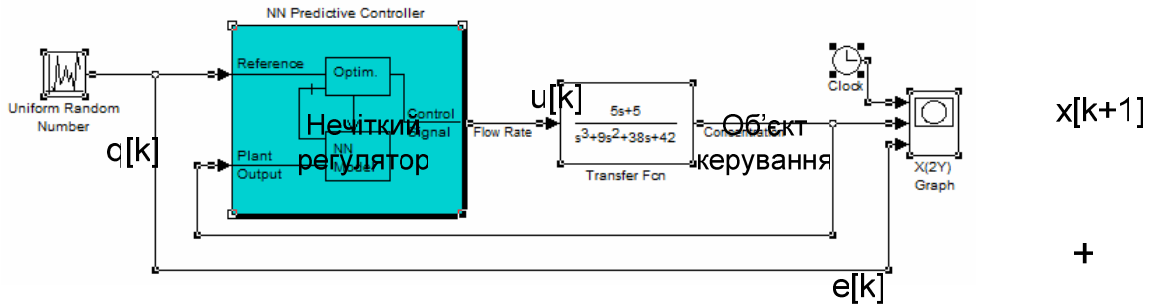


Рис. 3. Модель системи управління об'єктом з використанням нейрорегулятора з передбаченням

Нейромережевий регулятор, який використовує в якості моделі управління процесом модель нелінійної авторегресії з ковзаючим середнім, представляє собою модифіковану нейромережеву модель керованого процесу, отриману на етапі автономної ідентифікації (рис. 4).

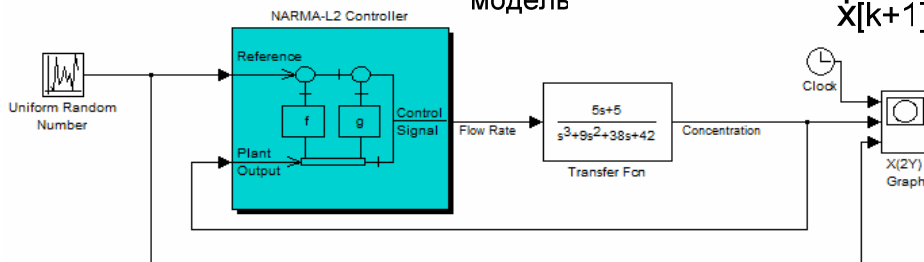


Рис. 4. Модель системи управління об'єктом з використанням нейрорегулятора з використанням нелінійної авторегресії з ковзаючим середнім

Система керування з еталонною моделлю використовує 2 нейронні мережі: для регулятора і для моделі об'єкта керування.

Регулятори на основі еталонної моделі застосовуються до різноманітних класів керованих процесів (рис. 5).

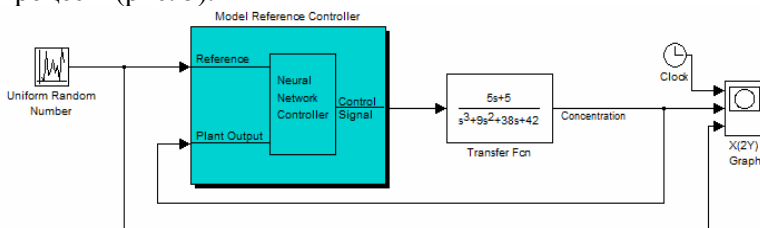


Рис. 5. Модель системи керування з еталонною моделлю

Висновки та напрямок подальших досліджень. В результаті огляду і аналізу теоретичних і експериментальних робіт, встановлено, що:

тепловий режим доменного виробництва залежить не тільки від протікаючих у ньому процесів, а й від зовнішніх факторів таких як нагрів дуття, склад поступаючої шихти та інше; передбачення поведінки системи дає можливість уникнути невизначеностей і знизити обчислювальну похибку, а також зробити технологічний процес більш продуктивним та якісним.

У подальшому є актуальним створення і розвиток систем автоматичного керування на основі нечіткої логіки, які змогли б безпосередньо застосовувати якісно сформульовані експертні знання для генерування управляючих дій на об'єкт управління.

Список літератури

1. <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2009/kita/rogozhkin/diss/indexu.htm>
 2. **Mamdani E.H., Assilian S.** An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies, 1975. - Vol. 7. - №1. - P. 1-13.
 3. **Гулина И.Г.** Адаптивная САУ сложным многосвязным объектом управления с интеллектуальным прогнозированием // И.Г. Гулина, В.И. Корниенко // Системы обработки информации, 2011. – Вип.87. – С. 57-62. – ISSN 1681-7710
 4. **Корниенко В.И.** Обоснование принципов построения систем управления тепловым состоянием доменной печи // В.И. Корниенко, И.Г. Гулина // Науковий вісник Національного гірничого університету, 2011. – № 4. – С.111-115. – ISSN 2071-2227.
 5. **Корнієнко В.І.** Методологія побудови інтелектуальних прогнозуючих систем оптимального керування нелінійними технологічними процесами / В.І. Корнієнко, І.Г. Гуліна // Гірничі електромеханіка та автоматика. – 2010. – Вип. 85. – С. 75-82.
 6. **Гостев В.И.** Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления [Текст] / Гостев В.И. – К.: «Радиоаматор», 2008г., – 972 с.
 7. **Штовба С.Д.** Проектирование нечетких систем средствами MATLAB [Текст] / Штовба С.Д. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007г., – 288 с.
 8. **Мирошник И. В.** Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами [Текст] / Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А. Л. – СПб.: Наука, 2000г., – 549 с.
 9. **Бобцов А.А.** Методы адаптивного и робастного управления нелинейными объектами в приборостроении [Текст] : учеб. пособие. / Бобцов А.А., Никифоров В.О., Пыркин А.А. [и др.] – СПб: НИУ ИТМО, 2013г., –277 с.
 10. **Попович М.Г.** Теорія автоматичного керування: Підручник [Текст] / Попович М.Г., Ковальчук О.В., – К.: Либідь, 1997р., – 533 с.
 11. **Terano T., Asai K., Sugeno M.,** Fuzzy Systems Theory and its Applications, Academic Press, London 1992.
 12. **Takagi T., Sugeno M.,** Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1985, vol. 15, s. 116-132.
 13. **Леоненков А.В.** Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / **А.В. Леоненков** – СПб.: БХВ-Петербург, 2005., – 736 с.
 14. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений /Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 166 с.
 15. **Круглов В.В., Борисов В.В.** Искусственные нейронные сети. Теория и практика / **В.В. Круглов, В.В. Борисов.** – М.: Горячая линия - Телеком, 2001., – 382 с.
 16. **Mamdani E.H., Assilian S.** An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller // Int. J. Man-Machine Studies. - 1975. - Vol. 7. - №1. - P. 1-13.
- Рукопис подано до редакції 09.04.16

УДК 622.7: 658.562

А.И. САВИЦКИЙ, канд. техн. наук, доц., М.А. ТИМОШЕНКО, аспирант
Криворожский национальный университет

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОЦИКЛОНОМ ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРАХ

Обогащение является комплексным сложным процессом и преследует достижение трех различных целей – повышения производительности, повышение качества конечного продукта и снижение энергозатрат. Для достижения этих целей рационально применять распределенное управление к обогатительному комплексу, что позволит рассматривать каждый его механизм по отдельности и в контексте работы общей системы. При этом целесообразно использование современных интеллектуальных способов автоматизированного управления: оптимальное и адаптивное управление, средства искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетические алгоритмы, гибридные модели. Исследования показывают, что нечеткое управление гидроциклоном второй стадии измельчения позволяет учитывать множество зависимостей и вырабатывать управляющие воздействия, зависящие от многих параметров. Кроме того, данный подход позволяет работать в условиях неопределенных параметров. Представленная система управления самообучается и самонастраивается, а также учитывает связь с предыдущей и последующей стадией измельче-

ния, влияя на общую распределенную систему. Дальнейшие исследования предполагают более глубокое исследование связи между механизмами различных стадий измельчения и их влияния на конечный результат системы этого процесса.

Ключевые слова. Гидроциклон, обогащение, система управления, распределенные системы, нечеткая логика, системный подход.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Экономическое развитие Украины сильно зависит от работы горно-металлургического комплекса. Именно продукция металлургических и горно-обогащительных комбинатов составляет значительную долю от экспорта.

Однако на конкурентоспособность отечественной продукции влияет ряд проблем: низшее, чем у потенциальных конкурентов, качество; высокая энергоемкость; слишком большие потери полезного компонента в хвостах. Также на себестоимость продукта негативно влияют постоянное увеличение глубины карьеров и постепенное снижение запасов богатых руд, что приводит к увеличению доли бедных и сложнообогащаемых руд в обработке [1-4].

Обогащительный комплекс включает в себя многие технологические агрегаты, совершающие различные операции и отличающиеся по конструкции, которые соответственно требуют применения различных подходов при построении и реализации систем управления. Кроме того, обогащительные аппараты пребывают во взаимосвязи и непосредственно влияют на работу друг друга; требуют применения многих измерительных приборов, фиксирующих величины различной физической природы, что приводит к увеличению требуемых вычислительных мощностей

Анализ исследований и публикаций. Существуют разные пути решения поставленных вопросов, например, модернизация технологии, однако это требует значительных капиталовложений. Одним из наиболее перспективных средств улучшения вышеуказанных показателей является комплексная автоматизация управления технологических процессов рудообогащительных фабрик на основе использования систем интеллектуального, оптимального и адаптивного управления [5-7].

Управление процессом обогащения требует комплексного подхода и учета множества факторов. Поскольку весь процесс обогащения можно рассматривать как распределенную систему [8], задача несколько упрощается, из-за того, что появляется возможность разрабатывать системы управления для каждого механизма в каждой стадии по отдельности с учетом оптимальных параметров. Но, даже рассматривая отдельный механизм, сталкиваемся с проблемой сложности управления им.

Постановка задачи. К примеру, рассмотрим гидроциклон второй стадии обогащения - сложный объект, модель которого трудно адекватно описать математически, не допуская слишком много упрощений. Необходимость получения как можно более плотных песков, при этом, с как можно более высоким содержанием полезного компонента и, с учетом максимизации производительности, требуют рассмотрения многих параметров работы агрегата и применения большого количества дорогостоящего измерительного оборудования (в том числе и датчиков) для сбора и обработки этих параметров.

При эффективной работе системы автоматического управления гидроциклоном оптимизируются качественные и количественные параметры потоков со снижением себестоимости концентрата в целом. Регулирование гидроциклона направлено на достижение двух целей: количественной (продуктивность по готовому продукту) и качественной (эффективность разделения и гранулометрический состав).

Кроме того, гидроциклон нецелесообразно рассматривать отдельно от зумпфа, связанного с предыдущей стадией измельчения, и это также увеличивает количество рассматриваемых параметров при управлении технологическим механизмом. Система автоматического управления сложного объекта должна создаваться на основе алгоритмов, которые не требуют подробной априорной информации об объекте управления [9-12].

Именно сложность составления математической модели гидроциклона и обуславливает применение современных интеллектуальных средств, в том числе средств нечеткой логики.

В технологических схемах обогащительных фабрик, во второй стадии, обычно применяют несколько гидроциклонов (каждый со своим приводом). Будем считать, что остальные гидроциклоны загружаются полностью согласно проектным нормам, и колебание производительности стадии происходит только в пределах производительности одного гидроциклона.

Изложение материала и результаты. В статье [13] осуществлялось управление обогатительной линией с применением средств нечеткой логики, и были разработаны соответствующие правила. Рассматривая гидроциклон как самостоятельную часть общей распределенной системы, необходимо разработать для него собственную базу данных правил нечеткой логики, применимую к нему, как к отдельному объекту.

Основной целью управления технологическим объектом является достижение некоторых количественных и качественных показателей. Для гидроциклона основные количественные показатели – это производительность по сливу и по пескам, а качественные – плотности песка и слива, количество полезного компонента [14,15].

Критерием управления является поддержание баланса производительностей по сливу и по пескам на оптимальном уровне [13]:

$$K=Q_{сл}/Q_{п}; \rho_{сл} \leq \rho_{сл.н}; \rho_{п} \geq \rho_{п.н} \quad (1)$$

В предложенной системе управления есть четыре входных значения - уровень пульпы в зумпфе h , коэффициент соотношения производительностей по сливу и по пескам K , и плотности слива и песков $\rho_{сл}$, $\rho_{п}$. После логического вывода на выходе системы возникают три управляющих воздействия - регулирования подачи воды в зумпф W , скорости вращения насоса P и управляющий сигнал на первую стадию обогащения (в другую часть общей распределенной системы).

Входные и выходные величины имеют по пять термов, соответственно «очень мало», «мало», «средне», «много» и «очень много». Поддержание уровня пульпы в зумпфе осуществляется следующими правилами (в формате подачи правил в среде Matlab). Если уровень h низкий, то требуется повысить подачу воды W : «*IF (h is мало) THEN (W is много)*». Если же уровень высокий, то следует наоборот снизить объем добавочной воды, а при его дальнейшем увеличении еще и увеличить скорость насоса, чтобы быстрее откачивал пульпу: «*IF (h is много) THEN (W is мало)*» и «*IF (h is очень много) THEN (W is мало) AND (P is много)*».

Коэффициент K отражает отношение производительности гидроциклона по сливу к производительности по пескам. Если K высокий, то производительность по сливу сильно превосходит производительность по пескам. Это значит, что входная скорость подачи пульпы в гидроциклон слишком высокая, образующийся воздушный столб занимает большую площадь песковой насадки (или полностью ее перекрывает) и большая часть продукта уходит в слив. Чтобы исправить ситуацию, необходимо уменьшить скорость насоса, чтобы снизить скорость подачи пульпы: «*IF (K is много) THEN (P is мало)*». Если же K низок, то выход песков высок в сравнении с выходом слива. В обычных условиях как раз и требуется получить пески большой плотности, но если в слив не уносится шлам, то нужно также исправлять ситуацию – повысить скорость насоса: «*IF (K is очень мало) THEN (P is много)*».

Примеры указанных правил указаны в табл. 1 в соответствии с общепринятыми нормами обозначения (L - очень мало, LM - мало, M - средне, MH - много, H - очень много). Первые четыре колонки обозначают измеряемые величины, две последние - управляемые.

Таблица 1

Фрагмент применяемых правил нечеткой логики в системе управления

h	K	$\rho_{сл}$	$\rho_{п}$	\Rightarrow	W	P
LM	-	-	-	\Rightarrow	MH	-
MH	-	-	-	\Rightarrow	LM	-
H	-	-	-	\Rightarrow	L	MH
-	MH	LM	MH	\Rightarrow	M	LM
-	L	-	LM	\Rightarrow	LM	MH

Структура нечеткого регулятора изображена на рис. 1.

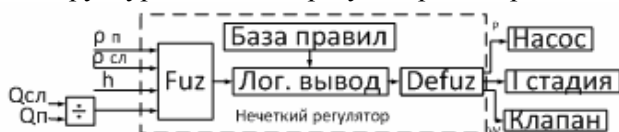


Рис. 1. Структура нечеткого регулятора

При адаптивном подходе к построению нечетких систем управления настройка блоков нечеткого логического вывода осуществляется не только в процессе проектирования, но и во время нормальной эксплуатации системы, параллельно с процессом управления объектом. Адаптивные системы по-

зволяют осуществлять более качественное управление сложными, как в нашем случае, нестационарными объектами по сравнению с обычными системами. В схеме на рис. 2 используются контроллеры обратной связи, выполненные на нечетких сетях НС1 и НС3, обучающихся через идентификатор НС2. Обучение через идентификатор, а не непосредственно на объекте, необходимо, чтобы «не мешать» нормальному функционированию объекта пробными воздействиями, используемыми для обучения [16]. К недостаткам схемы можно отнести высокие требования к вычислительным ресурсам. Предложенная система управления выглядит, как показано на рис. 2.

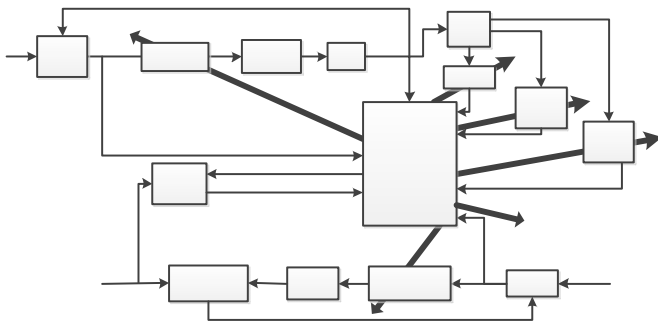


Рис. 2. Алгоритмическая структурная схема системы управления при неопределенных параметрах

На рис. 2 приняты следующие обозначения: ПЧД - преобразователь частоты двигателя; Н - насос; ГЦ - гидроциклон; НС - нечеткие сети; V-1 - клапан; Sum - сумматор.

НС1 на основе сигнала ошибки e_1 , полученной из расхождения задающего сигнала $U F_{дв}$ и сигнала двигателя $F_{дв}$, вырабатывает управляющее воздействие на ПЧД. Сигнал задания уровня пульпы в зумпфе $U h$ вместе с реально полученным сигналом h дают ошибку e_2 , поступающую на НС3, которая управляет клапаном V-1 и, соответственно, подачей технологической воды в зумпф. Уровень пульпы в зумпфе регулируется также в соответствии с производительностью предыдущей первой стадии $F_{1ст}$. Ошибки расхождения e_3 , e_4 и e_5 , полученные на выходе гидроциклона параметров плотностей по пескам и по сливу ($\rho_{пс}$ и $\rho_{сл}$) и коэффициента соотношения производительностей по сливу и по пескам (КГЦ) также поступают на НС2, как и ранее рассмотренные e_1 , e_2 и e_6 . На основе сигналов ошибок НС2 обучает НС1 и НС3 и отправляет сигнал на НС первой стадии (на рис. 2 жирные линии).

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложенная схема управления гидроциклоном второй стадии обогащения позволяет повысить эффективность разделения, повышая плотность на его выходе за счет регулирования подачи входного материала в гидроциклон, а именно скорости его подачи при поддержании постоянного уровня пульпы в зумпфе гидроциклона. Из-за колебаний характеристик потока пульпы наиболее приемлемой системой регулирования является система с нечетким алгоритмом. При достижении экстремальных значений регулируемых параметров второй стадии, вырабатывается корректирующий сигнал на параметры пульпы подающейся из первой стадии обогащения. Направлениями дальнейших исследований являются усовершенствования связей с механизмами предыдущей и последующей стадий.

Список литературы

1. **Богданов О.С.** Справочник по обогащению руд. Том II. Обогащительные фабрики / Под ред. О. С. Богданова, 2-е изд., перераб и доп. - М.: Недра, 1984. - 360 с.
2. **Троп А. Е.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик: Учебник для вузов / А. Е. Троп, В. З. Козин, Е. В. Прокофьев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1986. - 303 с.
3. **Хан А. Г.** Автоматизация обогатительных фабрик / А. Г. Хан, В. П. Картушин, Л. В. Сорокер, Д. А. Скрипчак. - М.: Недра, 1974. - 280 с.
4. **Sbarbaro D.** Advanced control and supervision of mineral processing plants / D. Sbarbaro, R. del Villar., 2010. - 311 p.
5. **Поваров А.И.** Гидроциклоны на обогатительных фабриках. М., «Недра», 1978, 232 с.
6. **Liudmyla Yefimenko, Mykhailo Tykhanskyi.** Information systems in the technological processes automatic control development by technical condition criterion. Metallurgical and Mining Industry, 2015, No1, p.p. 28 - 31.
7. **Bass L.** Contribution to the theory of grinding processes / L. Bass, Z. Angew / Math. Phys. - 1954 - no 5. - pp. 283 - 292.
8. **Ragot J.** Transient study of a closed grinding circuit / [Ragot J., Roesch M., Degoul P., Berube Y.] - 2-nd IFAC Symp. "Automat. Mining, Miner. and Metal. Proc." - Pretoria. - 1977.- P. 129-142.
9. **Gurocak H.B.** Fuzzy rule base optimization of a compliant wrist sensor for robotics // J. Robotic Systems. 1996. № 13. P. 475-487.

10. Wang L.-X. Stable adaptive fuzzy control of nonlinear systems // IEEE Trans. Fuzzy Systems 1993. № 1 (2). P. 146–155.
 11. Spooner J.T., Passino K.M. Stable adaptive control using fuzzy systems and neural networks // IEEE Trans. Fuzzy Systems. 1996. № 4 (3). P. 339–359.
 12. Schubert. H. Aufbereitung fester mineralischer Rohstoffe. – Leipzig, 1967, Bd. 11, p. 472.
 13. Morkun V. Optimization of the second and third stages of grinding based on fuzzy control algorithms / V. Morkun, O. Savytskyi, M. Tymoshenko. // Metallurgical and Mining Industry. – 2015. – №8. – P. 22–25.
 14. Торопов О.А. Расчет параметров гидроциклонов нового поколения / О.А. Торопов // Горный журнал. – 2008. - №6. – С. 105-108.
 15. Тихонов О. Н. Закономерности эффективного разделения минералов в процессах обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 208 с.
 16. Усков А.А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика. 2004. № 6. С. 7-13.
- Рукопись поступила в редакцию 08.04.16

УДК 681.51: 622.788

К.В. ЛОБОВА, студентка, Криворізький національний університет

МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ КОТУНІВ НА КОНВЕЄРНІЙ ВИПАЛЮВАЛЬНІЙ МАШИНИ ЗА МЕТОДОМ ЗВОРОТНОГО ЯКОБІАНА

Показано, що для підвищення продуктивності конвеєрної випалювальної машини і якості котунів ефективним є впровадження для цієї мети комп'ютеризованих систем керування технологічним процесом опалу котунів, що в своєму складі використовують спеціальні моделі. Тому запропоновано для керування термічною обробкою котунів на конвеєрній випалювальній машині використати модель автоматизованої системи керування, яка ґрунтується на методі зворотного якобіана.

Згідно з методом зворотних операторів при синтезі систем автоматизованого керування випалювальної машини побудована система пристроїв, що реалізують потрібне перетворення. Такі перетворення зворотні тим, які здійснюються над відповідними змінними в самому об'єкті та в додаткових вимірювально-обчислювальних пристроях, що порівнюють. Для цього синтез системи автоматизованого керування випалювальної машини за методом зворотних операторів запропоновано виконати на алгоритмічній системі управління, яка дозволяє простежити алгоритм перетворення змінних. Усе це дозволило побудувати структурну схему системи автоматизованого керування випалювальної машини за методом зворотного оператора. Ця схема представлена пристроями неузгодження і перетворення та задатчиком вхідних параметрів, які представляються квазізворотною моделлю конвеєрної випалювальної машини.

Розроблена автоматизована система керування має модель об'єкту і квазізворотну модель, які описуються системою диференціальних рівнянь. Передбачається побудова локальної самоналагоджувальної за поточними значеннями параметрів моделі. Вказано, що алгоритм керування конвеєрною випалювальною машиною за методом зворотного оператора, як це видно з наведеного аналізу, вимагає отримання зворотних матриць.

Ключові слова: конвеєрна випалювальна машина, котуни, структурна схема, модель об'єкту, матриця, квазізворотна модель, зворотній якобіан.

Постановка проблеми. Автоматизація контролю та керування є одним із способів підвищення продуктивності конвеєрної випалювальної машини (КВМ) і поліпшенню якості котунів. Найбільш ефективними є впроваджені в останні роки системи комплексної автоматизації агрегатів і механізмів КВМ. Для розробки та впровадження цих систем необхідно ретельне вивчення процесу, а також їх дослідження, як об'єктів автоматизації. Тому проведення досліджень в області створення ефективних методів та засобів автоматизації процесу випалу котунів на конвеєрній випалювальній машині є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Загальновідомо, що для керування термічною обробкою котунів на КВМ використовуються різні моделі [1-3]. Для підвищення продуктивності КВМ і якості котунів ефективним є впровадження для цієї мети комп'ютеризованих систем керування технологічним процесом випалювання котунів, що в своєму складі використовують спеціальні моделі [7].

Саме відомі моделі дозволяють керувати технологічним процесом в окремих зонах КВМ [8]. При цьому не в повній мірі враховуються впливи сусідніх зон [9], зміни швидкості переміщення палет, якість палива, теплогазообмін, тощо [13].

Відомий також метод зворотного якобіана, який має широке застосування для синтезу систем управління технологічними об'єктами [4-6,10-12]. Цей метод виявляється зручним тим, що

він має властивість автономності, так як кожен елемент неузгодженості має можливість змінюватися в часі незалежно від інших елементів.

Формулювання мети роботи. Метою запропонованої статті є необхідність звернути увагу спеціалістів до побудови моделі технологічного процесу керування обробкою котунів на конвеєрній випалювальній машині, використовуючи давно відомий метод зворотного якобіана для вирішення даної проблеми.

Викладення матеріалу та результати. Побудуємо автоматизовану систему керування технологічним процесом термічної обробки котунів на конвеєрній випалювальній машині. Попередньо параметри, що характеризують процес, підрозділяємо на вхідні та вихідні, а потім досліджуємо взаємозв'язок між ними. КВМ є багато зв'язковою, так як зміна хоча б одного вхідного параметра викликає зміну декількох вихідних параметрів. Враховуючи, що згідно з методом зворотних операторів при синтезі систем автоматизованого керування КВМ необхідно побудувати систему пристроїв, що реалізують потрібне перетворення. Ці перетворення в певному сенсі зворотні тим, які здійснюються над відповідними змінними в самому об'єкті та в додаткових вимірювально-обчислювальних пристроях, що порівнюють. При цьому синтез системи автоматизованого керування КВМ за методом зворотних операторів можливо виконати на алгоритмічних і неалгоритмічних системах управління. В алгоритмічній системі можна чітко простежити алгоритм перетворення змінних. В неалгоритмічній системі цього зробити не можна. Зазвичай розімкнені системи управління є алгоритмічними. Одночасно неалгоритмічна система будується тільки як замкнута системою керування.

При побудові автоматизованої системи керування КВМ необхідно вирішити задачу автоматичного вироблення і вводу в об'єкт таких вхідних впливів, при яких вихідні величини задовольняли б певним умовам. Ці умови зазвичай відповідають прийнятним критеріям керування. Чи задовольняють вихідні величини заданим умовам, визначається за допомогою контрольно-вимірюваних або обчислювальних пристроїв, які виконуються так, щоб на виході їх виходили величини, звані неузгодженості, тощо. Структурну схему системи автоматизованого керування КВМ, побудовано за методом зворотного оператора, в найзагальнішому вигляді наведено на рис. 1.

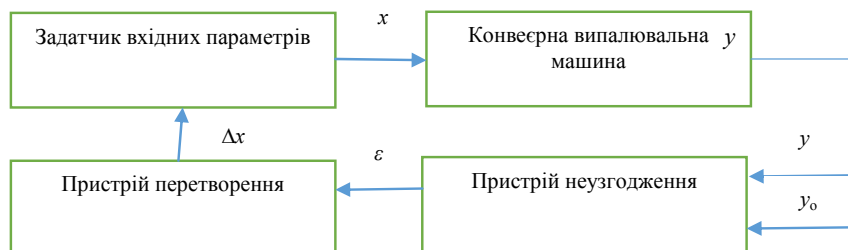


Рис. 1. Структурна схема системи автоматизованого керування КВМ, побудована за методом зворотного оператора

Робота КВМ описується наступною системою рівнянь.

У системі рівнянь (1) вихідні параметри прийняті такі позначення: h_h - висоту шару котунів, ω_s - швидкість переміщення палет КВМ, P_{sgp} - стабілізацію тиску газу, P_{sp} - стабілізація тиску та Q_{sgs} - витрат газу в зоні сушки, T_r - регулювання температури та Q_{pr} - тиску в горні зони підігріву та Q_{rr} - зони випалу, Q_{sa} - стабілізацію витрат повітря в зоні охолодження, P_{scp} - тиску та T_r - регулювання температури повітря. Параметри в системі рівнянь (1) позначені з індексами «z» можливо задавати, а «y» тільки отримувати.

У рівняннях $f(x)$ є оператор, який визначає математичні зв'язки між векторами вхідних і вихідних величин у КВМ є незворотною ланкою, по відношенню до якої вектор x можна тільки задавати, а вектор y - тільки отримувати. За визначенням вектор x повинен задовольняти умові: $\varepsilon = S(y_0, x)$, $\|\varepsilon\| < \varepsilon_0$, де оператор S здійснює зв'язки між заданим вектором y_0 (наприклад, в задачі стабілізації), вектором вхідних величин x і вектором відхилень ε , яка-небудь норма якого не повинна перевершувати певного числа ε_0 .

Згідно з методом зворотних операторів, систему керування необхідно побудувати у вигляді сукупності пристроїв, оборотних по відношенню до конвеєрної випалювальної машини. Такою сукупністю є система пристроїв, що наближено реалізують перетворення, зворотні тим, які виробляються над відповідними змінними в об'єкті. Крім того, цієї сукупності можна задавати на вхід вектор y і отримувати на виході вектор x .

$$\begin{cases}
h_{hy} = f_1(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
\omega_{sy} = f_2(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
P_{sgpy} = f_3(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
P_{spsy} = f_4(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
Q_{sgsy} = f_5(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
T_{try} = f_6(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
Q_{pry} = f_7(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
Q_{rry} = f_8(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
Q_{say} = f_9(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
P_{scpy} = f_{10}(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}) \\
T_{rty} = f_{11}(h_{hz}, \omega_{sz}, P_{sgpz}, P_{spz}, Q_{sgsz}, T_{trz}, Q_{prz}, Q_{rrz}, Q_{saz}, P_{scpz}, T_{rt}).
\end{cases} \quad (1)$$

Пристрій неузгодження є пристроєм для визначення неузгодженості між поточним значенням вектора вихідних параметрів і заданим його значенням. Значення ε визначається як різниця зазначених векторів: $\varepsilon = y - y_0$. Задатчик вхідних параметрів x , який при наявності прирощення Δx , відмінного від нуля, відповідним чином змінює значення на вході конвеєрної випалювальної машини.

Пристрої неузгодження і перетворення та задатчик вхідних параметрів є квазізворотньою моделлю конвеєрної випалювальної машини, яка описується системою рівнянь

$$\begin{cases}
h_{hz} = \Phi_1(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
\omega_{sz} = \Phi_2(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
P_{sgpz} = \Phi_3(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
P_{spz} = \Phi_4(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
Q_{sgsz} = \Phi_5(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
T_{trz} = \Phi_6(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
Q_{prz} = \Phi_7(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
Q_{rrz} = \Phi_8(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
Q_{saz} = \Phi_9(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
P_{scpz} = \Phi_{10}(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}) \\
T_{rtz} = \Phi_{11}(h_{hy}, \omega_{sy}, P_{sgpy}, P_{spsy}, Q_{sgsy}, T_{try}, Q_{pry}, Q_{rry}, Q_{say}, P_{scpy}, T_{rty}).
\end{cases} \quad (2)$$

Пристрій перетворювання на рис. 1 здійснює взаємозв'язок між вектором нев'язок $\Delta y = \varepsilon$ і вектором Δx

$$\begin{cases}
\Delta h_{hz} = \Delta \Phi_1(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta \omega_{sz} = \Delta \Phi_2(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta P_{sgpz} = \Delta \Phi_3(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta P_{spz} = \Delta \Phi_4(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta Q_{sgsz} = \Delta \Phi_5(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta T_{trz} = \Delta \Phi_6(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta Q_{prz} = \Delta \Phi_7(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta Q_{rrz} = \Delta \Phi_8(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta Q_{saz} = \Delta \Phi_9(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta P_{scpz} = \Delta \Phi_{10}(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}) \\
\Delta T_{rtz} = \Delta \Phi_{11}(\Delta h_{hy}, \Delta \omega_{sy}, \Delta P_{sgpy}, \Delta P_{spsy}, \Delta Q_{sgsy}, \Delta T_{try}, \Delta Q_{pry}, \Delta Q_{rry}, \Delta Q_{say}, \Delta P_{scpy}, \Delta T_{rty}).
\end{cases} \quad (3)$$

Матриця Φ (2,3) є зворотною по відношенню до матриці f . Для випадку, коли мірності вхідного і вихідного векторів рівні, $\Phi = f^{-1}(x)$.

Тому цей спосіб називається способом зворотних операторів. Випадок, коли мірність вектора вхідних параметрів об'єкта не дорівнює мірності вихідних параметрів, буде розглянуто особливо.

Вектор неузгодження ε , що визначає неузгодженість між поточним значенням вихідного параметра об'єкта та його заданим значенням, за визначенням, повинен бути менше наперед заданого значення, точніше, яка-небудь норма його повинна бути менше визначеної кількості ε_0 . Зазвичай величина ε_0 вибирається залежно від постановки задачі і визначає точність відтворення об'єкта моделлю і поріг нечутливості системи, так як у випадку якщо обрана норма поточного значення вектора неув'язок менше ε_0 , коректування вхідних параметрів об'єкта не проводиться. Якщо через ε_1 позначити відповідну міру неузгодження, отриману від заміни початкової функції об'єкта апроксимується рівнянням моделі, то мінімальне значення ε_0 повинно бути більше ε_1 . Мінімальне значення ε_0 назвемо порогом чутливості керуючої системи.

Отже, на значення порога чутливості системи впливає вибір моделі об'єкта. Якщо врахувати, що модель об'єкта не рекомендується вибирати складною через можливих ускладнень з її аналізом, визначенням зворотного оператора і обчисленням керуючих впливів, то ясно, яке значення випадає на долю вибору критерію наближення моделі до об'єкта. Через зазначених ускладнень модель процесу в системах управління рідко вибирається з розрахунку апроксимації у всій області можливих станів об'єкта з однаковою точністю в сенсі обраного критерію. Зазвичай передбачається побудова локальної самоналагоджувальної за поточними значеннями параметрів моделі.

Найбільш простий для автоматичного аналізу є лінійна модель. При наявності лінійної моделі можна побудувати досить простий алгоритм визначення моделі об'єкта, визначення моделі, зворотної по відношенню до об'єкта, і обчислення керуючих впливів.

При застосуванні лінійної моделі нелінійного об'єкта, крім завдання вибору критерію наближення, виникає завдання визначення такого роду прямий, яка локально щонайкраще апроксимована в нелінійну криву. Тут коротко доведемо, що прямий найкращого локального наближення кривої є дотична. Заради простоти цього доказу зазвичай користуються одновимірним випадком, коли залежність $y=f(x)$ визначена на площині. Функція $f(x)$ неперервна і k разів диференційована. Зазначена функція на площині утворює дугу, довжина якої на деякій ділянці обчислюється як інтеграл від похідної функції на вказаній ділянці. Це легко довести побудовою описаного багатокутника і визначенням довжини дуги як межі його периметра, коли число сторін прагне до нескінченності. Похідна довжини дуги завжди є позитивною величиною, звідки випливає, що довжина дуги є строго зростаючою функцією. Знаходимо функцію, що зв'язує довжину дуги з параметром y . Для цього потрібно знайти функцію, зворотну залежності довжини дуги від змінної x , і визначити її похідну. Потім через дві довільні точки дуги проводиться пряма, і за допомогою знайденої функції, що зв'язує довжину дуги з параметром y , проводиться аналіз похибки відтворення дуги прямий. Визначається умова мінімуму цієї похибки. Аналіз умови мінімуму виявляє, що похибка мінімальна тоді, коли пряма є дотичною. Отже, в досить малій околиці деякої точки найкращим лінійним наближенням кривої є дотична, проведена через цю точку.

Отже, при побудові локальної лінійної моделі найкращим способом відображення об'єкта є побудова його моделі у вигляді лінійного полінома Тейлора. Таку модель можна отримати, використовуючи критерій сильного наближення функції з одиничним ступенем близькості. Так як передбачається, що початкова функція є безперервною і певне число разів диференційована, але на значення цієї функції накладається випадкова перешкода, то ясно, що для фільтрації випадкових перешкод необхідно застосувати критерій середньоквадратичної гладкості.

Отже, для побудови самоналагоджувальних систем керування за методом зворотних операторів математичну модель об'єкта найдоцільніше шукати у вигляді реалізації лінійного рівняння Тейлора. Окремий випадок синтезу систем керування за методом зворотних операторів, при якому як зворотну оператора використовується зворотний якобіан, називатимемо синтезом систем керування за методом зворотного якобіана.

Структурна схема системи керування, наведена на рис. 1, при заміні зворотного оператора на зворотний якобіан не змінюється. Не змінюється і зміст рівнянь конвеєрної випалювальної машини, пристрою неузгодження та задатчика вхідних параметрів. Як і при використанні методу зворотних операторів у випадку, коли мірності векторів вхідних і вихідних параметрів рівні,

при використанні методу зворотного якобіана вважається, що об'єкт в загальному вигляді описується системою рівнянь (1). Змінюється вміст пристрою перетворення, який реалізує взаємозв'язок між вектором неузгодженості та вектором зміни керуючих впливів у вигляді системи рівнянь (4)

$$\begin{cases}
 \Delta h_{hz} = d_{11}\Delta h_{hy} + d_{12}\Delta \omega_{sy} + d_{13}\Delta P_{sgpy} + d_{14}\Delta P_{spsy} + d_{15}\Delta Q_{sgsy} + d_{16}\Delta T_{iry} + d_{17}\Delta Q_{pry} + d_{18}\Delta Q_{rry} + d_{19}\Delta Q_{say} + d_{110}\Delta P_{scpy} + d_{111}\Delta T_{rty} \\
 \Delta \omega_{sz} = d_{21}\Delta h_{hy} + d_{22}\Delta \omega_{sy} + d_{23}\Delta P_{sgpy} + d_{24}\Delta P_{spsy} + d_{25}\Delta Q_{sgsy} + d_{26}\Delta T_{iry} + d_{27}\Delta Q_{pry} + d_{28}\Delta Q_{rry} + d_{29}\Delta Q_{say} + d_{210}\Delta P_{scpy} + d_{211}\Delta T_{rty} \\
 \Delta P_{sgpz} = d_{31}\Delta h_{hy} + d_{32}\Delta \omega_{sy} + d_{33}\Delta P_{sgpy} + d_{34}\Delta P_{spsy} + d_{35}\Delta Q_{sgsy} + d_{36}\Delta T_{iry} + d_{37}\Delta Q_{pry} + d_{38}\Delta Q_{rry} + d_{39}\Delta Q_{say} + d_{310}\Delta P_{scpy} + d_{311}\Delta T_{rty} \\
 \Delta P_{spz} = d_{41}\Delta h_{hy} + d_{42}\Delta \omega_{sy} + d_{43}\Delta P_{sgpy} + d_{44}\Delta P_{spsy} + d_{45}\Delta Q_{sgsy} + d_{46}\Delta T_{iry} + d_{47}\Delta Q_{pry} + d_{48}\Delta Q_{rry} + d_{49}\Delta Q_{say} + d_{410}\Delta P_{scpy} + d_{411}\Delta T_{rty} \\
 \Delta Q_{sgsz} = d_{51}\Delta h_{hy} + d_{52}\Delta \omega_{sy} + d_{53}\Delta P_{sgpy} + d_{54}\Delta P_{spsy} + d_{55}\Delta Q_{sgsy} + d_{56}\Delta T_{iry} + d_{57}\Delta Q_{pry} + d_{58}\Delta Q_{rry} + d_{59}\Delta Q_{say} + d_{510}\Delta P_{scpy} + d_{511}\Delta T_{rty} \\
 \Delta T_{irz} = d_{61}\Delta h_{hy} + d_{62}\Delta \omega_{sy} + d_{63}\Delta P_{sgpy} + d_{64}\Delta P_{spsy} + d_{65}\Delta Q_{sgsy} + d_{66}\Delta T_{iry} + d_{67}\Delta Q_{pry} + d_{68}\Delta Q_{rry} + d_{69}\Delta Q_{say} + d_{610}\Delta P_{scpy} + d_{611}\Delta T_{rty} \\
 \Delta Q_{prz} = d_{71}\Delta h_{hy} + d_{72}\Delta \omega_{sy} + d_{73}\Delta P_{sgpy} + d_{74}\Delta P_{spsy} + d_{75}\Delta Q_{sgsy} + d_{76}\Delta T_{iry} + d_{77}\Delta Q_{pry} + d_{78}\Delta Q_{rry} + d_{79}\Delta Q_{say} + d_{710}\Delta P_{scpy} + d_{711}\Delta T_{rty} \\
 \Delta Q_{rrz} = d_{81}\Delta h_{hy} + d_{82}\Delta \omega_{sy} + d_{83}\Delta P_{sgpy} + d_{84}\Delta P_{spsy} + d_{85}\Delta Q_{sgsy} + d_{86}\Delta T_{iry} + d_{87}\Delta Q_{pry} + d_{88}\Delta Q_{rry} + d_{89}\Delta Q_{say} + d_{810}\Delta P_{scpy} + d_{811}\Delta T_{rty} \\
 \Delta Q_{saz} = d_{91}\Delta h_{hy} + d_{92}\Delta \omega_{sy} + d_{93}\Delta P_{sgpy} + d_{94}\Delta P_{spsy} + d_{95}\Delta Q_{sgsy} + d_{96}\Delta T_{iry} + d_{97}\Delta Q_{pry} + d_{98}\Delta Q_{rry} + d_{99}\Delta Q_{say} + d_{910}\Delta P_{scpy} + d_{911}\Delta T_{rty} \\
 \Delta P_{scpz} = d_{101}\Delta h_{hy} + d_{102}\Delta \omega_{sy} + d_{103}\Delta P_{sgpy} + d_{104}\Delta P_{spsy} + d_{105}\Delta Q_{sgsy} + d_{106}\Delta T_{iry} + d_{107}\Delta Q_{pry} + d_{108}\Delta Q_{rry} + d_{109}\Delta Q_{say} + d_{1010}\Delta P_{scpy} + d_{1011}\Delta T_{rty} \\
 \Delta T_{rzz} = d_{111}\Delta h_{hy} + d_{112}\Delta \omega_{sy} + d_{113}\Delta P_{sgpy} + d_{114}\Delta P_{spsy} + d_{115}\Delta Q_{sgsy} + d_{116}\Delta T_{iry} + d_{117}\Delta Q_{pry} + d_{118}\Delta Q_{rry} + d_{119}\Delta Q_{say} + d_{1110}\Delta P_{scpy} + d_{1111}\Delta T_{rty}
 \end{cases} \quad (4)$$

Коефіцієнти цієї моделі є елементами зворотного якобіана (5)

$$\left(\begin{array}{c}
 d_{11}, d_{12}, d_{13}, d_{14}, d_{15}, d_{16}, d_{17}, d_{18}, d_{19}, d_{110}, d_{111} \\
 d_{21}, d_{22}, d_{23}, d_{24}, d_{25}, d_{26}, d_{27}, d_{28}, d_{29}, d_{210}, d_{211} \\
 d_{31}, d_{32}, d_{33}, d_{34}, d_{35}, d_{36}, d_{37}, d_{38}, d_{39}, d_{310}, d_{311} \\
 d_{41}, d_{42}, d_{43}, d_{44}, d_{45}, d_{46}, d_{47}, d_{48}, d_{49}, d_{410}, d_{411} \\
 d_{51}, d_{52}, d_{53}, d_{54}, d_{55}, d_{56}, d_{57}, d_{58}, d_{59}, d_{510}, d_{511} \\
 d_{61}, d_{62}, d_{63}, d_{64}, d_{65}, d_{66}, d_{67}, d_{68}, d_{69}, d_{610}, d_{611} \\
 d_{71}, d_{72}, d_{73}, d_{74}, d_{75}, d_{76}, d_{77}, d_{78}, d_{79}, d_{710}, d_{711} \\
 d_{81}, d_{82}, d_{83}, d_{84}, d_{85}, d_{86}, d_{87}, d_{88}, d_{89}, d_{810}, d_{811} \\
 d_{91}, d_{92}, d_{93}, d_{94}, d_{95}, d_{96}, d_{97}, d_{98}, d_{99}, d_{910}, d_{911} \\
 d_{101}, d_{102}, d_{103}, d_{104}, d_{105}, d_{106}, d_{107}, d_{108}, d_{109}, d_{1010}, d_{1011} \\
 d_{111}, d_{112}, d_{113}, d_{114}, d_{115}, d_{116}, d_{117}, d_{118}, d_{119}, d_{1110}, d_{1111}
 \end{array} \right) \quad (5)$$

Висновки. Алгоритм керування КВМ за методом зворотного оператора, як це видно з наведеного аналізу, вимагає отримання зворотних матриць. На КВМ мірність вектора вхідних параметрів досить рідко буває дорівнює мірності вектора вихідних параметрів, і тому майже завжди має місце прямокутна матриця коефіцієнтів моделі. Квадратна матриця є окремим (і досить рідкісним) випадком прямокутної матриці.

На закінчення відзначимо, що наближення моделі до КВМ за критерієм середньоквадратичної гладкості дозволило побудувати лінійну модель нелінійного об'єкта, кращу з усіх можливих.

Список літератури

1. **Лобов В.Й., Котляр М.О.** Моделирование розподілу температур у шарі залізородних обкотишів газоповітряної камери в конвеєрних печах фабрики огрудкування // журнал "Научный вестник Национального горного университета", 2015. - № 2, С.109-117.
2. **Лобов В.Й., Котляр М.О.** Дослідження термічної обробки шару обкотишів в газоповітряній камері обпалювальної машини конвеєрного типу // журнал "Научный вестник Национального горного университета", 2015. - № 3, С.131-136.
3. Vyacheslav Lobov, Karina Lobova, Mykhailo Koltiar. Investigation of temperature distribution along the height of the layer of pellets on conveyor roasting machine. Metallurgical and Mining Industry, №. 4, p.p. 34-38, 2015.
4. **Кудрявцев Л. Д.** Математический анализ, 2 изд., т. 1 - 2, М., 1973.
5. **Ильин В. А., Позняк Э. Г.**, Основы математического анализа, 4 изд., ч. 1-2, М., 1980-82.
6. **Никольский С. М.**, Курс математического анализа, 4 изд., т. 2, М., 1991.
7. **Буткарев А.А.** Разработка и применение математических моделей и алгоритмов для исследования и оптимизации параметров непрерывного технологического процесса с плотным фильтруемым слоем на примере производства железородных окатышей. - Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Екатеринбург, 1998. - 211с.

8. Эффективный способ адаптации математической модели при моделировании процесса обжига окатышей на конвейерной машине / Буткарев А.П., Сквирский Е.С., Некрасова Е.В., Козырев П.И. // Теплотехническое обеспечение основных технологических процессов черной металлургии. М.: Металлургия, 1988. - С. 3-12.

9. Братчиков С. Г. Теплотехника окисковывания железорудного сырья / С. Г. Братчиков, Ю. А. Берман, Я. Л. Белоцерковский и др. – М.: Металлургия, 1970. – 344 с.

10. Мищенко И.М., Хлапонин Н.С. Развитие агломерации – основное направление энергосбережения и повышения эффективности в доменном производстве. – Металл и литье Украины, 2006. – № 3–4.

11. Калиткин Н.Н. Численные методы // под ред. А.А. Самарского / М.: Наука, 1978. – 512 с.

12. Белоцерковский Я.Л., Клейн В.И., Леонтьев Л.И. и др. Энергопотребление при агломерации. – Екатеринбург: УРО РАН, 1998. – 57 с.

13. Копоть Н. Н. Сравнительный анализ теплотехнических схем современных обжиговых конвейерных машин//Н.Н.Копоть, А.Б. Воробьев, С.С. Гончаров, А.А. Буткарев, А.П. Буткарев // Сталь, 2010. - № 3. - С. 8-13. Рукопись подано до редакції 17.03.16

УДК 622.807.622.684

О.В. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук, доц., Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, проф.,
Т.А. КОМИССАРЕНКО, канд. техн. наук, доц., М.В. ДОМНИЧЕВ, канд.техн.наук,
И.А. НЕСТЕРЕНКО, студент, Криворожский национальный университет

СВЯЗЫВАНИЕ ЧАСТИЦ ПЫЛИ МОСТИКАМИ ЖИДКОСТИ ПРИ ЕЕ ЗАГУЩЕНИИ

В связи со значительными темпами снижения глубины железорудных карьеров возрастает роль автомобильного транспорта, при перемещении горной массы. Одновременно с этим также возрастает грузоподъемность автосамосвалов. Это в свою очередь приводит к увеличению давления на полотно временных щебеночных карьерных и прикарьерных технологических автодорог. Следствием этого является переизмельчение щебня, что приводит к неорганизованному выбросу пыли в атмосферу.

Для борьбы с таким негативным явлением чаще всего используют воду или водные растворы солей.

Взаимодействие частиц пыли, находящихся в перманентно изменяющейся жидкой среде, для простоты можем представить в виде двух частиц в первоначально переувлажненной среде.

Для борьбы с этим негативным явлением чаще всего используют воду или водные растворы солей магния или кальция, которые образуют вокруг пылинок в щебенной смеси полотна дороги жидкие манжеты (мостики). Прочность манжет при связывании каменного материала определяется комплексным взаимодействием физико-химических свойств жидкости и связуемой пыли.

Связи между частицами пыли в этот период обеспечиваются за счет прочности жидких манжет. Однако эти связи непрочны. При механическом внешнем воздействии на пылинки расстояние между ними значительно сокращается в вследствие чего происходит уплотнение щебня. Это приводит к существенному удалению жидкости из щебня, переупаковки частиц пыли при одновременном и интенсивном испарении влаги.

Ключевые слова. аутогезия, адгезия щебеночные автодороги, водные растворы солей.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Выброс пыли из щебеночных автодорог происходит из конструктивного слоя износа упрочняющего полотна, призванного омоноличивать щебень или гравий. Толщина этого слоя составляет несколько сантиметров и зависит от типа автомобилей эксплуатирующих дорогу.

Все основные процессы образования пыли при переизмельчении щебня и ее связывание происходят, в основном, в этом слое при взаимодействии жидкости с минеральными частицами. Поэтому для предотвращения выбросов пыли с дорожного полотна производится профилактическое его смачивание водой или раствором соли. На первом этапе этого процесса наблюдается переизбыток влаги в сыпучей среде. Происходит это по двум причинам : 1) необходимость увлажнения всей толщи дороги диктует потребность в одновременно большом количестве воды; 2) проникновение ее в толщу дороги происходит в течении длительного времени (нескольких десятков минут). А поэтому на полотне дороги удерживается определенный запас влаги.

Для простоты представим две частицы минеральной пыли связанных жидким мостиком (манжетой) в разных стадиях смачивания.

На начальной стадии смачивания, при переизбытке жидкости, мениск манжеты будет выпуклым (рис. 1а).

Пытаясь принять естественное равновесное положение мениска (горизонтальное), капли будут раздвигать частицы, что препятствует на этом этапе их аутогезии.

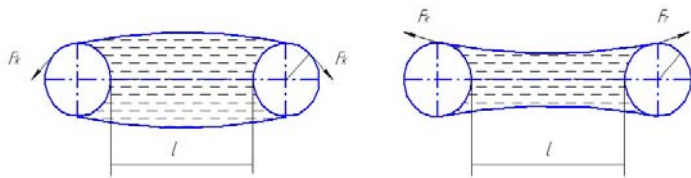


Рис. 1. Взаимодействие жидкости с частицами пыли

Одновременно между частицами пыли и жидкостью происходит взаимодействие, в результате чего осуществляется коагуляция примесей, находящихся в растворенном состоянии и образовании значительного количества ионов солей, которые присутствуют в растворе. Связь между частицами пыли в этот период обеспечиваются за счет прочности жидких манжет. Однако эта связь непрочна. В дальнейшем, при внешнем механическом воздействии на щебень, происходит значительное его уплотнение ее, как результат - сокращается расстояние между частицами пыли. Это приводит к существенному удалению жидкости из щебня, переупаковки частиц пыли при одновременном интенсивном испарении влаги.

По мере испарения жидкости под действием температуры и низкой влажности воздуха мениск опускается и занимает вогнутое положение (рис. 1б), что, в свою очередь, ведет к образованию канатного состояния [1]. В этот период под действием сил поверхностного натяжения F_k частицы сближаются. Этому также способствует снижение давления в жидкости между частицами за счет лапласовых сил.

Одновременно между частицами пыли и жидкостью происходит взаимодействие, в результате чего осуществляется коагуляция примесей, находящихся в растворенном состоянии.

Анализ исследований и публикаций. Предельное состояние оставшейся после испарения влаги в массиве упрочняющего слоя щебеночной или гравийной автодороги характеризуется тем, что в зоне контакта частиц пыли образуются кольца - мостики. К этому периоду под действием сил поверхностного натяжения смачивающей жидкости частицы сближаются. Этому также способствует снижение давления в жидкости между частицами за счет лапласовых сил

Таким образом, чтобы обеспечить аутогезию влажной пыли необходимо не только максимально сократить зазор между частицами пыли, но ввести и максимальное количество ионов соли в смачивающую жидкость, т.е. ее загустить.

В этом случае прочность на разрыв сыпучего материала осуществляется за счет капиллярного давления и разрыва жидкостных мостиков, соединяющих частицы пыли [1]

$$T = F_k / S + P_k, \quad (1)$$

где F_k - сила, представляющая поверхностное натяжение жидкости в манжете (мостике) определяется из выражения, Н

$$F_k = 2 \pi r \sigma_n, \quad (2)$$

где r - радиус капилляра, м. Вследствие малости этой величины можно считать, что площадь сечения капилляра связана с его радиусом зависимостью $S = 6/r$; σ_n - коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Па.

Капиллярное давление в жидкости мостика

$$P_k = (\sigma_n \cos \theta) / R_2. \quad (3)$$

где θ - краевой угол смачивания жидкости, определяемой экспериментально, град; R_2 - гидравлический радиус, определяемый из отношения площади сечения к периметру частицы, смоченной водой, м.

Постановка задачи. В соответствии с требованиями стандартов [2,3], используемый для упрочнения щебеночного (гравийного) покрытия отсева должен иметь кубическую форму зерен. В состав отсева входят фракции различных размеров, в т.ч. и частицы пыли до 50 мкм, представляющие опасность не только для горнорабочих, но и работающих механизмов.

Задача борьбы с выбросами пыли на дорогах предусматривает связывание пыли в агрегаты именно этой дисперсности с тем, чтобы они не могли планировать в воздушной среде.

Поэтому можно полагать, что кубическая форма минерального сырья, особенно в части до 50 мкм, примерно близка к сферической. Кроме этого, вследствие малости частичек пыли можно считать, что их радиус будет близок к радиусу капилляра.

Это допущение позволяет связать гидравлический радиус капилляра и степень заполнения жидкостью первого пространства зависимостью [1]

$$R_2 = W / (1 - W) S, \quad (4)$$

где W - объемное содержание жидкости в сыпучем материале, m^3 .

Неточность в оценке формы частиц А.Д. Зимон рекомендует учесть поправочным коэффициентом $a=6-8$.

Тогда, с учетом $6S=r$, имеем

$$R_c = Wr/6(1-W)a, \quad (5)$$

Подставляя в (1) величины из (3-5), получим выражение для определения прочности пыли, связанной водяными мостиками

$$T = \frac{6\sigma_n a(1-W)(\cos\theta + 1)}{rW}. \quad (6)$$

Из (6) следует, что при $\cos\theta=-1$ $T=0$, а при $\cos\theta=1$, прочность манжеты достигает максимума

$$T_{\max} = \frac{40a\sigma_n(1-W)}{rW}. \quad (7)$$

Однако, в (6) и (7) не учитывается влияние расклинивающего давления в капилляре, которое зависит от изменяющейся рН в самой жидкости.

Изложение материала и результаты. В то же время в Кривбассе, например ПАО ИнГОК, существует проблема эффективного использования технической воды при подавлен и пыли на щебеночных технологических дорогах из-за ее щелочности (рис 2)

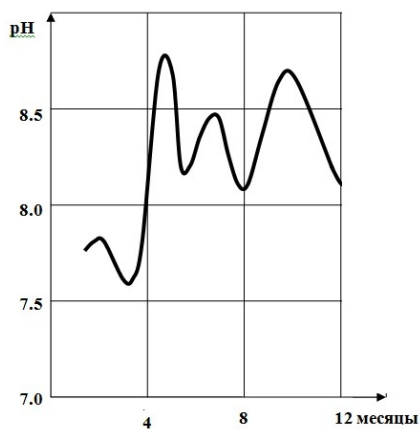


Рис. 2. Годовое изменение щелочности технической воды ПАО «ИнГОК»

А.Д. Зимон [4] показал существенное влияние указанного фактора на число адгезии пыли. Так, им установлено, что при изменении рН жидкости с 7.0 (нейтральной) до 8.0 (щелочная среда) число адгезии снижается на порядок. Однако, при дальнейшем росте рН, число адгезии начинает возрастать.

При определении влияния рН жидкости на аутогезию пыли гранита и железистых кварцитов 0,25 мм нами были использованы вода и стандартные растворы.

Прочность пыли определяли методом разрывных цилиндров [5,6]. Результаты представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Прочность на разрыв пыли гранитов $d \leq 0,25$ мм смоченной водными растворами

Жидкость	рН	Поверхностное натяжение, Па	Прочность средняя пыли на разрыв, Па	Коэффициент К
Дистиллированная вода	7	0,072	1467	1,0
Вода техническая	7,33	0,075	1209	0,8
Водный раствор натрия тетраборнокислого 0,01 м	9,18	0,069	1092	0,7
Водный раствор гидрата окиси кальция	12,45	0,064	752	0,5

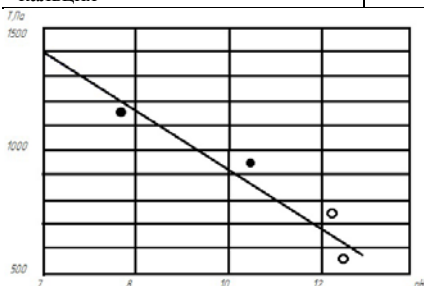


Рис. 3. Зависимость аутогезии пыли гранита от щелочности жидкой рН среды ($d < 0,25$ мм, $t = 20^\circ C$)

Из полученных результатов следует, что аутогезия пыли также снижается с ростом щелочности смачивающей жидкости. Однако, влияние рН среды на аутогезию пыли значительно ниже ее адгезии [4] и может быть учтено коэффициентом K

И тогда формула (6) приобретает вид

$$T = \frac{6Ka\sigma_n(1-W)(\cos\theta + 1)}{rW}, \quad (8)$$

$$K = T_p/T_e, \quad (9)$$

где T_p - прочность на разрыв пыли, смоченной раствором, Па; T_e - прочность на разрыв пыли, смоченной дистиллированной водой, Па.

Таким образом, коэффициент K должен учитывать взаимодействие растворов с минеральной пылью различных горных пород используемых для приготовления щебня. Так для гранитной пыли $K=0,8-0,5$ в зависимости от щелочности раствора.

Из (8) следует, что прочность манжет определяется в основном физико-химическими свойствами жидкости. В частности, когда θ приближается к 90° , процесс смачивания тормозится и прекращается при $\theta=180^\circ$.

Наибольшие выбросы пыли из поверхности щебеночных автодорог происходит в основном во время сухого периода года.

Вследствие интенсивного испарения влаги коэффициент поверхностного натяжения жидкости в этих условиях стремительно приближается к критическому порогу и роль манжет при связывании пылевых частиц исчерпывается.

Так как в изменяющихся погодных условиях процесс связывания пыли должен быть непрерывным, то смачивающий пыль раствор должен обладать еще и способностью к загущению с тем, чтобы при полном испарении влаги из щебеночной смеси продолжалось уже склеивание частиц пыли в агрегаты за счет сорбированных на их поверхности ионов солей растворов.

Известно [7,8], что загущение раствора в значительной степени зависит от валентности ионов и их радиусов - чем выше валентность и меньше радиус, тем больше ионов расположится в манжетах (мостиках) жидкости.

За счет меньшего радиуса ионов во времени увеличивается не только их диффузия в массив щебеночной смеси (табл. 2), но и их сорбция на поверхности частиц пыли (табл. 3) [9].

Из табл. 2,3 следует, что исходя из размеров ионов и их сорбции на поверхности минеральных частиц, из ряда солей первой место среди водных растворов занимает магний.

Таблица 2

Расчетные значения коэффициентов диффузии ионов солей растворов, используемых при пылеподавлении

Ион	Радиус иона [8] $1 \cdot 10^{-10}$ м	Коэффициент диффузии ($t=20^\circ\text{C}$)	
		10^{-9} м ² /с	10^{-4} м ² /сутки
Mg ²⁺	0,78	3,14	2,7
Na ⁺	0,98	2,5	2,2
Ca ²⁺	1,06	2,3	2,0

Таблица 3

Насыщение смачивания ионами магния при $+20^\circ\text{C}$

Проба	Время контакта, мин	$\Pi_{\text{экв}} \times 10^{-5}$ MgCl ₂ в растворе	$\Pi_{\text{экв}} \times 10^{-5}$ сорбированного MgCl ₂
1	60	4,60	2,25
2	90	4,28	2,57
3	120	3,95	2,90
4	180	3,85	3,00
5	1260	0,55	6,30
6	1440	0,45	6,40

С другой стороны, загущение раствора, связанное с удельной плотностью растворенного в нем вещества, имеет ограничения.

Так при увеличении плотности бишофита более 1220 кг/м^3 , а хлористого магния - 1300 кг/м^3 , смачивающие характеристики раствора ухудшаются (6) в связи с приближением краевого угла смачивания (рис. 4) к критическому порогу.

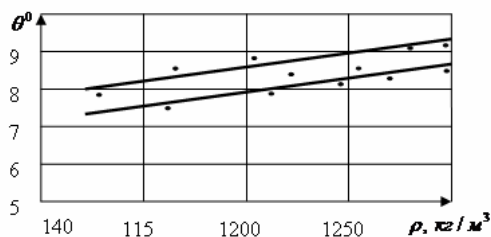


Рис. 4. Зависимость угла смачивания от удельной плотности раствора: 1 - раствор бишофита; 2 - раствор хлористого кальция (CaCl₂)

Так как нерегулируемые выбросы пыли происходят в основном из щебеночной смеси конструктивного слоя износа автодороги [7,8], то глубина пропитки этого слоя смачивающим и загущенным раствором соли имеет первостепенное значение.

Однако при загущении раствора тормозится его проникновение в пылевидные слои щебня (рис. 5 - кривые 2,3,4).

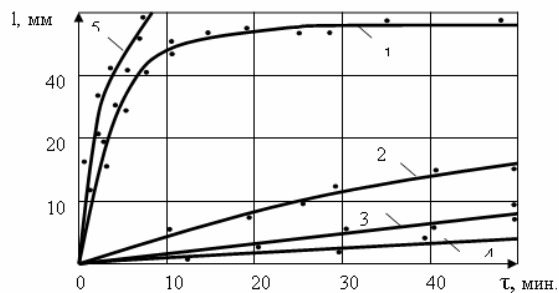


Рис. 5. Проникновение раствора бишофита в пыль фракции 0-0,25 мм, $t=20^{\circ}\text{C}$, $q=1 \text{ л/м}^2$: 1 - вода техническая; 2,3,4 - бишофит $\rho = 1,15$; $\rho = 1,26$; $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$; 5 - пыль, предварительно смоченная водой, а раствор $\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$

Выводы и направление дальнейших исследований. Происходит это потому, что смачивание частиц пыли жидкостью и ее проникновение в сыпучую среду определяется взаимодействием жидкости с каменным материалом и зависит от их взаимной химической природы.

Поскольку изменить химический состав твердого тела невозможно, поэтому необходимо воздействовать на смачиватель или поверхность минеральных частиц.

В первом случае вводят в смачиватель поверхностно-активные вещества, а во втором - модифицируют поверхность минеральных частиц путем образования на ней адсорбционного слоя воды [10,11].

Предварительное в минимальных количествах введение воды в упрочняющий слой щебеночной дороги сокращает время пропитки загущенным до максимальной концентрации раствором в 8-10 раз (см. рис. 4).

Таким образом, загущение солевого раствора позволяет не только повысить прочность жидких мостиков (манжет) между минеральными частицами за счет использования в растворах солей с минимальным радиусом ионов (например, Mg^{2+}), но и связывать частицы пыли в агрегаты уже мостиками солей сорбированных на их поверхности при испарении влаги из щебеночной смеси.

Концентрация солей магния или кальция в растворе должна быть такой, чтобы краевой угол смачивания не превышал $80-90^{\circ}$ (для бишофита этот предел составляет $1,25-1,3 \text{ г/см}^3$, а хлористого кальция - соответственно $1,19-1,21 \text{ г/см}^3$); предварительное образование адсорбционного слоя воды на поверхности частиц пыли упрочняющего слоя щебеночной дороги позволяет увеличить скорость его пропитки загущенным раствором соли в 8-10 раз; при возрастании щелочности водного раствора солей в пределах $7 > \text{pH} \leq 12$ аутогезия пыли снижается в 2,0-2,5 раза, но это снижение меньше адгезии.

Список литературы

1. Зимон А.Д., Андрианов Е.М. Аутогезия сыпучих материалов М.: Металлургия, 1973. - 288 с.
2. ДСТУ Б.В.2.7-34-95 Щебень из вмещающих горных пород и отходов сухого магнитного обогащения железистых кварцитов ГОКов и рудников Украины. - Госкомградостроительство Украины. - Киев, 1996. - 12 с.
3. ДБН В.2.3-4-2000 Автомобильные дороги. - К.: Госстрой Украины, 2000. - 114 с.
4. Зимон А.Д. Адгезия мыли и порошков. - М.: Химия, 1976. - 430 с.
5. Коузов А.П., Скрыбина Л.Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. - Л.: Химия, 1983. - 183 с.
6. Андрианов Е.И., Зимон А.Д., Янковский С.С. Заводская лаборатория. - М., 1972. - 376 с.
7. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия. - М.: Высшая школа, 1974. - 504 с.
8. Справочник химика / Под ред. Б.П. Никольского. - М.: Химия, 1966. - 976 с.
9. Характеристики процессов в технологии противопылевой обработки щебеночной дороги растворами солей / А.Е. Лапшин, О.В. Нестеренко, Л.Д. Ермак, В.Н. Назаренко // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог, 2004. - С. 73-75.
10. Сум Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. - М.: Химия, 1976. - 231 с.
11. Таубман А.Е., Никитин С.А. О механизме процесса улавливания частиц пыли водными растворами поверхностно-активных веществ // ДАН СССР. - № 5, 1956.
12. Майорова Л.П., Горбачев В.П. Охрана окружающей среды при проектировании автомобильных дорог Хабаровск, 1993. - 147 с.

Рукопись поступила в редакцию 08.02.16

В.А. ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ОЦІНКА ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ ТА РОЗРОБКА ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

На сьогоднішній день 60% від загального обсягу будівельно-монтажних робіт припадає на роботи, що виконуються в умовах реконструкції будівель і споруд. Технологія і організація будівельного виробництва при реконструкції будівель і споруд має ряд особливостей, у порівнянні з новим будівництвом, які створюють специфічні умови праці і впливають на виробничу безпеку. Роботи з реконструкції будівель і споруд відрізняються підвищеною трудомісткістю у порівнянні з новим будівництвом. Монтаж та демонтаж будинків, споруд, а також відновлення та зміцнення їх аварійних частин відносяться до робіт з підвищеною небезпекою. Роботи з реконструкції будівель і споруд проводяться, як правило, в умовах діючих підприємств або житлових комплексів, із сформованими, щільно забудованими генеральними планами і розвиненою інфраструктурою. В умовах діючих підприємств небезпека робіт з реконструкції обумовлюється впливом комплексу несприятливих чинників виробничого середовища. Одним з найважливіших факторів, що впливає на безпеку праці є необхідність проведення робіт з реконструкції в обмежених умовах за відсутності нормативних площ або простору для нормального виконання будівельних робіт. Проведення робіт з реконструкції в обмежених умовах вимагає постійної підвищеної уваги до процесу виробництва, додаткових фізичних витрат, пов'язаних з обережним переміщенням конструкцій і багаторазовим маніпулюванням, що, відповідно, збільшує напруженість праці і підвищує ризики травмування. Роботи з реконструкції будівель і споруд супроводжуються утворенням великої кількості будівельного сміття і виділенням пилу, диму і випарувань. У зв'язку з цим, розробку заходів щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час проведення робіт з реконструкції будівель і споруд необхідно починати на стадії розробки проектно-технологічної документації.

Ключові слова: виробнича безпека робіт, будівельно-монтажні роботи, виділення пилу, диму, випарування.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Роботи з реконструкції передбачають перебудову існуючих будинків і споруд з метою поліпшення їх функціональних властивостей або для використання їх за новим призначенням. Перебудова будинків і споруд може включати перепланування і збільшення висоти приміщень, посилення, часткове розбирання або заміну конструкцій, а також надбудову, прибудову, поліпшення фасадів будівель тощо.

Проведення реконструкції будівель і споруд обумовлюється різними причинами. Роботи з реконструкції проводяться у разі фізичного зношення несучих конструкцій, або через аварії, пожежі, стихійні лиха, які призвели до втрати цілісності, міцності, аварійного стану конструктивних елементів будівлі (споруди) [1]. З іншого боку, в умовах науково-технічного прогресу, оновлення технічного обладнання підприємств передбачає зміну об'ємно-планувальних рішень промислових будівель і відновлення несучої здатності конструкцій. Також перебудова будівель і споруд проводиться під час будівництва нових або реконструкції старих житлових масивів, в тому числі окремих вулиць тощо. Слід зазначити, що економічна ефективність капітальних вкладень в реконструкцію значно вища, ніж в нове будівництво, оскільки при реконструкції передбачається тільки часткова перебудова споруд, відповідно капітальні вкладення істотно менші, так само як і строки окупності [2]. Все це свідчить про збільшення обсягів робіт з реконструкції. На сьогодні 60 % від загального обсягу будівельно-монтажних робіт припадає на роботи, що виконуються в умовах реконструкції будівель [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Технологія і організація будівельного виробництва при реконструкції будівель і споруд має ряд особливостей, порівняно з новим будівництвом, які створюють специфічні умови праці і впливають на виробничу безпеку [4,10]. Наприклад, під час реконструкції виконуються роботи, неприємні для нового будівництва, такі як руйнування або демонтаж конструкцій, їх посилення, заміна окремих конструктивних елементів тощо. При зміні об'ємно-планувальних рішень часто виникає необхідність демонтажу існуючих частин будівель. Разом з демонтажними роботами і роботами щодо підсилення конструкцій практично завжди проводиться комплекс робіт щодо забезпечення стійкості частин будівель і конструкцій, що зберігаються під час реконструкції [7]. Ці роботи зазвичай здійснюють в умовах діючого цеху, що ускладнює забезпечення виробничої безпеки.

Незалежно від того, з якого матеріалу побудована будівля, всередині неї виникають різні сили і напруження. Коли будівля повністю побудована, ці сили компенсують одна одну, в результаті чого досягається стійкість і рівновага. Видалення несучого елемента конструкції може викликати дисбаланс сил, порушити рівновагу і привести до обвалення всієї будівлі або його частини. Особливі проблеми виникають з деякими будівлями, які побудовані з попередньо на-

пруженого залізобетону з натягуванням арматури на бетон, або без зчеплення напруженої арматури з бетоном, або які напружувалися поступово в процесі зведення [5].

В цілому, роботи з реконструкції будівель і споруд відрізняються підвищеною трудомісткістю у порівнянні з новим будівництвом. Монтаж та демонтаж будинків, споруд, а також відновлення та зміцнення їх аварійних частин відносяться до робіт з підвищеною небезпекою [6]. Найбільш трудомісткими і небезпечними роботами під час реконструкції будівель і споруд є: монтаж і демонтаж конструкцій чи їх зміцнення, а також розбирання і руйнування конструкцій і монолітних масивів, заміна окремих конструктивних елементів, зміцнення існуючих і влаштування нових фундаментів в умовах обмеженого простору, а також прокладання інженерних комунікацій і влаштування бетонної основи під поли тощо.

Крім того, роботи з реконструкції будівель і споруд проводяться, як правило, в умовах діючих підприємств або житлових комплексів, із сформованими, щільно забудованими генеральними планами і розвиненою інфраструктурою. Все це ускладнює чи робить неможливим укрупнювальне збирання та застосування прогресивних методів монтажу, не дозволяє використовувати типові технологічні карти, обмежує рух транспорту, механізмів, зменшує габарити робочих зон і проїздів для будівельних машин, створює перешкоди у вигляді існуючих будівельних конструкцій чи обладнання, підвищує пожежну небезпеку.

В умовах діючих підприємств небезпека робіт з реконструкції обумовлюється впливом комплексу несприятливих чинників виробничого середовища: підвищена насиченість технологічного транспорту, машин і механізмів (в тому числі будівельних) на одиницю площі, роботи поблизу ліній електропередач, діючих трубопроводів та інших комунікацій чи ємностей з небезпечними речовинами, а також роботи в гарячих цехах, в приміщеннях з вибухонебезпечним чи пожежонебезпечним середовищем або джерелами інтенсивного виділення пилу, в будівлях, спорудах і під конструкціями, що знаходяться в аварійному стані, в закритих ємностях тощо [3,7].

Одним з найважливіших факторів, що впливає на безпеку праці є необхідність проведення робіт з реконструкції в обмежених умовах за відсутності нормативних площ або простору для нормального виконання будівельних робіт. Обмежені умови характерні для робочих місць, розташованих поблизу зелених насаджень, будівель, розгалуженої мережі існуючих комунікацій, які підлягають підвищенню або перекладанню, а також в місцях інтенсивного руху міського або діючого технологічного транспорту тощо. В обмежених умовах виконуються роботи в закритих спорудах і приміщеннях з наявністю обладнання, меблів та інших предметів, які заважають приміщення і заважають нормальному виконанню робіт. Також необхідно враховувати обмежені умови або неможливість складування на будівельному майданчику матеріалів, виробів і конструкцій для забезпечення робочих місць [8]. Виконання робіт в обмежених умовах вимагає постійної підвищеної уваги до процесу виробництва, додаткових фізичних витрат, пов'язаних з обережним переміщенням конструкцій і багаторазовим маніпулюванням, що, відповідно, збільшує напруженість праці і підвищує ризики травмування.

Роботи з реконструкції будівель і споруд супроводжуються утворенням великої кількості будівельного сміття і виділенням пилу, диму і випарувань. Найбільш інтенсивно забруднюється повітря при розбиранні і руйнуванні конструкцій чи монолітних масивів, при розвантаженні і транспортуванні сипучих матеріалів, при видаленні і утилізації забруднених уламків та будівельного сміття, а також у разі проведення робіт в середині ємності або при короткочасних роботах в аварійних ситуаціях, коли дуже складно зменшити шкідливі виділення до допустимих рівнів.

Особливо небезпечним для людини є вдихання радіоактивного, вапняного і азбестового пилу, а також плісняви, грибків, спор та інших токсичних чи бактеріальних аерозолів. Під час демонтажу обладнання без його попередньої продувки і очищення, або у разі проведення робіт в середині ємності, в повітря робочої зони виділяються шкідливі випарування і дим. Під час газополуменевого різання обладнання або сталевих конструкцій, пофарбованих фарбою із вмістом цинку, свинцю або кадмію, забруднення повітря на робочих місцях може призвести до гострих або хронічних отруєнь.

Під час проведення робіт з реконструкції в умовах діючого підприємства на робітників часто впливає шум і вібрація, джерелами яких є технологічні процеси і обладнання цехів. Під час руйнуванні конструкцій будівель і споруд механізованим чи вибуховим способом виникає небезпека ураження людей ударною хвилею, а також осколками і уламками матеріалу, що розлітається.

Постановка завдання. Згідно ДБН А.3.2-2-2009 [9], до початку розбирання будівель і споруд та їх реконструкції чи знесення повинні бути передбачені заходи із запобігання впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів, як обвалення елементів конструкцій будівель і споруд, падіння незакріплених конструкцій, обладнання, а також машини, що рухаються, та предмети, що ними пересуваються, гострі крайки, кути, штирі, підвищений вміст у повітрі робочої зони пилу, шкідливих речовин, підвищений рівень шуму, вібрації на робочому місці, розташування робочого місця поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше.

Серед причин виробничого травматизму під час виконання робіт з реконструкції будівель і споруд найбільш частими є наступні: невикористання засобів колективного та індивідуального захисту через незабезпеченість ними – відсутність знаків безпеки і огорож небезпечних зон, будівельного майданчика, місця масового проходження людей не захищені захисними козирками, а вхід і вихід в будівлю, що реконструюється або розбирається розташовано в місцях демонтажних операцій, під час розбирання дахів, які мають уклон більше ніж 20°, робітники не використовують запобіжні пояси і трапи; порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів – великогабаритні вантажі перевозяться без позначення габариту червоними прапорцями; порушення технологічного процесу – залізобетонні перекриття до початку їх розбирання не оснащені упорами для тимчасового підтримання конструкції, підрублювання колони проводиться без її стропування, заміна фундаменту будівлі виконується одночасно на декількох ділянках довжиною понад 1,5 м; порушення вимог безпеки – кисневі балони використовуються без редукторів або знаходяться поблизу будівлі (споруди), що розбирається, запобіжні пояси закріплюються за конструкції, що розбираються, на даху зберігаються металеві листи, що мають велику парусність, робочі проводять розбирання стіни, перебуваючи зверху неї, демонтовані елементи і конструкції знаходяться в нестійкому положенні, проведення робіт з реконструкції біля діючого обладнання без наряд-допуску, виконання земляних робіт без наявності план-схеми комунікацій, інформації щодо їх призначення і розмірів.

У зв'язку з цим, розробку заходів щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час проведення робіт з реконструкції будівель і споруд необхідно починати на стадії розробки проектно-технологічної документації, яка є обов'язковою для даного виду робіт.

Викладення матеріалу та результати. Для організації безпеки праці під час реконструкції будівель і споруд необхідно знати не тільки технологію знесення будівель, але й принципи їх будівництва. Перш за все, необхідно досліджувати фізичні характеристики і конструкцію будівлі, що підлягає знесенню, щоб вибрати потім безпечний метод роботи.

Перед розбиранням, реконструкцією та капітальним ремонтом необхідно обстежити загальний стан будівлі (споруди), а також фундаменту, стін, колон, склепінь та інших конструкцій, а для надбудов також стан основ. Обстеження будівель і споруд проводять представники замовника і підрядної організації, з метою виявлення аварійних конструкцій або елементів будівель і споруд, які можуть обвалитися під час проведення робіт. Також в процесі обстеження намічають способи розбирання і визначають обсяги майбутніх робіт, вид і якість матеріалів, в тому числі відсоток придатних до повернення, стан електричних мереж, водопроводу, газопроводу, каналізації, зв'язок будівлі з іншими суміжними будівлями та можливість їх розділення тощо. За результатами обстежень складається акт, на підставі якого розробляється проект організації будівництва (ПОБ) і проект виконання робіт (ПВР).

При складанні проекту виконання робіт вказують обсяги і терміни початку і закінчення робіт, календарний план; кількість механізмів, робочої сили і транспорту, методи виконання робіт, підготовчі роботи і черговість демонтажу обладнання, окремих конструкцій, підземних комунікацій, а також заходи забезпечення безпеки працюючих, перехожих та міського транспорту, способи обвалення або розбирання стін, рішення щодо розбирання фундаментів або засипання підвальних приміщень, транспортування матеріалів повернення, а також заходи щодо збереження матеріалів і устаткування.

Замовник робіт з реконструкції об'єкту має своєчасно забезпечити будівельну організацію фронтом робіт, необхідною проектно-кошторисною документацією, будівельний майданчик енергоресурсами, шляхами і комунікаціям. Для розроблення ПОБ і ПВР замовник повинен додатково надати проектній організації такі вихідні дані [9]: склад відокремлених технологічних ділянок підприємства, можлива послідовність і тривалість їх зупинки на реконструкцію; послідовність розбирання і перекладання інженерних мереж, місця підключення тимчасових ме-

реж, перелік виробничих і санітарно-побутових приміщень, що надаються будівельним організаціям на період виконання робіт з розбирання, реконструкції, відомості про зони з високими температурами, загазованістю, вибухо- і пожежонебезпечними речовинами, з обмеженими умовами робіт; обмеження на виконання спеціальних видів робіт (забивання паль, газозварювальних, безтраншейного прокладання труб тощо); місця розташування споруд, пошкодження яких під час виконання будівельно-монтажних робіт може призвести до важких наслідків та людських жертв (склади паливно-мастильних матеріалів, газопроводи, електромережі тощо).

Для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час проведення робіт з реконструкції будівель і споруд у проектно-технологічній документації необхідно зазначити такі заходи: вибір методу розбирання, демонтажу та монтажу, надбудови будівлі (споруди); визначення послідовності та безпеки виконання робіт; визначення небезпечних зон, застосування захисних огорож; тимчасове чи постійне закріплення або підсилення конструкцій будівлі, що розбирається, з метою запобігання випадковому обваленню конструкцій або частини будівлі; зменшення пилоутворення; безпека праці під час виконання робіт на висоті; визначення схеми стропування під час демонтажу конструкцій і технологічного обладнання.

Часто роботи з реконструкції проводяться в умовах діючих промислових підприємств, для яких характерні насичена мережа підземних комунікацій і щільність забудови, або в умовах небезпечного наближення до сусідніх будівель, проїздів, повітряних ліній електропередач та інших інженерних комунікацій. Через складність умов проведення робіт, часто неможлива механізація виробничих процесів, через що збільшується доля ручної праці. Тому, у проектно-технологічній документації також повинні бути зазначені вимоги безпеки праці, що забезпечуються під час виконання робіт без зупинки основного виробництва або з частковою зупинкою, виконання робіт під час демонтажу або реконструкції внутрішніх інженерних мереж, виконання транспортних робіт в умовах обмеженого виробничого простору, складування та утилізації матеріалів і конструкцій, одержаних під час розбирання або реконструкції споруд.

Відповідальність за підготовку та виконання заходів, що забезпечують безпеку праці всіх працюючих на об'єкті (в цеху, споруді), однаково несуть керівники будівельно-монтажних організацій і діючого підприємства. Розроблені заходи повинні бути узгоджені з керівниками цехів і виробництв, на території яких проводимуться роботи. Загальне керівництво розробкою заходів і контроль за виконанням будівельно-монтажних робіт повинна здійснювати генеральна підрядна будівельна організація, а заходів, які забезпечують безпеку технологічного процесу в цехах - керівництво підприємства. Увесь комплекс заходів затверджують головні інженери генпідрядної будівельної організації та підприємства, що реконструюється.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, розробка заходів щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час проведення робіт з реконструкції будівель і споруд на стадії розробки проектно-технологічної документації, дозволяє знизити ризики травматизму, виключити або скоротити трудомісткі і важкі роботи, передбачити руйнування будівель та інші аварійні ситуації.

Список літератури

1. **Фураев М.С.** Техника безопасности при разборке зданий и сооружений. / **Фураев М.С.** - М: Издательство литературы по строительству, 1971. – 51 с.
2. **Кочерженко В.В.** Технология реконструкции зданий и сооружений. Учебное пособие / **Кочерженко В.В., В.М. Лебедев.** – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 224 с.
3. **Рыбалка Е.А.** Анализ травматизма на реконструируемых участках промышленных предприятий / **Рыбалка Е.А., Диденко Л.М.** // Технические науки. Коммунальное хозяйство городов. – 2005. – Вып. 64. – С. 94-98.
4. **Шагин А.Л.** Реконструкция зданий и сооружений. Учеб. пособие для строит. спец. Вузов. / **Шагин, Ю.В. Бондаренко, В.Б. Гончаров.** – М.: Высшая школа, 1991. – 352 с.
5. **Чандра Пинагода** Безопасность, гигиена труда и санитарно-бытовые условия на строительных площадках. Учебное пособие / **Чандра Пинагода.** – М.: Стройиздат, 2005. – 150 с.
6. Перелік робіт з підвищеною небезпекою: НПАОП 0.00-4.12-2005. – [Чинний від 2005-01-26]. – К.: Державний комітет України з нагляду за охороною праці, 2005. – 10 с. – (Нормативно правовий акт з охорони праці).
7. **Беляков Ю.И.** Строительные работы при реконструкции предприятий. / **Беляков Ю.И., Резунник А.Ф., Федосенко Н.М.** – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
8. Правила безпеки при реконструкції будівель і споруд промислових підприємств: ДНАОП 6.1.00-1.12-01. – [Чинний від 2001-04-02]. – К.: Міністерство праці та соціальної політики України, 2001. – 50 с. – (Державний нормативний акт з охорони праці).
9. Охорона праці і промислова безпека у будівництві: ДБН А.3.2-2-2009. – [Чинний від 2012-04-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 122 с. – (Державні будівельні норми України).
10. **Антонец В.Н.** Особенности производства строительно-монтажных работ в условиях реконструкции зданий и сооружений. / **Антонец В.Н.** – Хабаровск: Издательство ТОГУ, 2012. – 97 с.

Рукопис подано до редакції 25.03.16

А.А. ГУРИН, д-р техн. наук, проф., В.И. ДЕНЬГУБ, канд.техн. наук., доц,
Т.В. ДЕНЬГУБ, аспирант, Криворожский национальный университет

О ПОДЪЕМЕ ПЫЛЕГАЗОВОГО ОБЛАКА ПОД МЕТАТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Известен метод расчета динамической высоты подъема пылегазового облака, созданный на основе кинематической теории струй. Однако он не учитывает массы зарядов и дает завышенные результаты расчетов по сравнению с промышленными наблюдениями.

Предлагается уточненный метод расчета динамического подъема продуктов детонации взрывчатых веществ с учётом массы заряда в скважине и сжимаемости атмосферного воздуха на фронте ударной воздушной волны.

Сравнение полученных результатов расчёта с опытными данными подтверждают корректность предлагаемого метода расчета и его пригодность для оценки динамических высот подъема пылегазовых облаков при взрывных работах.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Исследованием процесса формирования пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах занимались многие исследователи [1-4]. Определения высоты выброса пылегазового облака по формуле нормативного документа показывает, что она, как правило, превышает 100-150 м [1]. Результаты теоретических, полигонных и промышленных исследований, приведенные в работах [2-6], показывают, что величина динамического (под действием детонации взрывчатых веществ) подъема облака оказывается меньшей, чем дают формулы, приведенные в нормативной литературе, что приводят к завышенной оценке выбросов вредных газов и пыли в атмосферу.

В связи с изложенным возникает необходимость определить начальную высоту подъема пылегазового облака, обусловленную метательным действием взрывчатых веществ. В конечном итоге знание этого параметра позволит более точно описать полный процесс формирования и рассеяния пылегазового облака.

Изложение материала и результаты. Процесс подъема пылегазового облака под метательным действием взрывчатых веществ нами представляется следующей моделью. При истечении из образующей воронки взрыва продуктов детонации взрывчатых веществ со сверхзвуковой скоростью V на фронтальной части струи образуется скачок давления Δp . Сила противодействия, созданная за счет сжимаемости воздуха, тормозит движущуюся массу m струи до тех пор, пока ее скорость не станет равной скорости звука в воздухе. При таком значении распространения фронта ударной воздушной волны скорость в потоке за скачком давления станет равной нулю. Таким образом, метательное воздействие взрывчатых веществ прекращается и в дальнейшем облако будет подниматься как термик.

Изложенную физическую сущность явления можно описать дифференциальным уравнением второго закона Ньютона

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -\frac{\Delta p S}{m} \quad (1)$$

при начальных условиях

$$z_0 = z(0) = l_c, \quad z^1(0) = V_0, \quad (2)$$

где d^2z/dt^2 - ускорение струи массой m в направлении оси аппликат O_z ; t - текущее время, отсчитываемое от момента выхода струи из взрываемого блока, с; Δp - перепад давления в ударной волне, Па; S - площадь фронтального сечения струи, m^2 ; l_c - глубина взрывающей скважины ($l_c \approx 18m$); V_0 - начальная скорость выхода струи из воронки взрыва, м/с.

В свою очередь перепад давления на фронте ударной волны можно определить исходя из свойств ударной адиабаты Гюгонио [7]

$$\Delta p = \frac{2pk}{k+1} \left[\frac{1}{c^2} \left(\frac{dz}{dt} \right)^2 - 1 \right], \quad (3)$$

где p - атмосферное давление, Па; k - показатель адиабаты ($k = 1.4$); c - скорость звука в воздухе, равная [7]

$$c = 20.1\sqrt{T}, \quad (4)$$

где T - абсолютная температура окружающего воздуха, °К.

Если высоту z подъема струи отсчитывать от её полюса, который будет размещаться на дне скважины, то площадь фронтального сечения струи рассчитывается по формуле

$$S = \pi(0,1z)^2. \quad (5)$$

С учетом формул (3)-(5) дифференциальное уравнение (1) можно привести к более общему виду

$$\frac{31,25mc^2}{\pi k p} \frac{d^2 z}{dt^2} = \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 + c^2 z \quad (6)$$

с начальными условиями (2).

Используя для его решения метод Бернулли Д. [8], получим выражение для расчета динамического подъема z_k пылегазового облака над поверхностью взрываемого блока

$$z_k = \sqrt[3]{\frac{46,875(kH)mc^2}{\pi k p} \ln \frac{V_o^2 - c^2}{(0,063c)^2} - l_c}. \quad (7)$$

Время подъема τ_k пылегазового облака на высоту z_k вычисляется на основании зависимости

$$\tau_k = 2z_k / V_o \quad (8)$$

В табл. 1 представлены экспериментальные данные скорости истечения V_o продуктов детонации и динамической высоты подъема пылегазового облака z_k (столбцы 4,5), полученные на основании обработки кинограмм [6]. Массы взрывчатых веществ в скважинах конкретно не указаны, но они изменялись в пределах 600-900 кг. В столбцах 6,7 табл. 1 приведены результаты расчетов по формуле (7) для зарядов $m_1=900$ кг и $m_2=600$ кг при одинаковых параметрах $C=340$ м/с, $k=1,4$.

Таблица 1

Расчет высоты z_k и времени τ_k подъема пылегазового облака под метательным действием взрыва

Параметры	Длина - заряда ВВ, м	Длина забойки, м	Длина воздушной полости, м	Скорость истечения струи V_o , м/с	Высота z_k , м	Высота подъема z_k , м	
						масса заряда	
						$M_1=900$ кг	$M_2=600$ кг
1	11	1	6	1400	46,7	42,4	34,8
2	11	1	6	850	29,8	39,6	32,5
3	11	1	6	1500	52,5	42,8	35,1
4	11	1	6	1650	57,2	43,2	35,5
5	11	4,5	2,5	850	26,4	39,6	32,3
6	11	7	--	350	16,3	23,6	18,4
7	11	7	--	500	20,5	35,2	28,5
8	11	7	--	610	21,1	37,2	30,2
9	11	7	--	510	16,5	35,4	28,7
10	11	7	--	490	14,7	35,0	28,3
11	16	7	--	820	28,3	39,4	32,1

Анализ результатов расчетов показывает, что результаты теоретических вычислений (столб. 6 и 7) удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными (столб. 5). Однако имеются расхождения, зависящие от длины забойки скважины. Так, например, при малых значениях формула (7) дает заниженные значения высот z_k (см. строки 1-5). При увеличении длины забойки $l \approx 7$ м (строки 7-11) теоретические расчеты по формуле (7) дают завышенные значения высот z_k по сравнению с экспериментами. Однако, в целом предлагаемый авторами метод оценки динамического подъема пылегазового облака под метательным действием взрыва дает более точную оценку, чем зависимости, приведенные в методике [1]. Вертикальный подъем нагретого пылегазового облака за счет действия на него архимедовой силы в настоящей статье нами не рассматривается.

Выводы и направления дальнейших исследований. На основании тормозящего действия сжатого ударной волной воздуха (образования в нем адиабаты Гюгонио) предложено дифференциальное уравнение процесса истечения пылегазовой струи в атмосферу карьера.

Решение дифференциального уравнения позволило выявить зависимость динамической высоты подъема пылегазового облака от начальной скорости газов, массы заряда, глубины скважины, крепости пород.

Установлено, что динамическую высоту подъема продукта взрыва следует ожидать в пределах 15-60 м, а время динамического подъема в пределах 50-110 мс. Для получения более «жесткой» оценки параметров пылевоздушной струи расчеты рекомендуется производить при максимально возможных массах зарядов.

Список литературы

1. Методика расчета выбросов вредных веществ карьеров с учётом нестационарности их технологических процессов. Кривой Рог, 1989. - 57 с.
 2. **Гурин А.А., Радченко И.С., Гурин Ю.А.** Влияние параметров забойки на высоту выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах // Сб. науч. тр. НИГРИ. Кривой Рог, 2009. - С. 61-71.
 3. **Гурин А.А., Гурин Ю.А., Серебrenников Э.В., Черденченко В.О., Ляшенко В.И.** Исследование динамики выброса пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах / Изв. вузов Горный журнал. 2015. №1. - С.109-117.
 4. **Зберовский А.В., Дубей В.В.** Явление скачкообразного увеличения температуры и скорости пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах / Сб. науч. тр. Национальной горной академии Украины. Днепрпетровск. 1993. - С.86-90.
 5. **Бересневич П.В., Деньгуб В.И.** Определение объёмов выброса пыли, поступающей из карьера в окружающую среду // Разраб. рудн. месторожд. Республ. межвед. научно-техн. сб. Вып. 56 Кривой Рог, 1995. - С.112-118.
 6. **Ткачук К.Н.** Разрушение горных пород взрывом. – К.:Техника, 1974. - 203 с.
 7. **Лойцянский Л.Г.** механика жидкости и газа. – М.:Наука, 1973. - С.121-152.
 8. **Камкэ Э.** Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М.: Физматгиз, 1961, С.92-94.
- Рукопись поступила в редакцию 15.04.16

УДК 622.28.04

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., А.К. ГАЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.
І.А. ГАЦЬКИЙ, студент, Т.Г. БОНДАРЕНКО, ст. викладач
Криворізький національний університет

ЗАПОБІЖНЕ ПЕРЕСУВНЕ КРІПЛЕННЯ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ПРАЦЮЮЧИХ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ

Назріла необхідність розробки нових, нетрадиційних конструктивно-технологічних рішень в області проведення та кріплення гірничих виробок в залізрудних та інших галузях гірничодобувної промисловості. При проведенні в масиві порід гірничої виробки і в процесі її експлуатації необхідно зберегти необхідні розміри і форму поперечного перерізу виробки, а також забезпечити безпечні умови для роботи людей і транспорту. Це в більшості випадків досягається виконанням низки заходів, найважливішим з яких є зведення гірської кріплення. Важливим завданням при проведенні гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах є забезпечення безпеки виконуваних робіт у вибої з легко обвалюючими породами покрівлі, де часто відбуваються нещасні випадки, травмування людей і утворення завалів, що призводить до порушення технологічного циклу з відповідними їм додатковими трудовими і фінансовими втратами. Основною причиною травматизму в прохідницьких забоях, є відсутність ефективних технологічних прийомів, зручних і надійних захисних засобів, які могли б забезпечити безпечне перебування людей у призабійній зоні при виконанні операцій прохідницького циклу. Вдосконалення тимчасового запобіжного кріплення та підвищення безпеки працюючих за рахунок використання рухомого модуля рам, що мають верхнє і бокове перекриття з відпрацьованої конвеєрної стрічки і розширення умов застосування.

Ключові слова: прохідницькі забої, травматизм ефективні технології, гірські кріплення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Важливим завданням при проведенні гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах є забезпечення безпеки виконуваних робіт у вибої із породами покрівлі схильними до обвалення, де часто відбуваються нещасні випадки, травмування людей та утворення завалів, що приводить до порушення технологічного циклу з відповідними їм додатковими трудовими й фінансовими втратами.

На даний час на шахтах України травматизм від обвалення покрівлі на ділянці виробки від вибою до постійного кріплення становить 20,6 % від усього травматизму при обваленнях та вивалах у капітальних та підготовчих виробках [1,7]. Основною причиною травматизму в прохідницьких роботах, є відсутність ефективних технологічних прийомів, зручних та надійних захисних засобів, які могли б забезпечити безпечне перебування людей у привибійній зоні при виконанні операцій прохідницького циклу.

Відповідно до вимог "Єдиних правил безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом" зведення постійного кріплення, а також збирання породи після підричних робіт у підготовчих виробках виконуються під захистом тимчасового кріплення. У слабких та нестійких породах роботи повинні проводитися із застосуванням випереджаючого кріплення, щитів або якими-небудь спецзасобами.

За останні десятиліття не з'явилося нових ефективних рішень для захисту прохідників від вивалів та обвалень порід з покрівлі виробок, наразі використовуються найпростіші конструкції тимчасових запобіжних кріплень, використовуваних на момент прибирання породи й монтажу кріплення, наприклад, привибійне тимчасове запобіжне кріплення, що складається з двох металевих висувних балок-консолей [2,6].

Оскільки, застосовувані нині конструкції тимчасового запобіжного кріплення не запобігають розшаруванню та послідовному обваленню порід покрівлі в незакріпленій привибійній частині виробки, а лише захищають людей від падіння невеликих шматків породи, тому виникає гостра необхідність у розробці й створенні технологічного способу й спеціального устаткування, яке б дозволило у горизонтальних і похилих гірничих виробках запобігати цим негативним факторам, і тим самим, створювати безпечні умови для працюючих там людей [3].

Аналіз досліджень та публікацій. При проведенні гірничих виробок усі роботи у вибої по прибиранню породи після підричних робіт, а також зведення постійного кріплення, повинні виконуватись під захистом запобіжного кріплення, який тимчасово кріпиться у простір між вибоєм та вже постійним кріпленням [4,8,9].

У вітчизняній практиці для кріплення привибійного простору при проведенні виробок застосовуються в основному тимчасові запобіжні кріплення.

Консольні тимчасові запобіжні кріплення за способом переміщення бувають висувними й переносними. На (рис. 1а) представлена найпоширеніше в цей час на вітчизняних шахтах висувне консольне запобіжне кріплення зі скобами, пристосованими для закріплення на верхняках постійного кріплення. На (рис. 1б) показаний варіант такого кріплення з настилом з елементів постійного дерев'яного кріплення (верхняків, зтяжок), які при зведенні постійного кріплення не видаляються, а використовуються як складова частина постійного кріплення.

На (рис. 1в) показана одна з конструкцій тимчасового висувного запобіжного консольного кріплення, застосовуваного для кріплення привибійного простору виробок склепінної форми. Тут для утворення запобіжного аркового перекриття використовуються верхняки постійного кріплення й зтягування. Зведення постійного кріплення в цьому випадку зводиться до приєднання до покладеного на прогонах верхнім елементам кріплення бічних елементів, розклинення арок та установці зтяжок.

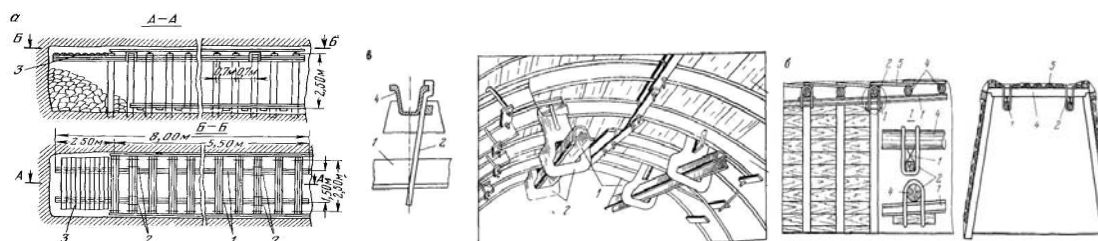


Рис. 1. Тимчасові висувні кріплення: а, б – для виробок із плоскою покрівлею, в – для виробок зі склепінною покрівлею: 1 - висувні балки; 2 - скоби; 3 - настил; 4 - верхняк; 5 - зтяжка

Переносне консольне запобіжне кріплення «ВостНИИ» (рис. 2) складається із двох швидкорозчіпних трикутних металевих рам, установлюваних з боків виробок, на які потім укладають верхняки постійного кріплення з наступним зтягуванням покрівлі й розпірними укісними стійками. Кожна така трикутна рама складається з вертикальної стійки ВК 8, укісної стійки ВК 8 та горизонтального кронштейна, що виготовляється із двотаврової балки № 10 або спецпрофіля СВП-17.

Рамні тимчасові запобіжні кріплення застосовуються двох типів переносні й непереносні.

Часто застосовується в якості переносного кріплення трапецієподібна рама, що складається із двох гідростійок типу ГС-3 та дерев'яного верхняка.

У якості тимчасовий привибійного кріплення можуть використовуватися розбірні легкі інвентарні кріплення типу МК-4с.

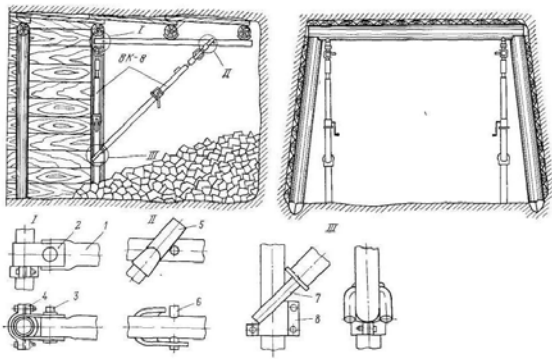


Рис. 2. Переносне тимчасове кріплення «ВостНИЙ»: 1 - горизонтальний кронштейн; 2-утримуючий хомут; 3- палець; 4 - фіксуючий хомут; 5 - вилка; 6 - упор; 7 - нижня вилка; 8 - опорний хомут

Рами постійного кріплення зводяться між рамами тимчасового кріплення, після чого тимчасове кріплення розбирається й переноситься для повторного використання на нове місце.

Непереносні рамні тимчасові запобіжні кріплення застосовуються головним чином при кріпленні виробок постійним монолітним залізобетонним кріпленням, у якості непереносних рамних тимчасових запобіжних кріплень застосовують звичайні металеві кріпильні арки, кільця, трапецієподібні рами з різних профілів прокату, які потім залишають у бетоні як арматурний каркас при зведенні постійного монолітного кріплення.

Підвісні (анкерні, штирові) запобіжні кріплення також досить широко застосовуються при проведенні виробок.

Підвісне анкерне кріплення (рис. 3а), складається з аркового або прямолінійного верхнього елемента 1 зі спецпрофілю та двох-трьох анкерів 2, за допомогою яких верхняк утримується під покрівлю виробки. На верхняк укладається запобіжний настил із затяжок 3. У якості верхняків часто використовуються верхні елементи постійного кріплення, і наступне зведення постійного кріплення полягає в установці під верхняки стійок.

Підвісне безстієчне (штирове) кріплення БК-3 (рис. 3б), застосовується на деяких шахтах як тимчасова запобіжна, а в деяких гірничо-геологічних умовах і як постійне кріплення, відрізняється від вищеприписаної тим, що в боках виробки під покрівлю заставляються в шпуре металеві штири 2, на які укладаються верхняки 1 з настилом. Кріплення застосовне при стійких породах у боках вироблення.

У закордонній практиці для кріплення привибійного простору при проведенні виробок широко застосовуються висувні консольні тимчасові кріплення. Прогони в цих кріпленнях звичайно виготовляють із рейок або двотаврових балок довжиною до 6 м та прикріплюють до рам постійного кріплення за допомогою скоб різних конструкцій.

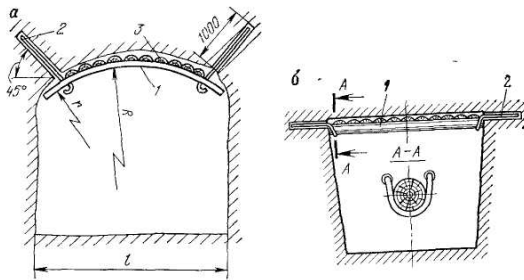


Рис. 3. Підвісні тимчасові кріплення: а – підвісне анкерне кріплення, б – підвісне штирове кріплення БК-3

На шахтах застосовується переносне тимчасове кріплення, показане на рис. 4.

Рама цього кріплення складається з верхняка 1 та двох стійок, виготовлених із шахтного жолобчастого профілю.

Стійки рам розсувні й складаються із двох відрізків 2 та 3, з'єднаних за допомогою клинового

фрикційного замка 4.

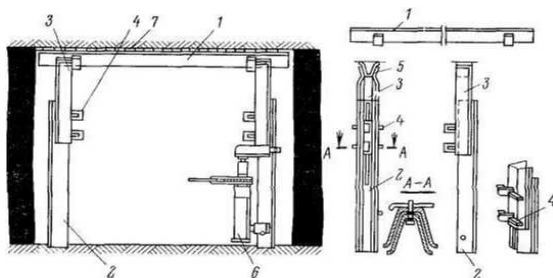


Рис. 4. Переносне тимчасове запобіжне кріплення з жолобчастого шахтного профілю

До верхнього кінця стійки приварений черевик 5 для укладання на нього верхняка. Первісний розпір рами при її установці створюється переносним домкратом 6.

Покрівля вироблення між рамами затягається дротяною сіткою 7. Кріплення має конструктивну піддатливість, швидко встановлюється й легко вилучається [5].

Постановка завдання. Важливим завданням при проведенні гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах є забезпечення безпеки виконуваних робіт у вибої із породами покрівлі схильними до обвалення, де часто відбуваються нещасні випадки, травмування людей та

утворення завалів, що приводить до порушення технологічного циклу з відповідними їм додатковими трудовими й фінансовими втратами.

Викладення матеріалу та результати. Задачею запропонованої моделі є вдосконалення тимчасового запобіжного кріплення та підвищення безпеки працюючих за рахунок використання рухомого модуля рам, що мають верхнє і бокове перекриття з відпрацьованої конвеєрної стрічки і розширення умов застосування.

Технічний результат від використання моделі полягає в тому, що зникає необхідність улаштування складного обладнання тимчасового кріплення та надає можливість пересування всього модуля в процесі проведення виробок, крім того дозволяє використовувати у виробках різного перерізу.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що запропоноване тимчасове запобіжне пересувне кріплення гірничих виробок, яке включає секції несучих рам з'єднаних між собою планками.

Згідно моделі рами виконані з елементів кутової сталі і встановленні на металеві лижі та мають між собою і лижами болтове і шарнірне з'єднання, крім того рами мають зверху і з боків перекриття з відпрацьованої конвеєрної стрічки, закріпленого до рам болтами, при цьому перша рама від вибою має захисний дашок.

Запропонована модель ілюструється кресленням, де на рис. 5 наведено схему тимчасового пересувного кріплення поперечний розріз, на рис. 6 представлено повздовжній розріз, на рис. 7 наведено вид зверху.

Тимчасове пересувне кріплення містить рами 1, які складається з елементів кутової сталі верхняк 2 та бокових стійок 3 основного опорного елемента кріплення який служить для підтримки робочого простору, з'єднаними між собою болтами 4, а з верхняком 2 за допомогою шарніру 5. Бокові елементи рами 3 закріпленні на лижах 6 за допомогою болтів 4. Зверху та з боків рами мають перекриття з відпрацьованої конвеєрної стрічки 7 закріпленої за допомогою болтів 4.

Перша рама від погруддя вибою має дашок 8 закріплений до рами болтами 4 та перекритий конвеєрною стрічною 7 (рис. 5). Рами 1 між собою з'єднані боковими стяжками 9 (рис. 6). Лижі 6 з переду і з заду мають отвори 10, які з'єднані між собою тросом 11 (рис. 7).

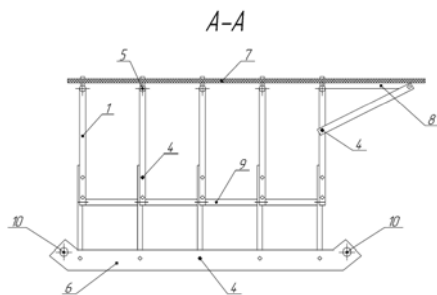


Рис. 5. Поперечний розріз тимчасового запобіжного кріплення: 1 - рами; 2 - верхняк; 3 - стійки; 4 - болти; 5 - шарніри; 6 - лижі; 7 - конвеєрна стрічка

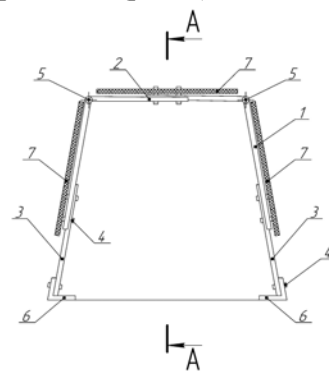


Рис. 6. Повздовжній розріз тимчасового пересувного кріплення: 1 - рами; 4 - болти; 5 - шарніри; 6 - лижі; 7 - конвеєрна стрічка; 8 - дашок; 9 - стяжки; 10 - отвори

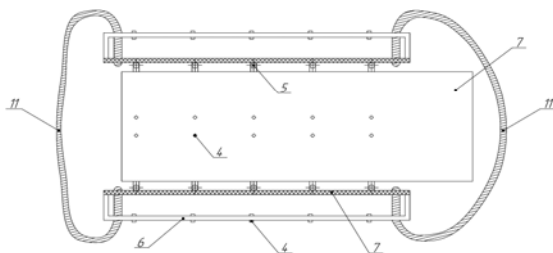


Рис. 7. Вид зверху тимчасового запобіжного пересувного кріплення: 4 - болти; 5 - шарніри; 6 - лижі; 7 - конвеєрна стрічка; 11 - трос

Пересувне кріплення функціонує наступним чином. Елементи рами 1 спочатку з'єднуються між собою верхніми і боковими стяжками 9, а потім закріплюються на лижах 6 болтами 4. Рами 1 зверху і з боків перекриваються відпрацьованою конвеєрною стрічкою 7 яка закріплюється до рам 1 болтами 4. За допомогою планок 9 до першої від вибою рами кріплення встановлюється обладнаний захисний дашок 8.

Тимчасове пересувне кріплення розташовується безпосередньо в вибою виробки, яка проходиться, що забезпечує захист працюючих від падіння кусків гірської породи, при веденні технологічних процесів: буріння, зарядки шпурів, прибирання гірської породи та кріплення.

Пересувне тимчасове кріплення пересувається за допомогою породонавантажувальної машини так, що перед вибухом воно перетягується від вибою на відстань відкидання гірської породи вибухом.

Після підривання шпурів та провітрювання виробки кріплення пересувається до розвалу гірської породи де відбувається її прибирання під захистом тимчасового кріплення.

За мірою прибирання породи у вибою кріплення пересувається до вибою теж породонавантажувальної машиною.

Для пересування лижі мають з переду і заду спеціальні отвори 10 з'єднані між собою тросом 11, за який породонавантажувальна машина переміщує тимчасове кріплення по виробці.

З'єднання верхняка 2 і стояк 3, за допомогою болтів 4, дозволяє використовувати кріплення для різних поперечних розмірів гірничих виробок.

Використання розробленого пересувного кріплення при проведенні гірничих виробок забезпечує захист працюючих у вибою від травмування падаючими кусками гірської породи при веденні технологічних процесів[10].

Висновки та напрямок подальших досліджень. У світі застосовується велика кількість тимчасових запобіжних кріплень різної конструкції, але вони містять ряд недоліків.

Переважає більшість з них не забезпечує необхідної безпеки працівників, а інші являються економічно не вигідними, у зв'язку із застосуванням в них дорогих матеріалів.

У зв'язку з цим розроблена модель запобіжного пересувного кріплення гірничих виробок, в якій зникає необхідність використання складного обладнання та надається можливість пересування всього модуля в процесі проведення виробок, крім того це дозволяє використовувати дане тимчасове кріплення у виробках різного перерізу.

Разом з тим, забезпечується захист працюючих у вибої працівників від травмування відшарованими шматками гірської породи при веденні технологічних процесів.

Конструкція пересувного кріплення відзначається простотою виготовлення та не потребує значних економічних витрат за рахунок повторного використання відпрацьованих матеріалів - сталених кутків та конвеєрних стрічок.

Список літератури

1. Сборник трудов ДНТУ. Выпуск 72. 2004. – С. 47.
2. **Лысиков Б.А., Большинский М.И.** Разработка кафедры по созданию легкого и удобного крепеукладчика простого и надежного резерва повышения безопасности и производительности труда проходчиков. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Гірничо-геологічна". Вип. 72 / Ред.: Машков С.О.(голова) та ін. - Донецьк, ДонНТУ, 2004 – 198 с.
3. О направлении развития технологии сооружения горизонтальных и наклонных горных выработок в сложных горно-геологических условиях / **В.В. Гамаюнов, В.П. Друцко, В.Г. Гнездилов, Б.В. Алферов, Ю.С.Шаповал** // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2004. – Вип. 51. – С. 92-102.
4. Устойчивость и крепление горных выработок. Взаимодействие крепи и пород в сложных условиях / Л., изд. ЛПИ, 1984. – 111 с.
5. **М.Н. Гелескул.** Справочник по креплению капитальных и подгото-вительных горных выработок./ **Гелескул М.Н., Каретников В.Н.** – М.: Недра, 1982. – 473 с.
6. Буровзрывные работы, проведение и крепление горных выработок/ **С.П. Ананьев, Е.В. Китайский, И.Д. Насонов, В.Е. Нейенбург.** –М.: ГОСГОРТЕХИЗДАТ, 1961. – С. 97.
7. Основы горного дела: Учебник для вузов. — 2-е изд., стер./ **П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов** [и др.] - М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2006. — С. 78-79.
8. Проведение и крепление горных выработок/ **В.В. Орлов, А.М. Янчур, Н.С. Бабичев, А.М.** [и др.] – М.: Недра, 1965. – 496 с.
9. **Тарасов Л.Я.** Проведение и крепление горных выработок./ Л.Я. Тарасов. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1957. – 516 с.
10. **Гиленко В.А., Федотов В.Н., Цветков В.К.** Способы и средства возведения временной крепи в подземных горизонтальных выработках. – М., 1989. – 28 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,
О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, М.О. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ДЕФОРМАТИВНОСТІ СКЛАДЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОХИЛИМИ ТРІЩИНАМИ

Бетон та залізобетон отримав широкого розповсюдження, як будівельний матеріал, на теренах України. Серед залізобетонних конструкцій найбільшого поширення отримали складені залізобетонні конструкції. До складених відносять більшість збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, які поєднують в собі окремі позитивні якості як збірного, так і монолітного залізобетону, завдяки чому є дуже рентабельними і зручними для будівництва. Все більш широке застосування збірно-монолітних і складених конструкцій пов'язано з реконструкцією і відновленням будівель та споруд, в процесі яких часто виникає необхідність підсилення несучих залізобетонних елементів. Залізобетонні конструкції і конструкції, які підсилюються при реконструкції будівель і споруд характеризуються загальним опором комбінованого перерізу з різних бетонів, з інтегральними властивостями за міцністю і деформативністю. Аналіз конструктивних особливостей і структури перерізів багатошарових і складених залізобетонних елементів показує, що в місцях з'єднань двох матеріалів відбувається різка зміна характеристик і фізико-механічних властивостей матеріалів. Зважаючи на це методи розрахунку, які традиційно базуються на гіпотезі спільності деформацій старого і нового матеріалів, вимагають аналізу, уточнення і відповідного корегування. Було узагальнено частину існуючих, на теперішній час, результатів експериментальних досліджень та методик розрахунку прогинів складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами. Наведено основні положення методики розрахунку деформативності залізобетонних складених конструкцій за умови наявності похилих тріщин з врахуванням умовних зосереджених зсувів в швах між бетонами та порушення суцільності бетону. Для визначення дійсного напружено-деформованого стану залізобетонних складених конструкцій, що працюють з тріщинами, виникає необхідність у розгляді та аналізі всієї картини тріщиноутворення в процесі навантаження. Виконано порівняння розглядуваної методики розрахунку з нормативною методикою на підставі їх співставлення з експериментальними даними. Результати порівняльного аналізу переміщень для дослідних конструкцій показують істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і експериментальних значень в зоні утворення й розвитку похилих тріщин.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Бетон та залізобетон отримав широкого розповсюдження, як будівельний матеріал, на теренах України. Серед залізобетонних конструкцій найбільшого поширення отримали складені залізобетонні конструкції. До складених відносять більшість збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, які поєднують в собі окремі позитивні якості як збірного, так і монолітного залізобетону, завдяки чому є дуже рентабельними і зручними для будівництва. Елементи таких конструкцій попередньо виготовляються на заводі, а потім монтуються з окремих збірних елементів, утворюючи основу майбутньої споруди, після чого бетонуються, перетворюючись при цьому в єдину конструктивну систему. До складених залізобетонних конструкцій відносять конструкції плит перекриттів, конструкції стінових панелей, конструкції каркасів будівель, підсилені нарощуванням, багатошарові огорожуючі, конструкції покриттів виробничих будівель.

Все більш широке застосування збірно-монолітних і складених конструкцій пов'язано з реконструкцією і відновленням будівель та споруд, в процесі яких часто виникає необхідність підсилення несучих залізобетонних елементів. Розвитку методів розрахунку і проектування підсилення залізобетонних конструкцій присвячено значну кількість наукових праць [1-5].

Залізобетонні конструкції і конструкції, які підсилюються при реконструкції будівель і споруд характеризуються загальним опором комбінованого перерізу з різних бетонів, з інтегральними властивостями за міцністю і деформативністю. Це багато в чому визначає ключові параметри розрахунку і проектування конструкцій даного класу, оскільки призводить до перерозподілу внутрішніх зусиль в їх перерізах.

Аналіз конструктивних особливостей і структури перерізів багатошарових і складених залізобетонних елементів показує, що в місцях з'єднань двох матеріалів відбувається різка зміна характеристик і фізико-механічних властивостей матеріалів. Зважаючи на це методи розрахунку, які традиційно базуються на гіпотезі спільності деформацій старого і нового матеріалів [5-7], вимагають аналізу, уточнення і відповідного коригування.

Теоретичні та експериментальні дослідження, присвячені вирішенню такого завдання, на сьогоднішній день проведені в незначній кількості, що ж стосується питань вивчення жорсткості складених залізобетонних конструкцій в зоні похилих тріщин, то вони є, практично, не вивченими.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження напружено-деформованого стану велося, умовно, за двома напрямками.

До першого напрямку належать роботи [2,7], в яких об'єктом дослідів були балки і плити складеного перерізу з монолітним абсолютно жорстким швом контакту між елементами. Ці експериментальні дослідження дали змогу встановити стійкі залежності для деформацій волокон на різних рівнях за висотою стиснутої зони і показали, що ці волокна деформуються практично за лінійним законом.

Експериментальні дослідження другого напрямку [3,8-10] стали виконуватися в останні два десятиліття. Вони присвячені виявленню різних особливостей напруженого й деформованого стану складених залізобетонних конструкцій з податливими швами контакту між елементами.

Спільною роботою двох або декількох бетонів з різними характеристиками міцності і деформативними властивостями визначається ряд досить специфічних завдань проектування конструкцій такого класу. До таких завдань відносяться: забезпечення міцності контакту двох бетонів; врахування відмінностей в деформаціях від повзучості й усадки збірної й монолітного бетонів, а також їх фізико-механічних характеристик; врахування впливу попереднього навантаження і режимів навантаження збірної частини на тріщиностійкість і деформативність всієї конструкції; врахування перерозподілу зусиль між збірною і монолітною частинами перерізу конструкції, між бетонами і арматурою.

Вирішенню цих завдань присвячено досить значну кількість досліджень. Так в роботах [7,11] розглянуто питання міцності контакту між збірним і монолітним бетонами. У роботі [7] розглянуті питання міцності за нормальними і похилими перерізами збірно-монолітних конструкцій, а також питання їх тріщиностійкості. Вивченню впливу тривалих процесів на напружено-деформований стан збірно-монолітних конструкцій присвячені роботи [7,12].

На новій теоретико-методологічній основі в останні роки [1,13,14] проведені дослідження з розробки та вдосконалення деформаційних розрахункових моделей залізобетонних конструкцій, головним інструментом яких стали діаграми станів бетону й арматури на всіх стадіях деформування, включаючи руйнування.

Відомо, що в теорії залізобетону досить широке коло завдань вирішується використанням лінійного закону розподілу деформацій за висотою розрахункового перерізу. У той же час, як помічено в роботах [15 та ін.], такий підхід не охоплює розрахунків, пов'язаних з похилими тріщинами, зчепленням бетону з арматурою, де можна не розглядати елемент в цілому.

Проведений аналіз методів оцінки силового опору залізобетонних елементів по похилих перерізах показує, що ці методи побудовані на емпіричній або напівемпіричній основі і не повністю враховують багато важливих чинників, які визначають характер деформування і руйнування таких конструкцій.

Постановка завдання. Подальше вдосконалення методів розрахунку жорсткості складених залізобетонних конструкцій з тріщинами на основі розвитку фізичних моделей їх опору з урахуванням умовних зосереджених зсувів в шві між бетонами, несумісності деформацій бетону і арматури та ефекту порушення суцільності бетону є актуальним і має важливе теоретичне і практичне значення. З огляду на останнє, було узагальнено частину існуючих [16-21], на теперішній час, результатів експериментальних досліджень та методик розрахунку прогинів складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами.

Викладення матеріалу та результати. Для визначення дійсного напружено-деформованого стану залізобетонних складених конструкцій, що працюють з тріщинами, виникає необхідність у розгляді та аналізі всієї картини тріщиноутворення в процесі навантаження.

При цьому важливо отримати не тільки різні рівні тріщиноутворення нормальних тріщин, а й мати повну картину розвитку похилих тріщин.

Дослідні дані свідчать про те, що при наявності одночасно нормальних і похилих тріщин зростання кутових деформацій в результаті їх розвитку пропорційне зростанню кривизни [21].

Успішне дослідження напружено-деформованого стану в зонах з тріщинами і аналіз їх впливу на жорсткість залізобетонних конструкцій потребує чіткої класифікації та детального аналізу схем утворення і розвитку тріщин.

Ряд дослідників, в роботах [18, 22], розрізняють наступні три види похилих тріщин при побудові розрахункової моделі деформування залізобетонних складених конструкцій:

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають поздовжню і поперечну арматуру, прилеглі своєю вершиною до зосередженої сили та, які утворюються на ділянках, де $Q \geq Q_{\text{крс}}$ і $M > M_{\text{крс}}$;

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають тільки поперечну арматуру та, які утворюються на ділянках, де $Q > Q_{\text{крс}}$ і $M < M_{\text{крс}}$;

похилі до поздовжньої осі елемента тріщини, що перетинають тільки поперечну арматуру, не прилягають своєю вершиною до зосередженої сили (можуть виходити в будь-яку точку верхньої межі залізобетонної стержневої конструкції), та утворюються на ділянках, де $Q > Q_{\text{крс}}$ і $M < M_{\text{крс}}$.

Аналіз наявних дослідних даних [18] для приопорних тріщин і тріщин, прилеглих до зосередженого навантаження, дозволяє виділити два віяла тріщин: віяло похилих тріщин, прилеглих до зосередженого навантаження і віяло можливих похилих тріщин, прилеглих до опори.

Завдяки такому розподілу тріщин, заснованому на оцінці дійсного напруженого стану бетону та арматури на ділянках спільної дії згинального моменту і поперечної сили, став можливим подальший розвиток розрахункової моделі деформування складених залізобетонних конструкцій, при наявності в них похилих тріщин [21,23,24].

Побудова загальної розрахункової схеми і методики розрахунку прогинів залізобетонних складених конструкцій, при наявності в них похилих тріщин, базується на таких основних передумовах [18, 21, 24]:

для розрахунку використовується п'ятиблокова розрахункова схема, що включає два віяла можливих похилих тріщин трьох типів;

для середніх деформацій бетону і арматури в межах кожного зі складених стержнів вважається справедливою гіпотеза плоских перерізів;

напруження в бетоні і арматурі визначаються з використанням білінійних діаграм σ - ϵ ;

параметр жорсткості контакту шва ξ_m визначається з експерименту на зсув призм з різних бетонів, в тому числі, призм з арматурними стержнями;

в якості критерію утворення тріщин прийнята умова досягнення розтягнутими волокнами бетону, вздовж осі поперечної або поздовжньої арматури, граничних деформацій;

рівнів тріщиноутворення може бути декілька;

ширина розкриття тріщин визначається як накопичення зосереджених відносних взаємних зміщень бетону та арматури на ділянках, прилеглих з обох сторін до тріщини;

зв'язок між напруженнями зчеплення τ і відносними умовними зосередженими взаємними зміщеннями бетону і поперечної (поздовжньої) арматури $\epsilon_b(x)$ приймається лінійним;

при оцінці деформацій розтягнутого бетону враховується додатковий деформаційний вплив в тріщині, пов'язаний з порушенням суцільності бетону;

для оцінки жорсткості залізобетонного складеного стержня використовуються поодинокі смужки, вирізані в околиці чотирьох-п'яти довільних поперечних перерізів в прольоті «зрізу».

Загальні рівняння визначення переміщень можна отримати розглянувши довільно навантажений залізобетонний стержень, розбивши його на n ділянок (рис. 1). Для i -ої ділянки з абсцисами граничних точок b_i та b_{i+1} рівняння кривизни можна записати у вигляді [18]

$$\chi(z) = \chi_i + \frac{\chi_{i+1} - \chi_i}{l_i} (z - b_i). \quad (1)$$

Наведене рівняння кривизни дозволяє отримати рівняння кутів повороту перерізів та зігнутої вісі балки в такому вигляді

$$\varphi_i = \varphi_i + \frac{l}{n} \left[\frac{M_1}{2B_1} + \frac{M_i}{2B_i} + \sum_{j=2}^{i-1} \frac{M_j}{2B_j} \right] + \Theta_i, \quad (2)$$

$$y_i = y_1 + \varphi_1 l \frac{i-1}{n} + \frac{l^2}{n^2} \left[\frac{(3i-4) \frac{M_1}{B_1} + \frac{M_1}{B_1}}{6} + \sum_{j=2}^{i-1} \frac{M_j}{B_j} (i-j) \right] + \delta_i \quad (3)$$

Параметри δ_i та Θ_i враховують зосереджені деформації зсуву і зосереджені кутові деформації в i -му перерізі $\delta_i = \sum_{i=1}^{n-m} a_{crc,i} \sin \alpha_i$; $\Theta_i = \sum_{i=1}^{n-m} \frac{a_{crc,i} \sin \alpha_i \cos \alpha_i}{C_i}$. (4)

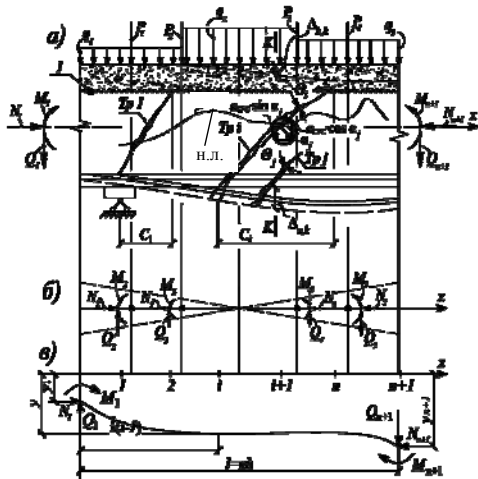


Рис. 1. Розрахункова схема залізобетонної складеної конструкції з похилими тріщинами: *a* - схема навантаження, утворення тріщин і прогинів; *b* - приведені внутрішні зусилля M, Q, N ; *в* - зігнута вісь стержня; l - контактний шов між бетоном конструкції та бетоном нарощування (монолітним бетоном)

Наведені рівняння (1-4) дозволяють, в загальному випадку, проводити оцінку жорсткості залізобетонних складених конструкцій як з похилими, так і з нормальними тріщинами. Повністю розрахунковий апарат представлено в роботах [18,21,23] і унаслідок його значного обсягу в даній статті не наводиться.

У розглянутій методиці запропоновано новий варіант теорії формування похилих тріщин і розрахункова схема арочних блоків для визначення жорсткості залізобетонних складених конструкцій при наявності в них

похилих тріщин. Схема дозволяє на єдиній методологічній основі об'єднати розрахункові схеми для похилих тріщин, які починаються з розтягнутої зони залізобетонного елемента і розвиваються до джерела навантаження і для похилих тріщин, які утворюються в околиці нейтральної осі залізобетонного елемента і розвиваються як в бік стиснутої, так і розтягнутої його зон.

Для співставлення відповідності розглядуваної методики розрахунку дійсній роботі і напружено-деформованому стану складених (підсилених) залізобетонних елементів була зібрана представницька статистична вибірка з 148 дослідів [16-24 та ін.]. Співставлення виконувалося відповідно до наведеної методики і за нормативною методикою. Результати розрахунків за означеними методиками наведено на рис. 2 і в табл. 1. Проведений аналіз показує гарне узгодження між теоретичними і експериментальними значеннями прогинів при використанні розглядуваної методики розрахунку.

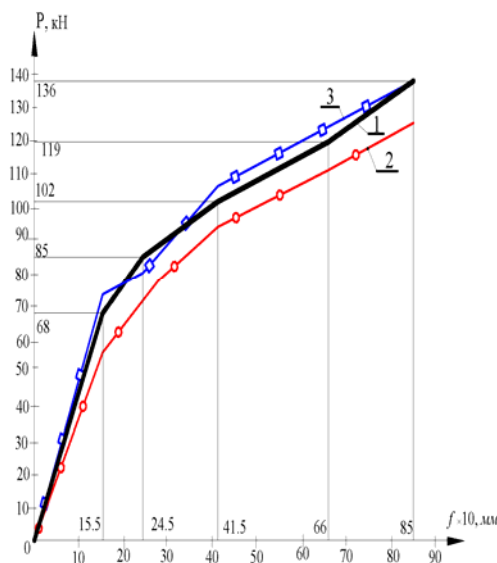


Рис. 2. Усереднені графіки прогинів зразків: 1- усереднені за експериментальними даними [16-21]; 2 – теоретичні за нормативною методикою; 3- теоретичні за методикою, що розглядається

З аналізу статистичних даних (табл. 1) можна зробити висновок, що запропонована розрахункова методика дає більш наближені до дослідних результати в оцінці переміщень залізобетонних конструкцій, про що свідчить коефіцієнт варіації $C_V=8,45\%$ і значення середнього \bar{X} , близького до одиниці [18].

Аналіз отриманих графіків (рис. 2) показує істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і дослідних прогинів в зоні утворення похилих тріщин [18,21].

Співставлення даних розрахункових методик

Методика чинних норм	Кількість дослідів	Результати статистичної обробки даних		
		\bar{X}	σ	C_V
Розрахункова методика	148	0,881	0,2594	29,44%
Експериментальна методика	148	1,0536	0,089	8,45%

Висновки та напрямок подальших досліджень. Результати порівняльного аналізу переміщень для дослідних конструкцій показують істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і експериментальних значень в зоні утворення і розвитку похилих тріщин. Так, якщо в середині дослідної конструкції вони розрізняються лише в межах 10 %, то в зоні розвитку похилих тріщин така різниця може досягати 35 % і більше. Розглядувана методика розрахунку деформативності залізобетонних складених конструкцій дозволяє істотно наблизити теоретичні значення до експериментальних, - в зоні утворення похилих тріщин відмінність складає лише 6-8% [18].

Отриманий результат підтверджує припущення про необхідність розраховувати конструкцію як по перерізу найбільш невідгданому з точки зору згинального моменту, так і по перерізу найбільш невідгданому з точки зору спільної дії згинального моменту і поперечної сили.

Список літератури

1. **Аванесов М. П.** Теория силового сопротивления железобетона / М. П. Аванесов, В. М. Бондаренко, В. И. Римшин. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1997. – 170 с.
2. **Мальганов А. И.** Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, В. С. Полищук. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1992. – 456 с.
3. **Санжаровский Р. С.** Усиления при реконструкции зданий и сооружений. Устройство и расчеты усиленный зданий при реконструкции / Р. С. Санжаровский, Д. О. Астафьев, В. М. Улицкий, Ф. Зибер. – СПб гос. архит. –строит. ун-т. – СПб., 1998. – 637 с.
4. **Tichy M.** A new method of calculation of deflection of reinforced concrete beams. Stavebnicky Czechoslovak Academy of Sciences, Prague, V. 18, 1/1970. – P. 39–43.
5. Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. Наземные конструкции и сооружения / Харьковский Промстройиниипроект, НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1992. – 191 с.
6. **Бондаренко С. В.** Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий / С. В. Бондаренко, Р. С. Санжаровский. – М. : Стройиздат, 1990. – 352 с.
7. **Гольшев А. Б.** Проектирование и изготовление сборно–монолитных конструкций / [А. Б. Гольшев, В. П. Полищук, Я. В. Сунгатулин и др.] ; под. ред. А. Б. Гольшева. – К.: Будівельник, 1982. – 152 с.
8. **Ritchie Philip A., Thomas David A., Lu Le-Wu, Connelly Guy M.** External reinforcement of concrete beams using fiber reinforced plastics // ACI Struct. J.- 1991. – V.88, N.4. – P. 490–500.
9. **Горностаев И. С.** Анализ и результаты экспериментальных и численных исследований деформативности железобетонных составных балок / И. С. Горностаев // Строительство и реконструкция. – Орел : ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – № 4(54). – С. 3–10.
10. **Yehia N.A.B.** Fracture mechanics approach for flexural strengthening of reinforced concrete beams / N.A.B. Yehia // Engineering Structures. – Volume 31. – Issue 2. – February 2009. – Pp. 404–416.
11. **Gluszynski E., Golczak R.** Wspolpraca dwoch betonow w Berkach zecpolonych.– Inzynieria i Budiwnnictwo, 1974. – N. 9. – P.409–414.
12. **Frey J.** Zur Berechnung von vorgespanten Beton–Verbundtragwerken im Gebrauchszustand. Beton–und Stahlbetonbau, 1980. – N.11. – P. 257–262.
13. **Залесов А. С.** Новые методы расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям на основе деформационной расчетной модели / А. С. Залесов, Е. А. Чистяков, И. Ю. Ларичева // Бетон и железобетон. – 1997. – № 5.– С. 31–34.
14. **Узун И. А.** Применение деформационной модели в расчетах ширины раскрытия трещин в обычных железобетонных элементах / И. А. Узун // Бетон и железобетон в Украине. – 2003. – №2(16). – С. 34–37.
15. **Карпенко Н. И.** Общие модели механики железобетона / Н. И. Карпенко. – М.: Стройиздат, 1996.– 416 с.
16. **Залесов А. С.** Новые методы расчета железобетонных элементов по нормальным сечениям на основе деформационной расчетной модели / А. С. Залесов, Е. А. Чистяков, И. Ю. Ларичева // Бетон и железобетон. – 1997. – № 5. – С. 31–34.
17. **Залесов А. С.** Расчет трещиностойкости железобетонных конструкций по новым нормативным документам / А. С. Залесов, Т. А. Мухамедиев, Е. А. Чистяков // Бетон и железобетон. – 2002. – №5. – С. 15–18.
18. **Горностаев И. С.** Расчетная модель деформирования железобетонных составных конструкций при наличии наклонных трещин: автореф. дисс... канд. техн. наук: 05.23.01/Горностаев Иван Сергеевич.– Курск: ЮЗГУ, 2015. – 23 с.

19. Колчунов В. И. Разработка двухконсольного элемента механики разрушения для расчета ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций / В.И. Колчунов, И. А. Яковенко // Вестник гражданских инженеров. – Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 2009. – №4(21). – С. 160–163.
20. Boni L. Post-buckling behaviour of flat stiffened composite panels: Experiments vs. analysis / L. Boni, D. Fanteria, A. Lanciotti // Composite Structures. – Vol. 94. – Issue 12. – December 2012. – P. 3421 – 3433.
21. Горностаев И. С. Анализ и результаты экспериментальных и численных исследований деформативности железобетонных составных балок / И. С. Горностаев // Строительство и реконструкция. – 2014. - №4. – С. 3-10.
22. Голышев А. Б. Соппротивление железобетона / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов. – К.: Основа, 2009. – 432 с.
23. Баширов Х. З. Напряженно-деформированное состояние железобетонных составных конструкций в зоне нормальных трещин / Х.З. Баширов, И.С. Горностаев, В.И. Колчунов, И.А. Яковенко // Строительство и реконструкция. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2013. – № 2(46). – С. 11–19.
24. Баширов Х. З. К расчету прогибов обычных и составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / Х.З. Баширов, И.А. Яковенко, И.С. Горностаев [и др.] // Железобетонные конструкции: исследования, проектирование, методика преподавания: межд. науч.-метод. конф., посвященной 100-летию со дня рождения В. Н. Байкова, 4–5 апреля 2012г. – М.: МГСУ, 2012. – С. 46–55.
- Рукопис подано до редакції 04.04.16

УДК 622.7.341.1

О.В. БУЛАХ, канд. техн. наук, доц., О.О. БУЛАХ, ст. викладач
Криворізький національний університет

ПОШУК РІШЕНЬ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБАГАЧЕННЯ ОКИСЛЕНИХ РУД КРИВБАСУ

Розглядається необхідність залучення у переробку окислених руд у зв'язку з їх великою розповсюдженістю. Це пов'язано з достатньо великим попитом на продукцію металургійних підприємств у всьому світі та зберігається тенденція збільшення виробництва залізорудних концентратів. Розглянуті існуючі методи збагачення окислених залістистих кварцитів, що використовуються на підприємствах України, США та Бразилії, а саме випалмагнітний, флотаційний та магнітний метод з високою інтенсивністю магнітного поля. В теперішній час випалмагнітний метод збагачення окислених залістистих кварцитів не знайшов широкого розповсюдження через високу вартість енергоресурсів. Тому основними методами збагачення залишаються флотація та високоградієнтна магнітна сепарація. При збагаченні окислених залістистих кварцитів в процесі рудопідготовки утворюється велика кількість шламів, які в свою чергу негативно впливають на наступні процеси магнітного збагачення та супроводжується частковою втратою рудних мінералів у відходах виробництва. Показано один з напрямків підвищення ефективності збагачення окислених руд який базується на виділенні шламової частини подрібненої руди у відвал і дозбагаченні знешламленого продукту за рахунок застосування магнітних сепараторів з сильним магнітним полем. Наведено дослідження з магнітного збагачення окислених залістистих кварцитів Кривбасу із попереднім знешламленням подрібненого матеріалу у гідроциклонах із кутом конусності 5 градусів, що дасть змогу отримувати конкурентоспроможний концентрат. Знешламлення подрібненої руди перед збагаченням значно підвищує якість магнітного продукту, та дозволяє зменшити втрати заліза загального в немагнітному продукті. Дана технологія дозволить отримати залізорудний концентрат з масовою часткою заліза 65,1%.

Ключові слова: окислені залістисті кварцити, технологія збагачення, шламоутворення, процес знешламлення, гідроциклон, концентрат.

Проблема та її зв'язок з науковим та практичним завданням. У зв'язку достатньо великим попитом на продукцію металургійних підприємств у всьому світі зберігається тенденція збільшення виробництва залізорудних концентратів. Але наряду зі зростанням виробництва концентрату зростають вимоги до його якості. Тому на більшості гірничо-збагачувальних підприємств саме підвищення якості концентрату є першочерговим завданням для укріплення своїх позицій на ринку залізорудної сировини. Для досягнення цього розробляються нові технології, вдосконалюються схеми збагачення, використовується нове сучасне обладнання. В більшості випадків на всі ці заходи належать до переробки магнетитових руд як основної сировини для виробництва концентрату на більшості гірничо-збагачувальних комбінатів країн СНД.

Але необхідно пам'ятати про величезні запаси окислених залістистих кварцитів, які видобувались та видобуваються одночасно з магнетитовими кварцитами та складаються у відвали в зв'язку з необхідністю розробки особливої технології їх збагачення. Це пояснюється, передусім, значним шламоутворенням при їх рудопідготовці.

У наш час саме збагаченню окислених руд приділяється значна увага для підтримання, а в деяких випадках і збільшення потужностей гірничо-збагачувальних комбінатів. Існуючі техно-

логії не дозволяють отримувати концентрати, що відповідатимуть сучасним вимогам до їх якості.

Аналіз досліджень і публікацій. За досить тривалий період досліджень окислених залізистих кварцитів у лабораторних, напівпромислових та промислових умовах випробувані випалмагнітний, магнітний (з високим градієнтом магнітного поля) та флотаційний методи збагачення [1].

У зарубіжній практиці підготовка при збагаченні бідних окислених та змішаних залізних руд (тонко-, середньо- і крупнозернистих), а також багатих «землистих» руд застосовують в більшості самоподрібнення (сухе й мокре), за умови, що млини працюють в замкненому циклі з вібраційними грохотами. У результаті збагачення вихідних бідних окислених та змішаних руд отримують гематитові концентрати із масовою часткою заліза 65-66 % та 5-6 % кремнезему. Здебільшого досягається достатньо велике вилучення заліза в концентрат (76-85 %) [2].

У теперішній час окислені залізисті кварцити збагачують за різними технологіями на великих підприємствах США та Бразилії. Наприклад, на фабриці Кауе (Бразилія) при використанні 28 роторних поліградієнтних електромагнітних сепараторів ДР-317 отримують концентрат з масовою часткою заліза 67 %, промпродукт - 52-54 % та хвости - 8-10 % заліза. А на фабриці Тілден (США) при збагаченні окислених таконітів окрім поліградієнтної магнітної сепарації пропонувалось використання флотації та випалмагнітного методу [3].

В Криворізькому басейні 12 % від загальних запасів руд складають саме окислені залізисті кварцити, а їх попутний видобуток досягає 15-30 % від обсягу видобутку сирової руди. Станом на початок 2013 р. розвідані запаси магнетитових кварцитів п'ятох гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу склали близько 5 млрд т, запаси багатих залізних руд семи працюючих шахт басейну - близько 1 млрд т, а прогнозні ресурси окислених кварцитів до глибини 1 км в межах гірничих відводів діючих гірничодобувних підприємств оцінюються в 50 млрд т [3].

У 80-х роках минулого століття планувалось будівництво Криворізького комбінату окислених руд який був спрямований на переробку окислених залізистих кварцитів Скелеватського та Валявкінського родовищ з використанням передових сучасних, на той час, технологій та планувався, як один з провідних постачальників залізородного концентрату на внутрішній ринок України та на експорт. Проектом було передбачено отримання концентрату з вмістом заліза 61%, але пізніше він був переглянутий на вміст заліза у концентраті до 62 % за рахунок зменшення зазору пластин матриці сепаратору. Але з причини фінансової недостатності будівництво Криворізького гірничо-збагачувального комбінату окислених руд було призупинене. Планувалося, що КГЗКОР буде працювати з продуктивністю 30,0 млн т/рік. В якості головного технологічного обладнання, передбаченого для збагачення окислених залізистих кварцитів Кривбасу був прийнятий сепаратор 6ЭРМ 35/315.

Промислова перевірка сепаратора була проведена на ЦГЗК, де декілька років був введений в експлуатацію даний сепаратор [4]. За результатами випробувань вилучення гематиту в концентрат складає в межах 75 %, а гідроксидів заліза - 44 %, ефективність збагачення класу -0,01 мм на сепараторі 6ЭРМ 35/315 не перевищує 5 % [5].

І сьогодні напрямком збагачення окислених залізистих кварцитів Кривбасу є досить перспективним у зв'язку з досить великою їх розповсюдженістю. Підвищення якості залізородного концентрату при переробці окислених залізистих кварцитів Кривбасу сприятиме інтенсифікації доменного виробництва. Але, як зазначалось вище, при збагаченні окислених залізистих кварцитів в процесі рудопідготовки утворюється велика кількість шламів, які в свою чергу негативно впливають на наступні процеси магнітного збагачення та супроводжується частковою втратою рудних мінералів у відходах виробництва. Пояснюється це наявністю в рудах гідроксидів заліза, які схильні до переподрібнення. Тому головним завданням при розробці нової або вдосконаленні існуючої технології є саме виведення з процесу перед магнітним збагаченням більшої кількості шламів.

Одним з напрямків підвищення якості концентрату, отриманого з окислених залізистих кварцитів та поліпшення їх технологічних властивостей для подальшого переділу є виділення шламової частини подрібненої руди у відвал і дозбагачення знешламленого продукту за рахунок застосування магнітних сепараторів з сильним магнітним полем. Збільшення масової частки заліза в концентраті сприяє зменшенню його питомої поверхні, підвищенню швидкості фільтрування і газопроникненості при огрудкуванні.

Постановка завдання. На основі вище викладеного, були проведені дослідження з магнітного збагачення окислених залізистих кварцитів Кривбасу із попереднім знешламленням подрібненого матеріалу у гідроциклонах з кутом конусності 5 градусів, що дасть змогу отримувати конкурентоспроможний концентрат. Знешламлення подрібненої руди перед збагаченням значно підвищує якість магнітного продукту, при цьому знижуються втрати заліза загального в немагнітному продукті.

Викладення матеріалу і результати. Враховуючи особливості фізичних властивостей окислених залізистих кварцитів та їх мінеральний склад, а також зміна його по класах крупності в процесі подрібнення було запропоновано варіант видалення шламів перед збагачувальним переділом. Один із способів здійснення даного варіанту при напівпромислових випробуваннях передбачає дешламацію, що здійснюється за допомогою гідроциклонів і дешламаторів.

Були проведені порівняльні випробування магнітного збагачення окислених залізистих кварцитів злива класифікатора, пісків гідроциклона і пісків дешламатора (табл. 1).

Таблиця 1

Результати порівняльних випробувань магнітного збагачення окислених залізистих кварцитів злива класифікатора, пісків гідроциклона і пісків дешламатора (1 стадії збагачення)

Класи крупності, мм	Вихідна руда, %			Технологічні показники, %					
	вихід	масова доля Fe	вилучення	магнітний продукт			хвости		
				вихід	масова доля Fe	вилучення	вихід	масова доля Fe	вилучення
Злив класифікатора									
+0,074	30,2	35,9	30,9	21,7	46,2	28,6	8,5	9,5	2,3
-0,074+0,044	15,0	42,6	18,2	9,4	58,9	15,8	5,6	15,0	2,4
-0,044+0,020	29,0	35,2	29,1	13,4	54,6	20,8	15,6	18,7	8,3
-0,020+0,010	14,8	24,0	10,1	3,8	50,8	5,5	11,0	14,7	4,6
-0,010	11,0	37,2	11,7	7,3	46,2	9,6	3,7	19,9	2,1
Всього	100	35,1	100	55,6	50,7	80,3	44,4	15,6	19,7
Піски гідроциклона									
+0,010	95,0	35,3	94,8	47,3	59,1	79,0	47,7	11,7	15,8
-0,010	5,0	36,9	5,2	3,0	52,3	4,4	2,0	13,5	0,8
Всього	100	35,4	100	50,3	58,7	83,4	49,7	11,8	16,6
Піски дешламатора									
+0,010	77,7	32,2	75,0	33,7	52,3	52,8	44,0	16,9	22,2
-0,010	22,3	37,4	25,0	13,9	48,6	20,2	8,4	18,9	4,8
Всього	100	33,4	100	47,6	51,2	73,2	52,4	17,2	27,0
Знешламлений пісок									
+0,010	92,4	35,0	92,1	46,9	57,4	76,7	45,5	11,9	15,4
-0,010	7,6	36,3	7,9	4,6	49,6	6,5	3,0	16,4	1,4
Всього	100	35,1	100	51,5	56,7	83,2	48,5	12,2	16,8

Піски дешламатора по збагачуваності дещо краще незнешламленої руди, але гірше пісків гідроциклона. Застосування схеми знешламлення зливу класифікатора першої стадії подрібнення в дешламаторах економічно не доцільне через низьке питоме навантаження на знешламлюючий апарат (0,012-0,022 т/м·год).

З цією метою були проведені дослідження по розробці більш ефективної і економічної схеми знешламлюючих пристроїв.

На підставі раніше проведених досліджень конструкцій гідроциклонів відомо, що при зменшенні кута конусності гідроциклонів гідравлічний опір знижується. Внаслідок цього збільшується об'ємна продуктивність при одному і тому ж тиску на вході.

Незважаючи на те, що тангенціальна швидкість у гідроциклонах з малим кутом конусності менше, ніж з великим, за інших рівних умов час перебування зерен у внутрішньому потоці більше.

У результаті крупність зливу із зменшенням кута конусності гідроциклонів зменшується, ніж при великих кутах конусності. Тому, для скидання шламів за допомогою гідроциклонів проведені випробування на гідроциклонних установках з кутами конусності 5, 20 і 90°. Випробування проводилися на гідроциклоні, діаметром циліндричної частини 40 мм. Тиск на вході пульпи в гідроциклон становить 1,5 кг/см еквівалентний діаметр живильного патрубка 8 мм, діаметр піскової насадки 3,5 мм, діаметр зливного патрубка 10 мм [6].

Як показали експериментальні дослідження, застосування гідроциклонів з кутом конусності 5° забезпечує ефективне відділення шламів (табл. 2).

Таблиця 2

Показники гідравлічної дешламації окисленої залізної руди в гідроциклонах з різними кутами конусності

Кут конусності, градус°	Продукти класифікації	Продуктивність, т/год	Вихід твердого, %	Масова доля класу -0,01 мм, %
5	Злив	0,64	7,9	88,6
	Піски	0,16	92,1	4,3
	Вихідний	0,8	100	11,0
20	Злив	0,6	11,5	66,4
	Піски	0,08	89,5	3,8
	Вихідний	0,68	100	11,0
90	Злив	0,48	17,8	39,2
	Піски	0,03	82,2	4,9
	Вихідний	0,51	100	11,0

Дана технологічна схема дозволяє отримання залізородного концентрату з масовою часткою заліза 65,1 % і вилученням 71,6 %. [6]

Висновки та напрямок подальших досліджень. Рекомендована схема дозволить вирішити питання продажу залізородного концентрату і обкотишів на внутрішньому та зовнішньому ринках. За результатами напівпромислових випробувань дешламації зливу класифікатора і подальшим збагаченням магнітною сепарацією в сильному полі.

Виділення шламів перед електромагнітною сепарацією забезпечить стабільне отримання по співвідношенню твердого: рідкого живлення електромагнітного сепаратора.

За результатами випробування збагачення окислених залістистих кварцитів Кривбасу рекомендована технологічна схема магнітної сепарації з попереднім знешламленням в гідроциклонах із кутом конусності 5 градусів (рис. 1). отриманий концентрат з масовою часткою заліза 65,1 %.

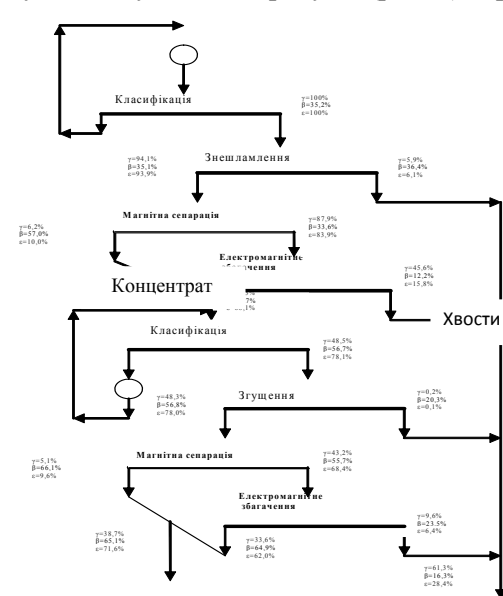


Рис. 1. Рекомендована схема переробки окислених залістистих кварцитів Кривбасу

В якості апарату для знешламлення рекомендовано гідроциклон з кутом конусності 5 градусів при відповідному співвідношенні розвантажувальних насадок.

Операцію знешламлення можливо проводити перед магнітною сепарацією в слабкому полі, (за даними напівпромислових випробувань), але і перед електромагнітною сепарацією.

Список літератури

1. Ревнивцев В.И., Комлев А.М., Урванцев А.И., Рублев С.Н. К проблеме разработки рациональной технологии обогащения окисленных железистых кварцитов / В.И. Ревнивцев, А.М. Комлев, А.И. Урванцев, С.Н. Рублев // Обогащение руд. № 6. – 1984. – С. 13-15.
2. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд / М.: Недра, 1977. – 274 с.
3. Олейник Т.А. Современные тенденции развития технологий обогащения гематитовых руд в Украине / Т.А. Олейник // Збагачення корисних копалин. Науково – технічний збірник №56(97). – Дніпропетровськ: НГУ. – 2014. – С. 18–27.

4. Кармазин В.И., Мостепан Л.Ф., Левченко К.А. О повышении эффективности высокоградиентного обогащения илистых фракций окисленных железистых кварцитов ЦГОКа при использовании сетчатой матрицы с вертикальным намагничиванием // Современное состояние и перспективы развития техники и технологии магнитного обогащения руд и материалов – Кривой Рог, 1994. – С. 29-30.

5. Гвоздик В.С. Экспериментальное наблюдение при механическом воздействии на гематит и кварц / В.С. Гвоздик // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ, 2002. – С. 86-89.

6. Разработка рациональной технологии переработки окисленных железистых кварцитов с целью повышения экономичности обогатительного передела: отчет о научно-исследовательской работе / [Н.К. Кравцов, В.Н. Тарасенко, О.А. Булах и др.]. – Кривой Рог: КТУ, 2001. – 67 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.16

УДК 378.14: 004.087

І.О. ДОЦЕНКО, ст. викладач, Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ - МЕТОДОЛОГІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВІТНІХ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

Нові інформаційні технології відкривають доступ до безмежного обсягу інформації, дають змогу активізувати інтелектуальні та пізнавальні можливості студентів. Традиційні методи підготовки фахівців відходять у минуле. Нині на перше місце виступає особистісно-орієнтований підхід до навчання кожного студента. Завдання сьогодення - впровадження найсучасніших інформаційно-освітніх технологій у практику вищої освіти. Метою таких технологій є надання викладачам можливостей викладання більшого обсягу навчального матеріалу на занятті, забезпечення доступу викладачам і студентам до зовнішніх інформаційних ресурсів, проведення регулярного експрес-контролю знань студентів, збереження часу на створення методичного забезпечення з навчальних дисциплін.

Комп'ютерна (інформаційна) технологія навчання (КТН) спрямована на досягнення цілей інформатизації навчання на основі застосування комплексу функціонально залежних педагогічних, інформаційних, методологічних, психофізіологічних і ергономічних засобів і методик, створених і організованих на базі технічного й програмного забезпечення ЕОМ. Інформатизація навчального процесу значною мірою сприяє розв'язанню проблем його гуманізації, оскільки з'являються можливості значної інтенсифікації спілкування, врахування індивідуальних нахилів і здібностей, розкриття творчого потенціалу викладачів і студентів, диференціації навчання відповідно до особливостей студентів; звільнення викладача і студента від необхідності виконання рутинних, технічних операцій, надання їм широких можливостей для розв'язання пізнавальних, творчих проблем.

Науково обгрунтоване впровадження у вищу освіту інформаційних та телекомунікаційних технологій є необхідною умовою, щодо прискорення переходу України до інформаційного суспільства, зайняття нею гідного місця у світовому освітньому просторі.

Ключові слова: інформатизація, інформаційно-комунікаційні технології, програмне забезпечення, аудіовізуальні технології, методи і засоби навчання.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Інформатизація освіти в Україні є одним із пріоритетних напрямів реформування. У широкому розумінні – це комплекс соціально-педагогічних перетворень, пов'язаних з насиченням освітніх систем інформаційною продукцією, засобами й технологією, у вузькому - впровадження в заклади системи освіти інформаційних засобів, що ґрунтуються на мікропроцесорній техніці, а також інформаційної продукції і педагогічних технологій, які базуються на цих засобах.

Однією із найістотніших складових інформатизації вищих навчальних закладів є інформатизація навчального процесу, а саме: створення, впровадження та розвиток комп'ютерно-орієнтованого освітнього середовища на основі інформаційних систем, мереж, ресурсів і технологій. Головною її метою є підготовка фахівця до повноцінного життя і діяльності в умовах інформаційного суспільства, комплексна перебудова навчального процесу, підвищення його якості та ефективності.

Інформатизація освіти є не тільки наслідком, а й стимулом розвитку новітніх інформаційних технологій, сприяє швидкому розвитку суспільства в цілому. Вона має стати невід'ємною складовою частиною підготовки фахівців вищої кваліфікації у будь-якій галузі знань.

Інформатизація вищої школи передбачає:

оперативне оновлення навчальної інформації у зв'язку з розвитком науки, техніки, культури;

отримання оперативної інформації про індивідуальні особливості кожного студента, що уможливує диференційований підхід до організації їх навчання і виховання;

освоєння адекватних науковому змісту навчання й індивідуальних особливостей студентів способів донесення навчальної інформації;

отримання інформації про результативність педагогічного процесу, що дасть змогу оперативно вносити в нього необхідні корективи.

Нові інформаційні технології відкривають доступ до безмежного обсягу інформації, дають змогу активізувати інтелектуальні та пізнавальні можливості студентів. Традиційні методи підготовки спеціалістів відходять у минуле. Метою таких технологій є надання викладачам можливостей викладання більшого обсягу навчального матеріалу на занятті, забезпечення доступу викладачам і студентам до зовнішніх інформаційних ресурсів, проведення регулярного експрес-контролю знань студентів, збереження часу на створення методичного забезпечення з навчальних дисциплін.

Розширення сфери застосування електронно-обчислювальних машин ЕОМ та їх периферійного обладнання зумовило появу поняття «нова інформаційна технологія» (НІТ), яке є синонімом поняття «комп'ютерна технологія» (КТ). НІТ передбачає використання усього різноманіття сучасних пристроїв оброблення інформації, в т.ч. ЕОМ, їх периферійного обладнання (відеоматеріали, принтери, пристрої для оброблення даних з графічної і звукової форми).

Для інформаційного забезпечення педагогічного процесу кожен викладач і студент повинні мати доступ до практично необмеженого обсягу інформації і її аналітичного оброблення, можливості для безпосереднього включення в інформаційну культуру суспільства.

Комп'ютерна (інформаційна) технологія навчання (КТН) спрямована на досягнення цілей інформатизації навчання на основі застосування комплексу функціонально залежних педагогічних, інформаційних, методологічних, психофізіологічних і ергономічних засобів і методик, створених і організованих на базі технічного й програмного забезпечення ЕОМ.

Спеціалісти виокремлюють кілька основних напрямів використання ЕОМ у педагогічному процесі:

для наочного представлення і демонстрації основних понять і об'єктів навчальної дисципліни, основних закономірностей, зв'язку теоретичних положень із практикою тощо;

для моделювання і наочного представлення фізичних процесів, що відбуваються у досліджуваних технічних пристроях, функціонування досліджуваних зразків;

для автоматизованого навчання;

для автоматизації проектування;

для розв'язання розрахункових задач, оброблення результатів вимірів експериментальних досліджень;

для контролю підготовленості студентів.

ЕОМ повинні розглядатися в навчальному процесі як об'єкти вивчення і практичного використання.

Аналіз досліджень і публікацій. Серед важливих компонентів комп'ютеризації навчання є розроблення програмного забезпечення. Програми, які використовують у вищих навчальних закладах, поділяють на:

навчальні (скеровують навчання з огляду на наявні знання та індивідуальні здібності студентів, а також сприяють засвоєнню нової інформації);

діагностичні (тестові) (призначені для діагностування, перевірки, оцінювання знань, умінь, здібностей);

тренувальні (розраховані на повторення закріплення пройденого навчального матеріалу);

бази даних (сховища інформації з різних галузей знань, у яких за допомогою запитів на пошук по різних областях знань знаходять необхідні відомості);

імітаційні (представляють певний аспект реальності за допомогою параметрів для вивчення його основних структурних чи функціональних характеристик);

моделюючі (відображають основні елементи і типи функцій, моделюють певну реальність);

програми типу «мікросвіт» (подібні до імітаційно-моделюючих, однак не відображають реальності, а створюють віртуальне навчальне середовище);

інструментальні програмні засоби (забезпечують виконання конкретних операцій, тобто оброблення тексту, складання таблиць, редагування графічної інформації).

КТН є інструментом, який дає змогу викладачу якісно змінити методи, а також організаційні форми своєї роботи і на цій основі розвивати індивідуальні здібності студентів, спонукати кожного гармонізувати притаманні йому особистісні якості; концентрувати основну увагу на формуванні пізнавальних здібностей, на ефективній навчальній діяльності; підтримувати і розвивати прагнення до самовдосконалення; посилювати міждисциплінарні зв'язки у навчанні, комплексність вивчення явищ дійсності, забезпечувати нерозривні взаємозв'язки між природознавством і технікою, гуманітарними науками і мистецтвом; здійснювати постійне динамічне оновлення навчального процесу, його форм і методів, постійну адаптацію до змінних зовнішніх умов і контингенту студентів тощо.

Постановка завдання. Впровадження в навчальний процес інформаційних технологій супроводжується збільшенням обсягів самостійної роботи студентів, що потребує постійної підтримки навчального процесу з боку викладачів. Важлива роль належить консультаціям, які ускладнюються з погляду дидактичних цілей: вони зберігаються як самостійні форми організації навчального процесу і водночас є елементами інших форм навчальної діяльності (лекції, практики, семінари, лабораторні практикуми).

З використанням інформаційних технологій можливості організації самостійної роботи студентів розширюються. Самостійна робота з дослідницькою і навчальною літературою на паперових носіях зберігається як важлива ланка самостійної роботи студентів загалом, але її основу тепер становить самостійна робота з навчальними програмами, системами тестування, інформаційними базами даних.

Ефективність використання засобів інформаційних технологій у навчальному процесі залежить від успішності розв'язання завдань методичного характеру, пов'язаних з інформаційним змістом і способом використання автоматизованих систем навчання. Тому автоматизовані системи навчання доцільно розглядати як програмно-методичні комплекси (сукупність програмно-технічних засобів і реалізованих з їхнім використанням методів (методик) навчання, призначених для розв'язання конкретних завдань навчального процесу).

Організація самостійної роботи з допомогою інформаційних технологій має низку переваг: забезпечує оптимальну для кожного конкретного студента послідовність, швидкість сприйняття матеріалу, можливість самостійної організації чергування вивчення теорії, розбору прикладів, методів розв'язання типових задач тощо;

- формує навички аналітичної і дослідницької діяльності;
- забезпечує можливість самоконтролю якості здобутих знань і навичок;
- заощаджує час студента, необхідний для вивчення курсу.

Крім того, за допомогою електронних видань, на основі спеціально розроблених комп'ютерних програм можуть бути реалізовані всі види контролю. Це знімає частину навантаження з викладача і підсилює ефективність і своєчасність контролю.

Викладення матеріалу та результати. Використання інформаційних технологій у навчальному процесі впливає на характер навчально-пізнавальної діяльності студентів, активізує самостійну роботу студентів з різними електронними засобами навчального призначення. Найефективнішим є застосування інформаційних технологій для відпрацювання навичок і умінь, необхідних для професійної підготовки. Воно також зумовлює скорочення обсягів і одночасне ускладнення діяльності викладача. Наприклад, для засвоєння теоретичного лекційного матеріалу використовуються не тільки аудиторні заняття, а й створена система педагогічної підтримки (консультування, здійснення поточного контролю, проведення комп'ютерного тестування, робота з навчально-методичними матеріалами). Ускладнюється структура і такі форми навчальної діяльності, як контроль, консультації і самостійна робота студентів.

Інформатизація навчального процесу значною мірою сприяє розв'язанню проблем його гуманізації, оскільки з'являються можливості значної інтенсифікації спілкування, врахування індивідуальних нахилів і здібностей, розкриття творчого потенціалу викладачів і студентів, диференціації навчання відповідно до особливостей студентів; звільнення викладача і студента від необхідності виконання рутинних, технічних операцій, надання їм широких можливостей для розв'язання пізнавальних, творчих проблем.

Використання НІТ дає змогу значно підвищити ефективність інформації за рахунок її своєчасності, корисності, доцільного дозування, доступності (зрозумілості), мінімізації шуму, оперативного взаємозв'язку джерела навчальної інформації та студента, адаптації темпу подання навчальної інформації до швидкості її засвоєння, врахування індивідуальних особливостей сту-

дентів, ефективного поєднання індивідуальної та колективної діяльності, методів і засобів навчання, організаційних форм навчального процесу, що значною мірою сприяє розв'язанню проблем його гуманізації.

Важливу роль відіграє НІТ у фундаменталізації знань, різносторонньому і ґрунтовному вивченні предметної галузі, формуванні знань, необхідних для обґрунтованого пояснення причинно-наслідкових зв'язків досліджуваних процесів і явищ, пізнанні законів реальної дійсності. Фундаментальні знання необхідні для прикладних досліджень, а потреби повсякденної виробничої практики викликають і стимулюють відповідну пізнавальну діяльність, спрямовану на розкриття законів фундаментального характеру, що є одним із аспектів гуманітаризації освіти.

Інтенсивне оновлення матеріально-технічної бази вищих навчальних закладів з урахуванням останніх досягнень науки і техніки дає змогу розвивати аудіовізуальну технологію навчання, яка передбачає використання різноманітних технічних засобів навчання (ТЗН), у т.ч. комп'ютерних і електронних засобів. Розрізняють рецептивне аудіовізуальне навчання, пов'язане зі сприйманням і засвоєнням студентами аудіовізуальної навчальної інформації, яка передається за допомогою ТЗН (наприклад, телевізійних систем), та інтерактивне, яке забезпечує взаємодію студента і навчаючої системи у формі діалогу людини і машини.

У використанні аудіовізуальних технологій у процесі навчання спостерігаються певні тенденції. Це, насамперед, розроблення і створення навчальних комплексів, які забезпечують приймання, оброблення, збереження і відтворення необхідної аудіовізуальної інформації. Так, у вищій школі створюють і впроваджують у практику навчання системи, які об'єднують можливості комп'ютера та відеотехніки і в комплексі задовольняють сучасні вимоги до навчального процесу у вищій школі. Поєднання відеомagneтoфона з комп'ютером дає змогу організувати навчальну діяльність студентів за типом «діалог – відео», що є відео програмою, в якій послідовність і вибір повідомлення визначається відповідною реакцією студента на запропонований йому навчальний матеріал.

При цьому можливе використання різноманітних варіантів організації навчального процесу: від лінійного відео, за якого відбувається послідовний показ відео матеріалів із заданою швидкістю, до певною мірою діалогового, яке дає змогу здійснити зворотний зв'язок за правильними і неправильними відповідями, залежно від відповіді того, хто навчається.

Друга тенденція полягає у широкому і різноманітному застосуванні в навчальній теле-, відео апаратурі елементів автоматичної, обчислювальної техніки, мікропроцесорних пристроїв, які приймають, записують і відтворюють навчальну аудіовізуальну інформацію.

Третьою тенденцією є створення компактних дисків, що зумовлено переходом від аналогових методів представлення і оброблення сигналів до цифрових. Так, застосування в навчанні оптичних компакт-дисків CD-ROM уможливило поєднання звукової, текстової інформації, різноманітного ілюстративного матеріалу, їх перетворення, організування роботи студентів в інтерактивному (діалоговому) режимі. Використання лазерного відео диска, порівняно з іншими аудіовізуальними технологіями навчання, значною мірою сприятиме досягненню вищого рівня освоєння студентом навчального матеріалу.

Вибираючи навчальні компакт-диски, слід враховувати науково-педагогічні та ергономічні критерії: наявність у навчальному матеріалі науково-достовірної і педагогічно обґрунтованої інформації, системи понять, законів, теорій та інших освітніх елементів з дисципліни, яку вивчають; виконання гігієнічних вимог, що спрямовані на збереження зору, запобігання перевтомі студентів; вікові особливості тих, хто навчається; відповідність навчального матеріалу стандартам освітньої галузі; розподіл навчальної інформації за рівнями складності, способами сприйняття інформації (логічного, образно-емоційного тощо); наявність навчально-пізнавальних творчих завдань, що сприяють розвитку творчого мислення, аналітичного ставлення до об'єктів, що вивчаються; емоційну форму подання інформації, перевагу зорового ряду порівняно з голосовим та музичним, можливість обрання темпу і швидкості діяльності при вивченні нового матеріалу, розвинуту систему пошуку, використання стандартних меню і кнопок на панелях інструментів, можливість зв'язку з поновлюваними Internet ресурсами і використання в україномовному навчальному середовищі тощо.

На сучасному етапі соціальних і технологічних перетворень однією з вимог до всіх учасників навчального процесу у вищих навчальних закладах є готовність майбутнього фахівця до використання інформаційно-комунікаційних технологій, комп'ютеризованих систем загалом у навчанні та професійній діяльності. Виокремлюють три рівні такої готовності: власний рівень володіння комп'ютеризованими технологіями, уміння безпосередньо використовувати їх у про-

фесійній діяльності, уміння підвищувати свій фаховий рівень за допомогою засобів Internet. Важливим елементом цієї готовності є не лише теоретична підготовка з певної галузі знань, а також і практичні уміння викладача організувати і провести навчальне заняття за допомогою комп'ютерних засобів і технологій; підготувати навчальне заняття за дистанційною формою навчання; застосувати фірмові розробки електронних навчальних посібників; створити власний електронний навчальний посібник з конкретної дисципліни; запровадити освітній Web-сайт з метою поглиблення власної наукової і викладацької компетентності.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для ефективного використання в навчальному процесі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій викладач повинен володіти певними специфічними вміннями:

застосовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології в підготовці, аналізі, коригуванні навчального процесу, управлінні навчальним процесом і навчально-пізнавальною діяльністю студентів;

добирати найраціональніші методи і засоби навчання, враховувати індивідуальні особливості студентів, їх нахили і здібності;

ефективно поєднувати традиційні методичні системи навчання із новими інформаційно-комунікаційними технологіями.

Інформатизація освіти вимагає державної підтримки та відповідного фінансування для вирішення завдань збільшення числа засобів і способів обробки навчального матеріалу, розробки альтернативних варіантів моделей подання інформації, формування та забезпечення високої технологічної, навчальної та програмно-методичної оснащеності університету сучасними технічними засобами та навчально-орієнтованим програмним забезпеченням.

В умовах формування інформаційного суспільства інформація освіти, запровадження нових інформаційних технологій – це лише перший крок у системі перебудови суспільства.

Сучасній особистості потрібно прищепити прагнення не тільки навчатись, але й вміло використовувати новітні знання та технології, динамічно розвиватись у відповідності до потреб та вимог часу, що стосується як студентів, так і педагогів. Відтак, ґрунтуючись на нових інформаційних технологіях, освіта повинна набувати випереджальний характер.

Список літератури

1. **Биков В.Ю.** Інформатизація освіти сьогодні / В.Ю. Биков, О.П. Осадчук // Рідна школа. – 1992. – № 3-4. – С. 71–73.
2. **Биков В.Ю.,** О.В. Білоус, Ю.М. Богачков та ін. Основи стандартизації інформаційно-комунікаційних компетентностей в системі освіти України : метод. реком. / за заг. ред. В.Ю. Бикова, О.М. Спіріна, О.В. Овчарук. – К. : Атіка, 2010. – 88 с.
3. **Гриценко В.И.,** В.Б. Артеменко, Е.В. Артеменко и др. Новые информационные технологии в образовании для всех: непрерывное обучение : коллект. моногр. К. : Академперіодика. – 2013. – 207 с.
4. **Жалдак М.І.** Основи інформаційної культури вчителя / М.І. Жалдак // Використання інформаційних технологій в навчальному процесі : зб. наук. праць. – К. : МНО УРСР. КДП ім. О.М. Горького, 1990. – С. 3–24.
5. **Жалдак М.І.** Проблеми інформатизації навчального процесу в школі і вузі / М.І. Жалдак // Сучасна інформаційна технологія в навчальному процесі. – К. : КДП ім. М. П. Драгоманова, 1991. – С. 3–16.
6. **Жалдак М.І.** Проблеми інформатизації навчального процесу в школі і ВУЗІ / М.І. Жалдак // Науково-педагогічні проблеми підготовки вчителя у ВУЗІ : матеріали міжвузівської науково-практичної конференції (м. Київ, 31 жовтня – 1 листопада 1990 р.). – К. : КДП, 1991. – С. 8–9.
7. **Коваль Т.І.** Підготовка викладачів вищої школи: інформаційні технології у педагогічній діяльності : навч.-метод. посіб. / Т.І. Коваль. – К. : Вид. центр НЛУ, 2009. – 380 с.
8. **Козлакова Г.О.** Теоретичні і методичні основи застосування інформаційних технологій у вищій технічній освіті : монографія / Г.О. Козлакова. – К. : ІЗМН, ВІПОЛ, 1997. – 180 с.
9. **Кремень В.Г.** Інформаційно-комунікаційні технології в освіті і формування інформаційного суспільства // Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. – 2006. – №6. – С.4-8.
10. **Круглик В.С.** Сучасні підходи до використання інформаційно-комунікаційних технологій у навчанні. Інформаційні технології в освіті. Зб. наук. праць. Вип. 2 – Херсон: Вид. ХДУ, 2008
11. **Кульчицький І.М.** Вплив сучасних комп'ютерних інформаційних технологій та традиційні методики навчання / Вісник Львів. ун-ту. Серія педагогічна. – 2001. – Вип. 15. – Ч. 2. – С. 177-185.
12. **Співаковський О.В.** Управління ІТ вищих навчальних закладів: як інформаційні технології допомагають зробити управління ефективним / О.В. Співаковський, Д.Є. Щедролосьєв, Я.Б. Федорова та ін. – Херсон : Айлант, 2010. – 355 с.
13. **Співаковський О.В.,** Львов М.С., Кравцов Г.М., Крекнін В.А., Гуржій Т.А., Зайцева Т.В., Кушнір Н.А., Кот С.М. Педагогічні технології та педагогічно-орієнтовані програмні системи: предметно-орієнтований підхід // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2002. – №2 (20). – С. 17-21.
14. **Тихонов О.М.** Інформаційні технології та телекомунікації в освіті і науці (IT & TES'2007): Матеріали міжнародної наукової конференції, ФДМ ДНДІ ІТТ «Інформіка». – М.: ЕГРІ, 2007. – 222 с.
Рукопис подано до редакції 11.04.16

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУСПЕНЗІЙНОЇ РОЗЛИВКИ РІДКОЇ СТАЛІ У ЛИВАРНО-ПРОКАТНІ КЛІТІ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТОНКИХ СМУГ

Проаналізовано суміщення процесів лиття-прокатування для виготовлення металовиробів, що дозволяє зменшити витрати енергії на процес, собівартість прокатного виробництва, збільшити продуктивність праці, покращити якість продукції. Визначено переваги та недоліки такого виробництва. Досліджено нову конструкцію ливарно-прокатної кліти для виготовлення тонких смуг з використанням безперервної валкової розливки рідкого металу. Пропонуємо устаткування складається з двох циліндричних горизонтальних валків, на які напресовано буртики, що забезпечує надійне утримання сталі. Запропоновано для запобігання виливання рідкого металу з поміж прокатних валків під час кристалізації застосовувати суспензійне розлиття, що дозволяє прискорити процес охолодження. Для утворення суспензії пропонується в рідкий метал додавати здрібнену сталеву стружку, яка зародить додаткові центри кристалізації. Досліджено швидкість охолодження сталі, час кристалізації та коефіцієнт витрати металу в умовах безперервної розливки у ливарно-прокатні кліти з використанням додаткових центрів кристалізації. Визначено, що швидкість кристалізації рідкої сталі збільшується на 26 – 28 %, тривалість кристалізації скорочується на 18 – 20 %, коефіцієнт витрат металу зменшується приблизно на 2 % в валках-кристалізаторах в умовах безперервної суспензійної розливки сталі в порівнянні зі звичайною валковою розливкою рідкого металу в ливарно-прокатні кліти.

Ключові слова: валкова розливка, безперервне розлиття рідкої сталі, виготовлення смуг, швидкість охолодження, час кристалізації, витрати металу, ливарно-прокатна кліть, суспензійне розлиття сталі.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями: Розвиток промисловості ставить нові і нові завдання з підвищення продуктивності машин та апаратів, економії матеріалу та енергоресурсів, збільшенню міцності та довговічності металовиробів, що потребує подальшого удосконалення процесів обробки металів тиском. Це можна досягти завдяки суміщенню процесів лиття-прокатування при виготовленні виробів. Очевидними перевагами таких процесів, як правило, є низька капіталосміність, низький рівень екологічних забруднень, мінімальні прості устаткування, відносно короткий виробничий цикл за максимальної продуктивності та рентабельності.

Особливо помітні результати дає впровадження безперервної валкової розливки металу у валки-кристалізатори, яка на теперішній час досягла суттєвих позитивних результатів.

Тому удосконалення процесу валкової розливки рідкого металу для виготовлення металовиробів та валкових ливарно-прокатних машин для здійснення цього способу виробництва є задачею актуальною, вирішення якої дозволить збільшити швидкість охолодження рідкої сталі та зменшити час кристалізації металу, що дозволить зменшити коефіцієнт витрати металу при безперервній валковій розливці.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Важливим нововведенням металургії є дослідно-промислові агрегати прямого безперервного розливання сталі безпосередньо на тонку смугу. Основна перевага прямого відливання тонкого листа – виключення із технологічної схеми операції гарячого прокатування з відповідним скороченням устаткування, а також енерго- та трудовитрат [1 - 11].

В агрегатах прямого відливання тонкого листа кристалізатор складається з двох валків, які розташовано безпосередньо під проміжним ковшем і обертається в протилежних напрямках. Рідка сталь при розливанні надходить у простір між валками і при контакті з поверхнею валків кристалізується, утворюючи затверділі шари, які рухаються разом з поверхнею і виходять із валків у формі листа, товщина якого визначається відстанню між валками, а ширина бічними стінками кристалізаторів [1].

На відміну від звичайного безперервного лиття-прокатування сталевих виробів, при валковому литті має місце два суміщених процесу: кристалізація розплаву і пластична деформація спочатку тієї частини, що закристалізувалася, а потім і всієї маси металу [5]. В процесі кристалізації відбувається м'яке обтиснення сталі, при виході з кліти-кристалізатора смуга отримує подальше охолодження і надходить у прокатну кліть [6].

Технологічна схема отримання тонкого листа із застосуванням двовалкових машин безперервного лиття заготовок дозволяє у 8 – 10 разів зменшити витрати енергетичних ресурсів, у 40

– 50 разів скоротити втрати металу в окалину, у 5 – 10 разів підвищити продуктивність праці, що забезпечує економічну доцільність подальшого розвитку та удосконалення технологічних процесів [5]. Але нова технологія має і недоліки: ширина смуг не регулюється і коливається за довжиною.

Існують технології, де рідку сталь пропонується розливати безпосередньо в консольні прокатні валки, які є кристалізаторами [6-11] і швидко зменшувати перегрів металу перед розливанням використовуючи суспензійне розлиття [12].

Однією з переваг суспензійного розлиття є можливість утилізувати металовідходи (стружки, обрізи, недоливів, вирубки). Найбільш суттєва відзнака суспензійного лиття в порівнянні з іншими способами є реалізація внутрішнього тепловідвіду за допомогою теплостоків інокуляторів для інтенсифікації теплопереносу в рідкій фазі з накладенням зовнішньої дії.

Дослідженнями доведено [12], що швидкість кристалізації розплаву зі сталі 35 при введенні залізо містких добавок збільшується з 0, 15 мм/с (при литті без добавок) до 0,2-0,8 мм/с (при додаванні залізного порошку).

Для досягнення максимального теплофізичного ефекту істотно регулювати параметри дисперсного інокулятора таким чином, щоб частинки повністю розплавлялися до миті досягнення температури ліквідус. Тому важним параметром технологічного процесу суспензійного лиття сталі є розмір частки дисперсного інокулятора [12]. Оптимальний розмір частинки можна установити, визначив тривалість нагрівання і плавлення часток і порівнявши її з часом досягнення кромки смуги температури ліквідус. Для цього було досліджено процеси теплообміну і кінетики плавлення частинок в залежності їх форми та розмірів, маси добавки та температури перегріву рідкої сталі.

Виконано патентний пошук на предмет удосконалення ливарно-прокатних модулів [13], що дозволило вивчити динаміку розвитку і впровадження ливарно-прокатних агрегатів в Україні та Росії з 2000 по 2013 года. Даний аналіз дає можливість визначити переваги та недоліки в використанні таких агрегатів та виявити подальший напрямок дослідження зі зменшення перегріву металу при безперервній розливці сталі у валки-кристалізатори, що забезпечує можливість суміщення процесів лиття-прокатування.

Перспектива інтенсифікації безперервної розливки сталі лімітується, головним чином, обмеженістю швидкості затвердіння безперервно литого зливка.

Цей процес пов'язаний з складністю відведення фізичної та скритої теплоти металу, що кристалізується тому визначається його теплофізичними властивостями: теплопровідністю, температуропровідністю, теплоємністю та інш [12].

Одним з недоліків розливки сталі у валки-кристалізатори є те, що рідку сталь складно утримати в міжвалковому просторі тому, що вона має велику рідинну текучість в розплавленому стані і має здібність вилитися, що призводить до втрат готової продукції. Тому необхідно удосконалити конструкцію валків-кристалізаторів, що буде перешкоджати виливанню рідкої сталі при розливці, а також передбачати дії зі зменшення її перегріву при попаданні в міжвалковий простір, що можливо при утворенні в об'ємі металу додаткових центрів кристалізації у валках - кристалізаторах при валковій безперервній розливці.

Постановка завдання: визначити збільшення швидкості охолодження та зменшення часу кристалізації металу, коефіцієнт витрати рідкої сталі за новою технологією з використанням пропонуємого обладнання з метою дослідження ефективності використання суспензійного розлиття рідкої сталі при безперервній валковій розливці у ливарно-прокатні кліті для виготовлення тонких смуг

Викладення матеріалу та результати: В дослідженнях швидкості охолодження та кристалізації рідкої сталі, коефіцієнту витрат металу при безперервній валковій розливці використовувалась низьковуглецева сталь, яка вилитася з ковша безпосередньо в горизонтальні прокатні циліндричні валки, які обертаються в протилежних напрямках. Робочі валки в цьому випадку слугують одночасно кристалізаторами-охолоджувачами і обтискним інструментом, де суміщаються процеси охолодження і прокатування сталі з обтисненням, що забезпечує витягування матеріалу. Валки установлені горизонтально так, як показано на рисунку 1 і безперервно охолоджуються водою. З бункерів з обох боків на торці валків-кристалізаторів насипається металева стружка. Робочі валки виготовлені з міді і покриті нікелем, на торці валків-кристалізаторів напресовано з натягом буртики (рис. 1) [14]. Конструкція окремого валка пред-

ставлено на рисунку, де показано його з'єднання з буртиком. Така конструкція служить для утримання здрібноної стружки і попередження виливання рідкої сталі між робочими валками, що дозволяє збільшити випуск готової продукції.

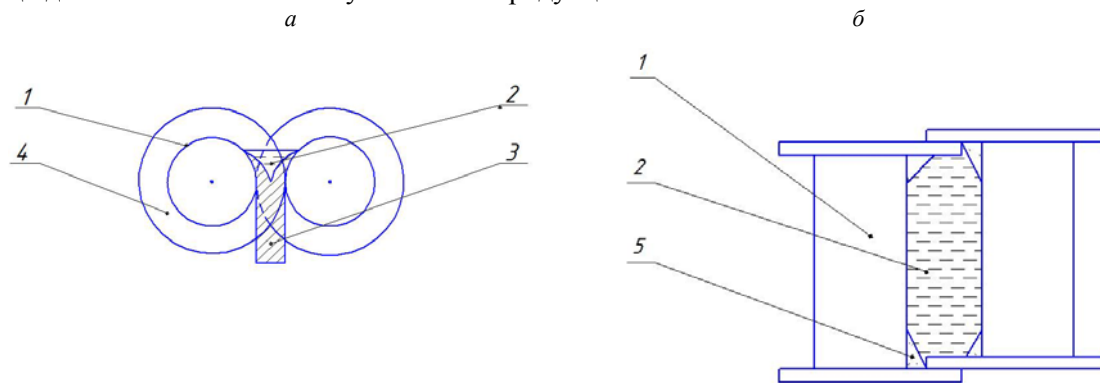


Рис. 1. Ливарно-прокатна кліть [14]: *а* - вигляд збоку; *б* - вигляд зверху;

1 – прокатні валки-кристалізатори; 2 – рідка сталь; 3 – затравка; 4 – напесовані буртики; 5 – здрібнена стружка

У дослідженнях було використано суспензійну розливку рідкої сталі у валки-кристалізатори, що дозволяє скоротити тривалість затвердіння зливка та збільшити коефіцієнт використання рідкої сталі та якість отриманого виробу. Одним з важливих етапів практичної реалізації суспензійного розливання як метода інтенсифікації затвердіння безперервно литих зливків є розробка ефективних технологічних процесів, простих та надійних устаткувань для її здійснення. Устаткування, що розробляються повинні мати високу надійність та стабільність в відповідності з тривалістю розливання. Розроблено велику кількість устаткувань, що дозволяють вводити дисперсний матеріал в рідку фазу [12]. Але такі устаткування мають де-які недоліки: частина дробі не попадає в струю, відображуючись від неї або пролітаючи повз неї, існує можливість замороження краплин на вихідному отворі сопла. Для уникнення цього недоліку, з боку, протилежного введенню феромагнітних дисперсних часток, утворюють спрямовано електричне поле. Але на практиці цей метод викликає ускладнення: частина дробинок притягується до магніту, утворюючи так звану бороду. Відомі багаточисельні пропозиції та розробки технологічних процесів затвердіння безперервнолитих зливків обертанням рідкої фази, накладенням коливань, вібрацій та інших взаємодій магнітних полів. Недоліками таких способів є складнощі регулювання та стабілізації технології в промислових умовах розлиття сталі на машинах безперервного лиття. В дослідженнях використовувалися конусні бункери, які були встановлені з обох боків валків-кристалізаторів.

З метою утилізації відходів механообробного виробництва в дослідженнях для утворення суспензії використовувалася стружка, яка здрібноувалася до розмірів менше міліметра.

Використовувалося обладнання для дослідження: ливарно-прокатна кліть, яка включає два циліндричні горизонтальні валки- кристалізатори, що встановлені в підшипники в станині. На бочку кожного з валків з обох сторін напесовані з гарантійним натягом диски, при цьому відстань між правим та лівим диском на валку дорівнює ширині виготовляемого листа та товщині диску, відстань між валками дорівнює товщині виготовляемого листа, при цьому буртики суміжних валків перекривають один одного.

В результаті досліджень було визначено швидкість та час охолодження металу, час кристалізації та коефіцієнт витрати рідкої сталі при виготовленні штаби в умовах валкової безперервної розливи сталі. Для порівняння досліджувалася розливка з використанням суспензії та без використання. В дослідженнях змінювалася величина зазору між валками, що дозволяло отримати декілька смуг різної товщини. Температура лиття залишалася постійною і дорівнювалася 1580 °С.

Для утворення суспензії в дослідженнях в рідкий метал додавалася здрібнена металева стружка, яка сипалася з бункера на бокові сторони валків-кристалізаторів, які обертаються. Буртики її стабілізували у вигляді тригранної піраміди, що надійно утримувало рідку сталь і дозволяло їй швидко кристалізуватися.

Дослідження проводилися за наступною методикою: з ковша на горизонтальні циліндричні валки-кристалізатори (рисунок 1), які обертаються (1) виливалася рідка сталь (2), одночасно з цим насипали на валки-кристалізатори з двох бункерів, що встановлені з обох боків валків, шар здрібненої стружки (5) у вигляді тригранної піраміди. Для стабілізації цієї піраміди на кінцях валків напресовано буртики (4), для підтримання рідкої сталі використовувалась затравка (3), яка до початку розливки рідкої сталі була введена в робочу порожнину кристалізатора.

Устаткування, що пропонується для проведення експериментів, забезпечує утримання рідкої сталі прокатними валками до початку затвердіння: рідка сталь вступає у взаємодію із стружкою, яка добре утримується на валках завдяки буртикам, що затримує виливання рідкої сталі з міжвалкового простору і дозволяє підвищити вихід готової продукції.

Таким чином, була розроблена методика проведення дослідження ефективності процесу виготовлення смуг безперервною валковою розливкою рідкого металу, де запропоновано нова технологія безперервної валкової розливки сталі у валки-кристалізатори, визначено нову конструкцію обладнання для його здійснення та підібрано матеріал для здійснення суспензійної розливки рідкого металу у валки кристалізатори [14,15].

Велике значення має бокове згущення рідкої ванни. Експерименти показали, що при використанні такого згущення рідка сталь добре утримується прокатними валками: рідкий метал взаємодіє зі стружкою, яка добре утримується на прокатних валках-кристалізаторах завдяки буртикам і швидко кристалізується з бокової поверхні, що перешкоджає її виливанню в міжвалковий простір.

Для визначення складу інокулятора, чим виступають частки здрібненої стружки з різних залізовуглецевих сплавів, проаналізовано їх теплофізичні властивості. У випадку, коли матеріал частки і кристалізуючі фази мають близькі теплофізичні характеристики (теплопровідність, теплоємність), в динаміці плавлення другий і третій періоди можна вважати як єдиний процес плавлення частки великого діаметру. Якщо частки відрізняються за хімічним складом, то процес плавлення обумовлено не тільки теплообміном, а і масо переносом. При вивченні теплофізики суспензійної розливки відливок та зливоків визначено [12], що тривалість затвердіння збільшується при збільшенні маси часток, що дозволило визначити технологічні області отримання литих матеріалів з використанням дисперсних інокуляторів, близьких за фізико-хімічними і теплофізичними властивостями до оброблюваного матеріалу.

Тому, в дослідженнях використовувалася в якості інокулятора здрібнена стружка з низьковуглецевої сталі.

В результаті експериментів були проведені дослідження виготовлення смуг товщиною 2 – 4 мм, зі швидкістю розливання 50 – 70 м/хв, час затвердіння рідкої сталі було зафіксовано 0,8 – 1,0 с.

Результати експериментів занесені в таблицю 1, де порівнюються час кристалізації рідкої сталі, швидкість охолодження та коефіцієнт витрати металу при безперервній валковій розливці сталі для виготовлення штаби без використання суспензії і з використанням.

Таблиця 1

Результати дослідження збільшення ефективності швидкості і часу кристалізації металу при валковій розливці

h, мм	Без суспензії			З суспензєю			Ефективність		
	v, °C/с	t _{кр} , с	k _{вит}	v _с , °C/с	t _{крс} , с	k _{витс}	v%	t%	k _{вит} %
2	950	1,0	1,05	1300	0,8	1,02	26,9	20,0	2,9
2,5	920	1,1	1,04	1280	0,9	1,015	28,1	18,1	2,5
3	900	1,2	1,03	1230	0,95	1,01	26,8	20,8	1,94
4	880	1,25	1,02	1200	1,0	1,008	26,6	20,0	1,96

Позначення в таблиці: h – товщина смуги; v – швидкість охолодження без використання суспензії; v_с – швидкість охолодження з використанням суспензії; t_{кр} – час кристалізації без використання суспензії; t_{крс} – час кристалізації з використанням суспензії; k_{вит} – коефіцієнт витрат металу без використання суспензії; k_{витс} – коефіцієнт витрат металу з використанням суспензії.

Результати досліджень показали, що швидкість і час охолодження металу у валках-кристалізаторах залежить від товщини смуги: чим товще смуга – тим повільніше відбувається її охолодження.

Результати експериментів підтвердили ефективність безперервної розливки рідкої сталі у валки-кристалізатори, які мають буртики для утримання здрібненої металевої стружки, що дозволяє збільшити швидкість кристалізації, час охолодження рідкого металу, забезпечити відсутність витікання сталі між валковий простір, що забезпечує збільшення випуску готової продукції, зменшує коефіцієнт витрати металу, збільшує продуктивність процесу виготовлення смуги.

Висновки та напрямок подальших досліджень результати експериментів дозволили дослідити ефективність використання суспензійного розлиття рідкої сталі при безперервній валковій розливці у ливарно-прокатні кліті для виготовлення тонких смуг

Визначено швидкість охолодження та час кристалізації металу і коефіцієнт витрати металу за новою технологією з використанням пропонуемого обладнання, що забезпечує збільшення швидкості кристалізації на 26 – 28 %, скорочення тривалості кристалізації рідкої сталі на 18-20% , зменшення коефіцієнту витрат металу приблизно на 2 % в валках-кристалізаторах в умовах безперервної суспензійної розливки сталі. В подальшому потрібно провести дослідження в промислових умовах.

Список літератури

1. **Губін Г.В.** Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза/ **Г.В.Губін, В.О. Півень.** – Кривий Ріг: ПП «Видавничий дім», 2010. – 366 с.
2. **Губін Г.В.** Про переробку відпрацьованих автомобілей / **Г.В. Губін, Ю.П. Калініченко, В.В.Ткач, Г.Г.Губін** //Вісник Криворізького технічного університету. Вип. 31, 2012. – с. 3 – 8.
3. **Данченко В. Н.** Прогрессивные процессы обработки металлов давлением [Текст] / **В. Н. Данченко** // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 1-8.
4. **Минаев А. А.** Возрождение металлургии на Украине невозможно без приоритетного развития прокатного производства [Текст] / **А. А. Минаев, Ю. В. Коновалов** // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 143-144.
5. **Alzetta F. Luna** The Danicli ECR Endless Casting Rolling Plant for Specialty Steels-Technology, Innovation and Benefits //Iron and Steelmaker, 2002. - № 7 – P. 41-49
6. **Данченко В.М.** Теорія процесів обробки металів тиском: Підручник/ **Данченко В.М., Гринкевич В.О., Головка О.М.** – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
7. **Минаев А. А.** Совмещенные металлургические процессы [Текст]: монография / **А. А. Минаев.** – Донецк: Технопарк Дон ГТУ УНИТЕХ, 2008. – 522 с.
8. **Nuernberger F.** Microstructure transformations in tempering steels during continuous cooling from hot forging temperatures / **F. Nuernberger, O. Grydin, M. Schaper, F.-W. Bach, B. Koczurkiewicz, A. Milenin** // Steel research int. – Aachen: Verlag Stahleisen GmbH, 2010. – №3(81). – P. 224–233
9. **Grydin O.** Mathematische Modellierung des Gießens von dünnen Blechen nach dem Zwei-Rollen-Verfahren / **O. Grydin, E. Baturshina, Fr.-W. Bach** // Proceeding of ANSYS Conference, 27th CADFEM Users' Meeting. – Leipzig, 2009. – 2.11.15. – P. 1–9.
10. **Danchenko V.M.** Mathematical modeling of the twin-roll casting process / **V.M. Danchenko, O.Yu. Grydin, Yu.Yu. Kalashnikov** // Proceedings of International Conference "Advances in Metallurgical Processes and Materials". – Dnipropetrovsk, 2007. – Vol.2. – P. 256–259.
11. **Tekkaya A.E.** Zeiteffiziente Prozesskettenmodellierung und –berechnung in der Blechumformung und-verarbeitung / **A.E. Tekkaya, A. Brosius, T. Cwiekala, Fr.-W. Bach, O. Grydin, M. Schaper, B. Svendsen, C. Barthel** // Tagungsband zur MEFORM 2008. Simulation von Umformprozessen. – Freiberg: Technische Universität „Bergakademie Freiberg“, 2008. – S. 262–274.
12. **Затуловський С. С.** Суспензійна розливка [Текст] / **С. С. Затуловський.** – К: Наукова думка, 1981. – 260 с.
13. Ретроспективний аналіз масива опублікованих патентів, характеризуючі розвиток литейно-прокатних модулів за період 2000-2013 г.г. в Україні і Росії [**Н.Н.Бережній, М.М., Чубенко В.А., А.А.Хіноцька, С.О.Мацішин, А.А.Шепель, В.А.Чубенко**] // Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2015, №1/1 (21)/ - С. 4-7.
14. Патент України № 100153 МПК В21В1 Ливарно-прокатна кліть / **М.М.Бережній, В.А. Чубенко, А.А.Хіноцька, С.О.Мацішин, А.О.Шепель, В.А.Чубенко,** ДВНЗ «Криворізький національний університет». – заявл. 05.02.2015, опубл. 10.07.2015, Бюл.№ 13.
15. The increase in efficiency of strips production process in foundry and rolling mill stand/ **Nikolay Berezhnoy, Viktoriya Chubenko, Alla Khinotskaya, Valeriy Chubenko** //Metallurgical and Mining Industry. – 2015, № 12. – P. 296 – 300.

Рукопис подано до редакції 11.04.16

А Н О Т А Ц І Ї

УДК 622.235

Шапурін О.В., Гура В.В. Досвід короткосповільненого підривання частин свердловинних зарядів в умовах кар'єрів ПАТ «ПівніЗК»

Наведено результати експериментальних вибухів в Першотравневому та Ганнівському кар'єрах ПАТ ПІВНІЗК, в яких застосовано розподілення свердловинних зарядів на дві частини і короткоуповільнене їх підривання одна відносно одної. Обґрунтовано конструктивні параметри свердловинних зарядів (верхнього і нижнього), забійки і інертного проміжку, таким чином, що весь 15м уступ розподіляється на дві майже рівні частини. При цьому, забезпечується збереження цілісності газових пухирців у частині заряду, що підривається через сповільнення. Крім того, першочерговим вибухом верхнього заряду розвантажується нижня частина уступу від сил тяжіння, що створюються верхньою його частиною, чим покращується якість її подрібнення нижнім зарядом. Зроблено аналіз розповсюдження прямих і відбитих хвиль в тілі уступу після спрацювання верхньої частини заряду, яким обґрунтовано інтервал сповільнення між частинами видовженого заряду вибухової речовини, який охоплює терміни часу на проходження прямих хвиль до вільних поверхонь укосу і покрівлі уступу, відбитих хвиль до нижнього торця заряду, посування обох хвиль повз цей торець, а також, змінення напруж розтягуючих на стискаючі. Лише по завершенню обумовленого процесу найдоцільніше підривати нижній заряд вибухової речовини. Наведено результати подрібнення гірських порід в експериментальних і контрольних дільницях вибухових блоків.

Ключові слова: експериментальні вибухи, свердловинні заряди, укос і покрівля, вибухові блоки.

Шапурин А.В., Гура В.В. Опыт короткозамедленного взрывания частей скважинных зарядов в условиях карьеров ПАТ "СевГОК"

Приведены результаты экспериментальных взрывов в Первомайском и Анновском карьерах ПАО СЕВГОК, в которых использовано разделение скважинных зарядов на две части и короткозамедленное взрывание частей заряда (верхнего и нижнего), забойки и инертного промежутка, таким образом, что весь 15м уступ оказывается разделенным на две почти равные части. При этом, обеспечивается сохранение целостности газовых пузырьков в части заряда, взрывающей через замедление. Кроме того, первоочередное взрывание верхнего заряда, разгружает нижнюю часть уступа от гравитационного давления слоев горных пород верхней части уступа, чем улучшает качество ее дробления нижним зарядом. Сделан анализ прохождения прямых и отраженных волн в теле уступа в результате срабатывания верхней части заряда, которым обоснован интервал замедления между частями удлиненного заряда взрывчатого вещества, охватывающий отрезки времени на прохождение прямых волн до свободных поверхностей откоса и кровли уступа, отраженных волн до торца нижней части скважинного заряда, прохождение обеих тел отраженных волн через этот торец, а также смену растягивающих напряжений в волнах сжимающими. Только по завершении оговоренного процесса рациональнее всего производить взрывание нижнего заряда взрывчатого вещества. Приведены результаты дробления горных пород в опытных и контрольных участках взрывных блоков.

Ключевые слова: экспериментальные взрывы, скважинные заряды, укос и кровля, взрывные блоки.

Shapurin A.V., Gura V.V. Experience of shortly slow exploding of parts of downhole charges in the conditions of open pit STALEMATE the "North mountain concentrating combine"

The results of experimental explosions in Pervomayskiy and Annovskiy quarries of the PJSC "Northern Mining and Processing Plant" were rated, which used downhole separation of charges in to two part sand short-delay blasting part of the charge (upper and lower), plug and inert space, so that the entire bench 15m is divided into two almost equal parts. Meanwhile, the integrity of gas bubbles is provided in the part of the charge, explode through the slowdown. Besides, priority blasting the top of the charge, unloads the lower part of the ledge from the gravitational pressure of the layers of rocks from upper part of the bench, than improves the quality of crushing the lower charge. The analysis is of the passage of the direct and reflected waves in the body of bench as a result of triggering the top part of the charge, which justified the deceleration interval between parts of an elongated explosive charge, covering the periods of time for passage of direct wave to the free surfaces slope and roof of the bench the reflected waves to the end of the lower part of the borehole charge, the passage of both bodies of the reflected waves through the butt, and also a change of the tensile stress to compressive in the waves. Producing the explosion of the lower charge is rationally only upon completion of the previously mentioned process. The results of rock crushing in the experimental and control plots of explosive blocks are adduced.

Keywords: experimental explosions, downhole charges, hay-crop and roof, are explosive blocks.

УДК 622.27

Ступник Н.И., Калиниченко В.А., Письменный С.В., Федько М.Б., Музыка И.О., Калиниченко Е.В. Обоснование параметров очистной камеры параболической формы при отработке железных руд в неустойчивых породах

В настоящее время отработка железных руд Криворожского железорудного бассейна подземным способом ведется на глубинах более 1300 м. Их отработка традиционными системами разработки в сложных горно-геологических условиях приводит к повышенным потерям и засорению добытой рудной массы. С целью повышения показателей извлечения, предложена идея с формированием очистной камеры параболической формы, которая позволит сохранить позволит сохранить устойчивость на весь период отработки и предотвратит засорение рудной массы со стороны всякого бока в процессе выпуска. Устойчивость очистной камеры обеспечивается оптимальным соотношением высоты к ее ширине. Разработанная методика по определению параметров очистной камеры параболической формы, которая учитывает радиусы вертикального и горизонтального устойчивого обнажения позволяет определить устойчивые параметры камеры. В процессе исследований определена величина максимального разрушающего давления на контуре очистной камеры параболической формы. Было установлено, что разрушающее давление зависит от угла приложенной нагрузки к контуру очистной камеры и физико-механических свойств горных пород окружающих ее. Данная методика базируется на результатах лабораторных исследований выполненных для условий Криворожского железорудного бассейна.

Ключевые слова: железорудный бассейн, очистная камера, разрушающее давление

Ступнік М.І., Калініченко В. О., Письменний С. В., Федько М. Б., Музика І. О., Калініченко О.В. Обгрунтування параметрів очисної камери параболічної форми при відробітку залізної руди в нестійких породах

Нині відробіток залізної руди Криворізького залізрудного басейну підземним способом ведеться на глибинах більше 1300 м. Їх відпрацювання традиційними системами розробки в складних горно-геологічних умовах призводить до підвищених втрат і засмічення здобутої рудної маси. З метою підвищення показників витягання, запропонована ідея з формуванням очисної камери параболічної форми, яка дозволить зберегти стійкість на увесь період відпрацювання і запобіжить засміченню рудної маси з боку висячого боку в процесі випуску. Стійкість очисної камери забезпечується оптимальним співвідношенням висоти до її ширини. Розроблена методика за визначенням параметрів очисної камери параболічної форми, яка враховує радіуси вертикального і горизонтального стійкого оголення дозволяє визначити стійкі параметри камери. В процесі досліджень визначена величина максимального руйнівного тиску на контурі очисної камери параболічної форми. Було встановлено, що разрушаюче тиск залежить від кута прикладеного навантаження до контура очисної камери і фізико-механічних властивостей гірських порід оточення її. Ця методика базується на результатах лабораторних досліджень, виконаних для умов Криворізького залізрудного басейну.

Ключові слова: залізрудний басейн, очисна камера, руйнівний тиск

Stupnik M.I., Kalinichenko V.A., Pysmenny S.V., Fedko M.B., Muzyka I.O., Kalinichenko E.V. Ground of parameters of cleansing chamber of parabolic form at working off iron-stones in unsteady breeds

Presently working off the iron-stones of the Kryvuy Rih iron-ore pool by an underground method conducted on depths a more than 1300 m. Their working off of development the traditional systems in the difficult mining and geological conditions results in enhanceable losses and obstruction of the obtained ore mass. With the purpose of increase of indexes of extraction, an idea is offered with forming of cleansing chamber of parabolic form which will allow to save will allow to save stability on all period of working off and will prevent the obstruction of ore mass from the side of hanging side in the process of producing. Stability of cleansing chamber is provided by optimal correlation of height to her width. Worked out methods on determination of parameters of cleansing chamber of parabolic form which takes into account the radiuses of the vertical and horizontal steady baring allows to define the steady parameters of chamber. In the process of researches the size of maximal destroying pressure is certain on the contour of cleansing chamber of parabolic form. It was set that разрушающее pressure depends on the corner of the attached loading to the contour of cleansing chamber and физико-механических properties of mountain breeds of окружающих of her. This methods are based on the results of laboratory researches executed for the terms of the Kryvuy Rih iron-ore pool.

Keywords: iron-ore pool, cleansing chamber, destroying pressure

УДК 622.271

Федоренко С.А., Жуков С.А., Навитний Ю.М., Ткаличенко С.В. Анализ технологического потенциала периодических колебаний производительности ЦПТ как резерва мультиструктурных грузопотоков

Показано, что вмещающие горные породы в проектных контурах рудных карьеров - разнообразны и многие из них пригодны для продуктивного использования. Их качество и запасы - достаточны для добычи как альтернативного сырья, добываемому в нерудных карьерах. Для оценки эффективности этого целесообразным является анализ возможностей использования рудных конвейерных трактов в карьере ИнГОКа. Показано, что Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, в разрабатываемом его карьере имеется широкий спектр технических средств для организации мультиструктурных грузопотоков даже в существующих стесненных условиях ведения горных работ. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа знания горно-технологических условий и потребительских характеристик потенциальной нерудной продукции - недостаточно. Для этого необходим более глубокий системный анализ состояния и соотношения разнообразных ресурсов, проектных наработок, производственного и экономического потенциала предприятия, адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов. Относительно технологической составляющей в таком системном подходе относительно ИнГОКа показано, что до 2022 года реальные возможности перехода на комплексную разработку месторождения в его карьере с вовлечением в транспортировку нерудной попутной продукции ЦПТ являются весьма ограниченными без радикальных изменений принятых проектов. Однако, после 2027 г. это становится уже целесообразным, и заключается в изменении структуры существующих грузопотоков с минимальными их модификациями. При этом основная идея минимизации проблем перехода на новые виды продукции (диверсификация сырья целевой добычи и конверсия предприятия) заключается в использовании ритмичных пульсаций производительности трактов ЦПТ.

Ключевые слова: карьер, конвейер, минеральная продукция, грузопоток, совмещенные потоки, комплексные технологии.

Федоренко С.О., Жуков С.О., Навітний Ю.М., Ткаличенко С.В. Аналіз технологічного потенціалу періодичних коливань продуктивності ЦПТ як резерву мультиструктурних вантажопотоків

Розглядається технологічний потенціал гірничо-збагачувального комбінату щодо видобутку побіжної нерудної сировини в діючому рудному кар'єрі. Пропонується принцип і організаційні заходи щодо компонування і поєднання в одноканальний періодичний вантажопотік окремих монопродуктових потоків при переході на комплексну розробку родовищ. Показано, що вміщуючі гірські породи в проектних контурах рудних кар'єрів є різноманітними і здебільшого придатними для продуктивного використання. Їх якість і запаси - достатні для видобутку як альтернативної сировини тій, що видобувається в нерудних кар'єрах. Для оцінки ефективності цього доцільним є аналіз можливостей використання рудних конвеєрних трактів в кар'єрі ІнГЗК. Показано, що Ингулецьке родовище характеризується високою петрографічною комплексністю. Разом з тим, в кар'єрі, що розробляє його, є широкий спектр технічних засобів для організації мультиструктурних вантажопотоків навіть в існуючих умовах обмеженого простору для ведення гірничих робіт. Але для достовірної оцінки ефективності можливої конверсії ГЗК знання

гірничо-технологічних умов і споживчих характеристик потенційної нерудної продукції – недостатньо. Для цього є необхідним більш глибокий системний аналіз стану та співвідношення різноманітних ресурсів, проектних напрацювань, виробничого й економічного потенціалу підприємства, адаптивної гнучкості й інертності застосовуваних технологій, а також багатьох інших внутрішніх і зовнішніх факторів. Стосовно технологічної складової в такому системному підході щодо ІнгГЗК показано, що до 2022 року реальні можливості переходу на комплексну розробку родовища в його кар'єрі з залученням в транспортування нерудної побіжної продукції ЦПТ є вельми обмеженими без радикальних змін прийнятих проектів. Однак, після 2027 року це стає вже доцільним, та полягає в зміні структури існуючих вантажопотоків з мінімальними їх модифікаціями. При цьому основна ідея мінімізації проблем переходу на нові види продукції (диверсифікація сировини цільового видобутку і конверсія підприємства) полягає у використанні ритмічних пульсацій продуктивності трактів ЦПТ.

Ключові слова: кар'єр, конвеєр, мінеральна продукція, вантажопотік, суміщені потоки, комплексні технології.

Fedorenko S.A., Zhukov S.A., Navitniy Y.M., Tkalitchenko S.V. Analysis of the technological potential of periodic oscillations performance CLT as a reserve of multi-structural freight flows

We consider the technological potential of the mining and processing plant a relatively production of associated non-metallic minerals in the existing ore open pits. The proposed principles and arrangements for the layout and combination in a single-channel mono periodic cargo separate product streams during the transition to a comprehensive development of the fields. It is considered that surrounding rocks in the design contours of ore quarries – are diverse and many of them are suitable for productive use. Their quality and reserves – enough for production as for alternative raw materials, non-metallic minerals mined in open pits. To assess the effectiveness of this expedient is to analyze the possibilities of using ore conveyors in the quarry of InGOK. It is shown that Ingulets deposit is characterized by high petrographic complexity. However, in the developed his quarry there is a wide range of technical resources for the organization multistructural freight traffic even in the current cramped conditions of mining. But for a reliable assessment of the effectiveness of a possible conversion of knowledge GOK mining and processing conditions and consumer characteristics of the potential non-metal products - is not enough. This requires more in-depth analysis of the system and the ratio of a variety of resources, project developments, production and economic potential of the enterprise, the adaptive flexibility and inertness of the technologies used, as well as many other internal and external factors. Regarding the technological component in such a systematic approach regarding InGOK demonstrated that up to 2022 the real possibility of switching to a comprehensive development of the field in his open pit with involvement in the transport of non-metal-products CLT are very limited without radical changes to approved projects. However, after 2027 it becomes appropriate, and is changing the structure of the existing freight traffic with minimal modifications thereof. The main idea of minimizing the problems of transition to new products (diversification of raw material extraction and conversion of the target enterprise) is to use a rhythmic pulsation performance CLT paths.

Keywords: quarry, conveyor, mineral products, freight flow, combined flows, complex technology.

УДК 622.271.33:622.12

Близиюков В.Г., Луценко С.А., Баранов И.В. Определение перспективных контуров карьеров разрабатывающих крутопадающие железорудные месторождения

Необходимость в определении перспективных конечных границ железорудных карьеров обусловлена тем, что после выхода горных работ на проектный контур карьеры будут работать в режиме ежегодного снижения (выбытия) производительной мощности, а для подготовки перекрытия такого выбытия потребуется 5-7 лет при любом способе разработки. При этом увеличится глубина разработки месторождения, а большая часть верхних горизонтов рабочей зоны будет погашена, что потребует вовлечения значительно большего объема инвестиций на освоения запасов за утвержденным проектным контуром карьера. В статье, на примере Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» показано определение перспективных контуров отработки карьера, выполнены исследования изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера. Перспективные границы Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже экономических показателей подобных горно-обогачительных комбинатов. По результатам проведенных исследований установлено, что прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн. т. При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн. м³. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектном контуре отработки карьера составляет 0,6 м³/т. При разработке месторождения в перспективном контуре отработки карьера коэффициент вскрыши будет составлять 0,81 м³/т. При разработке месторождения в перспективных контурах отработки карьера срок его эксплуатации может быть продлен до 43 лет против 37 (при работе в утвержденном контуре отработки).

Ключевые слова: конечный контур, глубина карьера, коэффициенты вскрыши, объемы руды вскрышных пород, срок работы.

Близиюков В.Г., Луценко С.О., Баранов И.В. Визначення контурів кар'єрів, які розробляють крутоспадні залізорудні родовища

Необхідність у визначенні перспективних кінцевих границь залізорудних кар'єрів обумовлена тим, що після виходу гірничих робіт на проектний контур кар'єри будуть працювати в режимі щорічного зниження (вибуття) виробничої потужності, а для підготовки перекриття такого вибуття буде потрібно 5-7 років при будь-якому способі розробки. При цьому збільшиться глибина розробки родовища, а більша частина верхніх горизонтів робочої зони буде погашена, що потребує залучення значно більшого обсягу інвестицій на освоєння запасів за затвердженим проектним контуром кар'єру. У статті, на прикладі Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний ГЗК» показано визначення перспективних контурів відпрацювання кар'єру, виконані дослідження зміни найбільшого поточного коефіцієнта розкриття залежно від збільшення проектної глибини кар'єру. Перспективні границі Першотравневого кар'єру ПАТ «Північний ГЗК» забезпечать економічні показники видобутку руди та виробництва концентрату на рівні не нижче економічних показників подібних гірничозбагачувальних комбінатів. За результатами проведених досліджень встановлено, що приріст запасів руди в перспективному контурі кар'єру становить більш 130 млн. т. При цьому додатковий обсяг

розкривних робіт складе в розмірі 260 млн. м³. Коефіцієнт розкриву в затвердженому проектному будці відпрацьовування кар'єру становить 0,6 м³/т. При розробці родовища в перспективному контурі відпрацьовування кар'єру коефіцієнт розкриву буде становити 0,81 м³/т. При розробці родовища в перспективних контурах відпрацьовування кар'єру строк його експлуатації може бути продовжений до 43 років проти 37 (при роботі в затвердженому контурі відпрацьовування).

Ключові слова: кінцевий контур, глибина кар'єру, коефіцієнти розкриву, обсяги руди розкривних порід, строк роботи.

Bliznyukov V.G., Lutsenko S.A., Baranov I.V. Determination of perspective open pit outlines exploiting steeply-dipping iron-ore deposits

The need for a definition of prospective finite boundaries of iron ore quarry due to the fact that after the mining operations at the project outline quarry mode will work in an annual decrease (outflow) of production capacity, and for the preparation of the overlap of the disposals required 5-7 years with any method of development. This will increase the depth of field development, and most of the upper horizons the working area will be repaid, which will require the involvement of a much larger volume of investment in the development of the reserves of approved project quarry outline. In an article on the example of the Pervomaisky quarry PAO "Northern Mining" shows the definition of the contours of promising mining quarry, made the greatest changes in the study of the current stripping ratio as a function of increasing the depth of the quarry project. Prospective border Pershamaiski quarry PAO "Northern GOK" provide economic indicators of ore mining and production at a level not lower than concentrate economic indicators such mining processing combine. The results of the study found that the ore reserves in the promising growth contour mining quarry is more than 130 mln. T. In this case, the additional volume of stripping operations will be in the amount of 260 million. m³. The stripping ratio in the approved project is working off quarry contour is 0.6 m³/t. In the development of the field in the planning loop open quarry stripping ratio will be 0.81 m³ / t. In the development of promising deposits in circuits working off his quarry operating life can be extended up to 43 years to 37 (operating in the approved working off contour).

Keywords: finite contour, the depth of the pit, ratios of overburden, the deposits, the period of work.

УДК 625.711.1:629.113

Філатов С.В., Гірін І.В., Жуков С.О., Гірін В.С. Максимізація відповідності зовнішніх та внутрішніх факторів руху великовантажних кар'єрних автосамоскидів як метод оптимізації їх роботи

У статті наведено результати досліджень щодо зменшення коефіцієнту опору кочення великовантажного кар'єрного автосамоскида за рахунок застосування нового поперечного профілю кар'єрної автодороги. Розкрито механізм впливу профілювання поверхні руху на енергетичні показники руху автосамоскида, а також – характер зміни плями контакту колеса з дорогою в залежності від характеристик гуми та умов її деформування. Наведено діючі технічні умови на повний комплект тягового обладнання великовантажного кар'єрного автосамоскида а також методи визначення швидкості руху останнього з урахуванням зміни параметрів поперечного профілю кар'єрного шляху. Зазначено, в якому напрямку зосереджуються наукові пошуки авторів: не тільки удосконалення запропонованих у попередні періоди методів і методик, але і самих підходів щодо пояснення механізму деформування великорозмірної гумової шини максимально навантаженого колеса при русі поверхнею змінного поперечного профілю з різними деформаційними та фрикційними характеристиками. Представлено методіку проведення досліджень та їх результати, а також подано блок-схему основних реальних напрямків технічно можливого та технологічно доцільного підвищення швидкості руху усереднено типового великовантажного кар'єрного автосамоскида. Автори зосередили увагу на дослідженні впливу на параметри руху великорозмірного колеса характеру кривизни утворюючих профілю дороги, на відміну від досліджених раніше прямолінійних утворюючих. Доведено, що на експлуатаційну швидкість кар'єрного автосамоскида найбільш суттєво впливають: кут поперечного, відповідного колісним парам, центральносиметричного нахилу поверхні та ширина автодороги, а також значно залежні від цього коефіцієнти опору кочення та зчеплення шин. Запропонована методика дозволяє значно розвинути теоретичне обґрунтування експериментально підтвердженої гіпотези про зменшення коефіцієнту опору кочення при ввігнутому профілі кар'єрної автодороги. Також зменшення коефіцієнта опору кочення дає можливість знизити величину тяги та потужності на ведучих колесах великовантажного кар'єрного автосамоскида, що підвищує машинний ресурс для виконання додаткових обсягів перевезень. Оскільки транспортну роботу можна виконувати з меншими показниками потужності двигуна самоскида, то це в свою чергу забезпечує і зменшення енерговитрат - об'ємів пального на транспортування заданих обсягів гірничої маси.

Ключові слова: кар'єр, профіль дороги, кар'єрний автосамоскид, опір руху, великорозмірні колеса.

Філатов С.В., Гірін І.В., Жуков С.А., Гірін В.С. Максимизация соответствия внешних и внутренних факторов движения большегрузных карьерных автосамосвалов как метод оптимизации их работы

В статье приведены результаты исследований по уменьшению коэффициента сопротивления качению большегрузного карьерного автосамосвала за счет применения нового поперечного профиля карьерной автодороги. Раскрыт механизм влияния профилирования поверхности движения на энергетические показатели движения автосамосвала, а также на характер изменения пятна контакта колеса с дорогой в зависимости от характеристик резины и условий ее деформирования. Приведены действующие технические условия на полный комплект тягового оборудования большегрузного карьерного автосамосвала, а также методы определения скорости движения последнего с учетом изменения параметров поперечного профиля карьерного пути. Указано, в каком направлении сосредоточены научные поиски авторов: не только совершенствование предлагаемых в предыдущие периоды методов и методик, но и самого подхода к объяснению механизма деформирования крупноразмерной резиновой шины максимально нагруженного колеса при движении поверхностью переменного поперечного профиля с различными деформативными и фрикционными характеристиками. Представлена методика проведения исследований и их результаты, а также блок-схема основных реальных направлений технически возможного и технологически целесообразного повышения скорости движения типичного большегрузного карьерного автосамосвала. Авторы сосредоточили внимание на исследовании

влияния на параметры движения большегабаритного колеса характера кривизны образующих профиля дороги, в отличие от исследованных ранее прямолинейных образующих. Доказано, что на эксплуатационную скорость карьерного автосамосвала наиболее существенно влияют: угол поперечного, соответствующего колесным парам, центрально симметричного наклона поверхности и ширина автодороги, а также значительно зависящие от этого коэффициенты сопротивления качению и сцепления шин. Предложенная методика позволяет значительно развить теоретическое обоснование экспериментально подтвержденной гипотезы об уменьшении коэффициента сопротивления качению при вогнутом профиле карьерной автодороги. Также уменьшение коэффициента сопротивления качению позволяет снизить величину тяги и мощности на ведущих колесах большегрузного карьерного автосамосвала, что повышает машинный ресурс для выполнения дополнительных объемов перевозок. А так как транспортную работу можно выполнять с меньшими показателями мощности двигателя самосвала, то это в свою очередь обеспечивает и уменьшения энергозатрат – расход топлива на транспортировку заданных объемов горной массы.

Filatov S.V., Girin I.V., Zhukov S.A., Girin V.S. Maximizing compliance with external and internal factors movement of heavy cast dump trucks as method of their optimization

The results of research to reduce the coefficient of rolling resistance heavy cast dump trucks through the use of new cross-profile career road. The mechanism of influence of surface profiling movement in the energy performance motion dump, and – nature of the change wheel contact patch with the road, depending on the characteristics and conditions of rubber deformation. An operating specifications for the complete set of traction equipment heavy cast dump trucks as well as methods for determining the speed of the latter on the basis of parameters transverse profile career path. It is indicated in which direction to focus scientific research authors not only improvements proposed in prior periods methods and techniques, but most approaches to the explanation of large-scale deformation of the rubber tire maximum load wheels when driving surface variable cross-section with different deformation and friction characteristics. The methods of research and its results, and also provides a block diagram of the substantive areas of real potential technically and technologically feasible increase on average speed of typical supersize quarry dump. The authors focused on the study of the impact on traffic parameters wheel large-curvature forming character profile, in contrast to the previously investigated creating straight. It is proved that the operational speed of career dump most significant impact, cross angle corresponding wheel pairs Centrally surface slope and width of the road, and much depends on this coefficient of rolling resistance and tire grip. The technique can significantly develop theoretical study confirmed the hypothesis experimentally to reduce the coefficient of rolling resistance with concave profile quarry road. Also, reducing the coefficient of rolling resistance makes it possible to reduce the size and power of traction on the driving wheels of heavy cast dump trucks, which increases machine resources for additional transportation volumes. And as the transport work can be performed with less engine power performance truck, this in turn provides energy and reduce – the amount of fuel to transport a given volume of rock mass.

Keywords: quarry, road cross-section, rigid dump trucks, the resistance movement, efficiently large wheels.

УДК 622.807: 502.175

Євдокименко М.Ф., Францев Є.В., Бондар М.В., Курінова М.К. Моніторинг та прогноз стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів у залізрудних кар'єрах Кривбасу

Викиди забруднюючих речовин під час проведення масових вибухів є залповими, тобто за короткий час у повітря викидається значна кількість забруднювачів. При цьому виникає небезпека перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони та на межі житлової забудови. При визначенні місця відбору проб враховується місце розташування блоку, що підривається, параметри буро-вибухових робіт, напрям вітру, відстань до цього блоку. Крім визначення концентрацій забруднюючих речовин, що утворюються під час проведення масових вибухів, НДІБПГ КНУ проводить моніторинг природоохоронних заходів, які підприємство застосовує для боротьби з викидами. Важливим аспектом попередження забруднення атмосферного повітря при масових вибухах є прогнозні розрахунки приземних концентрацій на межі СЗЗ перед проведенням вибухів. Знання наслідків масового вибуху дозволить оперативно відкоригувати технологію ведення вибухових робіт у частині застосування заходів з пило-газо-подавлення. Для вирішення цього питання необхідно розробити модель прогнозних розрахунків стану атмосферного повітря під час проведення масових вибухів на підставі комп'ютерних програм, затверджених Міністерством України. В цьому випадку визначаються еквівалентні максимальні разові викиди (ЕМРВ) забруднюючих речовин, приведені до двадцятихвилинного інтервалу осереднення, величини яких можна використати як вихідні дані для програми розрахунків розсіювання ЕОЛ. Як показують результати розрахунків, вони мають досить велику збіжність з фактичними приземними концентраціями, отриманими шляхом вимірювань на підфакельних постах.

Ключові слова: масовий вибух, моніторинг, забруднюючі речовини, приземні концентрації, прогнозні розрахунки.

Євдокименко М.Ф., Францев Є.В., Бондар М.В., Курінова М.К. Моніторинг и прогноз состояния атмосферного воздуха во время проведения массовых взрывов в железорудных карьерах Кривбасса

Выбросы загрязняющих веществ во время проведения массовых взрывов являются залповыми, то есть за короткое время в воздух выбрасывается значительное количество загрязнителей. При этом возникает опасность превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ на грани санитарно-защитной зоны и на грани жилищной застройки. При определении места отбора проб учитывается место расположения блока, который подрывается, параметры буро-взрывных работ, направление ветра, расстояние к этому блоку. Кроме определения концентраций загрязняющих веществ, которые образуются во время проведения массовых взрывов, НДІБПГ КНУ проводит мониторинг природоохранных мероприятий, которые предприятие применяет для борьбы с выбросами. Важным аспектом предупреждения загрязнения атмосферного воздуха при массовых взрывах являются прогнозные расчеты приземных концентраций на грани СЗЗ перед проведением взрывов. Знание последствий массового взрыва позволит оперативно откорректировать технологию ведения взрывных работ в части применения мероприятий по пило-газо-подавлению. Для решения этого вопроса необходимо разработать модель прогнозных расчетов состояния атмосферного воздуха во время проведения массовых взрывов на основании компьютерных программ, утвержденных Минп-

рироды Украины. В этом случае определяются эквивалентные максимальные разовые выбросы (ЕМРВ) загрязняющих веществ, приведенные к двадцатиминутному интервалу осереднення, величины которых можно использовать в качестве выходных даны для программы расчетов рассеивания ЕОЛ. Как показывают результаты расчетов, они имеют достаточно большую сходимость с фактическими приземными концентрациями, полученными путем измерений на подфакельных постах.

Ключевые слова: массовый взрыв, мониторинг, загрязняющие вещества, приземные концентрации, прогнозные расчеты.

Evdokimenko M.F., Frantsev E.V., Bondar M.V., Kurinova M.K. Monitoring and prognosis of the state of atmospheric air during realization of mass explosions in the iron-ore open pit of Kryvbass

The extrass of contaminants volley during realization of mass explosions, id est for short time the far of pollutants is thrown out in air. Thus there is a danger of exceeding maximum of possible concentrations of contaminants on verge of sanitary - hygienic area and on verge of housing building. At the location of sampling the place of location of block which is blown up, parameters of brown - explosive works, direction of wind, distance to this block, is taken into account. Except for determination of concentrations of contaminants which appear during realization of mass explosions, НДІБПГ КНУ conducts monitoring of nature protection measures which an enterprise applies for a fight against extrass. The important aspect of warning of contamination of atmospheric air at mass explosions are prognosis calculations of the ground concentrations on verge of С33 before realization of explosions. Knowledge of consequences of mass explosion will allow operatively to correct technology of conduct of explosive works in part of application of measures on ardor of is gas - to crush down. For the decision of this question it is necessary to work out the model of prognosis calculations of the state of atmospheric air during realization of mass explosions on the basis of the computer programs, ratified Ministry of nature of of Ukraine. The equivalent maximal valid for one occasion extrass (ЕМРВ) of contaminants, resulted to the двадцатиминутному interval of осереднення, are determined in this case, the sizes of which can be used in quality a weekend is given for the program of calculations of dispersion of ЕОЛ. As results of calculations show, they have large enough convergence with the actual ground concentrations, got by measuring on subtorch fasts.

Keywords: mass explosion, monitoring, contaminants, ground concentrations, prognosis calculations.

УДК 681.5: 621.313.323

Бабець Є.К., Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тигоренко К.Г. Інтелектуальна система ситуаційного управління енергоспоживанням дробарних фабрик

Розроблено методи ситуаційного управління енергоспоживанням дробарного комплексу, сировина на який поступає з декількох кар'єрів, або дільниць. На базі експертних систем, розроблено технології ситуаційного аналізу електро-споживання процесів дроблення в періоди обмеження енергосистеми. Побудована архітектура інтелектуальної системи підтримки рішень та наведено результати імітаційного моделювання електроспоживанням дробарної фабрики в періоди обмежень потужності енергосистеми. Доведено, що ситуаційна модель енергоспоживання дробарної фабрики з постачанням руди з чотирьох джерел дозволяє спроектувати сучасну інтелектуальну систему експертного оцінювання багата стадійного процесу дроблення в періоди «день», «ніч», «пік», «напівпік» на базі правил - продукцій, дерева рішень для системи прогнозування параметрів енергоспоживання і, яка забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на одну тону дробленого продукту.

Визначено ознаки проблемних ситуацій, та побудовано моделі БД, БЗ, правила - продукції та множина управлінських рішень, щодо оцінки стану енергосистеми, обладнання дробарної фабрики, питомих витрат електроенергії та параметрів ефективного виробничого циклу технологічних процесів в періоди обмежень потужності енергосистеми. Наведено приклади проектування експертних моделей для постановки задач прийняття рішень, і задач людиномашинного спілкування. Така технологія дозволяє моделювати в межах системи ІСУЕ - АСУТП весь спектр технологічних ситуацій, які виникають в процесі управління енергоспоживанням ДФ і процесами дроблення та здрібнення в різні періоди доби енергонавантаження системи.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, правила – продукції, дерево рішень, експертна система.

Бабець Є.К., Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тигоренко К.Г. Интеллектуальная система ситуационного управления энергопотреблением дробильных фабрик

Разработаны методы ситуационного управления энергопотреблением дробильного комплекса, сырье на который поступает из нескольких карьеров, или участков. На базе экспертных систем, разработаны технологии ситуационного анализа электропотребления процессов дробления в периоды ограничения энергосистемы. Построена архитектура интеллектуальной системы поддержки решений и приведены результаты имитационного моделирования электропотребления дробильной фабрики в периоды ограничений мощности энергосистемы. Доказано, что ситуационная модель энергопотребления дробильной фабрики с поставкой руды из четырех источников позволяет спроектировать современную интеллектуальную систему экспертной оценки многостадийного процесса дробления в периоды «день», «ночь», «пик», «полупик» на базе правил - продукций, дерево решений для системы прогнозирования параметров энергопотребления и, которая обеспечивает оптимальное оперативное управление технологическим процессом с гарантированным уменьшением удельных затрат электричества на одну тону дробленого продукта.

Определены признаки проблемных ситуаций, и построены модели БД, БЗ, правила - продукции и множество управленческих решений, в оценке состояния энергосистемы, оборудования дробильной фабрики, удельных расходов электроэнергии и параметров эффективного производственного цикла технологических процессов в периоды ограничений мощности энергосистемы. Приведены примеры проектирования экспертных моделей для постановки задач принятия решений, и задач человеко-машинного общения. Такая технология позволяет моделировать в рамках системы ИСУЭ - АСУТП весь спектр технологических ситуаций, возникающих в процессе управления энергопотреблением ДФ и процессами дробления и измельчения в разные периоды суток энергонагрузки системы.

Ключевые слова: система, электроснабжение, дробильная фабрика, правила - продукции, дерево решений, экспертная система.

Babets E.K., Khorolskiy V.P., Khorolskiy D.V., Titorenko K.G. Intellectual system of situational management the energy consumption of crush factories

Are designed methods of of situational power management crushing complex, raw materials which comes from a several open pits, or areas. On the base of expert systems technology are designed situational analysis of power consumption during periods of crushing processes limit the power system. Created the architecture of intelligent system decision support and the results of simulation of power consumption during periods of crushing plant power grid constraints. It is proved that the of situational model power crushing plant with delivery of ore from four sources allows you to design a modern intellectual system estimates process multi-stage crushing during the "day", "night", "peak", "half-peak" on the basis of rules – products a decision tree for the forecasting system parameters energy. The system ensures optimum management of process operational and ensures reduction in the unit cost of electricity per ton of crushed product. Developed region problematic situations, and built database model, BZ, BD, rules – products and set of management decisions. The evaluation state of the power system, of crushing plant equipment and specific electricity consumption and parameters effective production cycle processes during periods of limited power system. Developed example of design of expert models to perform decision-making tasks and tasks of man-machine communication. Such technology allows to model within system - SCADA entire spectrum of technological situations, occurring in the power management process DF and process crushing and grinding in different periods of the day energy loading .

Keywords: system, power supply, crushing plant, rules - products, a decision tree, the expert system.

УДК [622.831: 622.272.273.1]: 622.341.11.012.2

Цариковский В.В., Седунова Т.Т., Цариковский Вал.В. Влияние параметров систем разработки и порядков отработки запасов на интенсивность колебаний земной поверхности при отбойке магнетитовых кварцитов шахты им. Орджоникидзе ПАО «ЦГОК»

Приведены результаты исследований влияния порядков отработки запасов магнетитовых кварцитов и объемов взрываемых взрывчатых веществ в одном замедлении на интенсивность колебаний земной поверхности, прилегающей к шахтному полю. Указанные исследования обусловлены спецификой условий отработки магнетитовых кварцитов заключающейся, с одной стороны, в том, что на земной поверхности, прилегающей к шахтному полю, расположены многоэтажные жилые здания и промышленные сооружения, а, с другой стороны, учитывая высокую прочность магнетитовых кварцитов отработка их с применением крупномасштабной технологии требует проведение массовых взрывов с общей массой взрываемых веществ от 30 до 170 т. В связи с огромными массами взрываемых взрывчатых веществ колебания земной поверхности достигают 6...7 баллов, что отрицательно отражается на состоянии жилых зданий и промышленных сооружений. Проведенные исследования позволили установить взаимосвязь между уменьшением массы одновременно взрываемого заряда и порядков отработки запасов, определяющих наличие обрушенных пород у отбиваемого массива, с интенсивностью сейсмических колебаний земной поверхности. Указанные взаимосвязи позволяют еще на этапе проектирования очистной выемки прогнозировать интенсивность сейсмических колебаний земной поверхности при ведении взрывных работ. Данные исследования проведены при массовых взрывах с интервалом замедлений между отдельными сериями взрывов не менее 75 мс и эпицентральных расстояниях до контролируемых объектов от 360 до 1200 м.

Ключевые слова: параметры системы, порядок отработки, жилое здание, промышленное здание, взрывчатое вещество, замедление, сейсмическое колебание, земная поверхность, прогноз, проект

Цариковський В.В., Седунова Т.Т., Цариковський Вал.В. Вплив параметрів систем розробки і порядків відпрацювання запасів на інтенсивність коливань земної поверхні при відбиванні магнетитових кварцитів шахти ім. Орджонікідзе ПАТ «ЦГЗК»

Наведено результати досліджень впливу порядків відпрацювання запасів магнетитових кварцитів і об'ємів висаджуваних вибухових речовин в одному уповільненні на інтенсивність коливань земної поверхні, прилеглої до шахтного поля. Вказані дослідження обумовлені специфікою умов відпрацювання магнетитових кварцитів що полягає, з одного боку, в тому, що на земній поверхні, прилеглій до шахтного поля, розташовані багатоповерхові житлові будівлі і промислові споруди, а, з іншого боку, враховуючи високу міцність магнетитових кварцитів відпрацювання їх із застосуванням великомасштабної технології вимагає проведення масових вибухів із загальною масою вибухових речовин від 30 до 170 т. У зв'язку з величезними масами вибухових речовин коливання земної поверхні досягають 6...7 балів, що негативно відбивається на стані житлових будівель і промислових споруд. Проведені дослідження дозволили встановити взаємозв'язок між зменшенням маси одночасно висаджуваного заряду і порядків відпрацювання запасів, що визначають наявність обрушених порід у відбиваного масиву, з інтенсивністю сейсмічних коливань земної поверхні. Вказані взаємозв'язки дозволяють ще на етапі проектування очистної виїмки прогнозувати інтенсивність сейсмічних коливань земної поверхні при веденні вибухових робіт. Дані дослідження проведено при масових вибухах з інтервалом уповільнень між окремими серіями вибухів не менше 75 мс і епіцентральных відстанях до контрольованих об'єктів від 360 до 1200 м.

Ключові слова: параметри системи, порядок відпрацювання, житловий будинок, промислова споруда, вибухова речовина, уповільнення, сейсмічне коливання, земна поверхня, прогноз, проект.

Tsarikovsky V.V., Sedunova T.T., Tsarikovsky Val. V. Influence of reserves parameters of development systems and working off orders of reserves on the intensity of the earth's surface vibrations at breaking of magnetite quartzite of Ordzhonikidze mine PJSC "CGOK"

The results of the research of influence of orders of magnetite quartzites reserves mining and volumes of blasting of explosives in a slowdown on the intensity of the vibrations of the earth's surface, adjacent to the mine field are given.

These studies are due to specific conditions of magnetite quartzite mining concluding in, on the one hand, the fact that on the surface adjacent to the mine high residential buildings and industrial buildings, are located, and on the other hand, the

high strength of magnetite quartzites working out using large-scale technologies require massive blasting with a total mass of explosives from 30 to 170 tons. In connection with the huge masses of blasted explosives ranging and of the earth's surface vibrations are up to 6 ... 7 points, which has a negative impact on residential buildings and other industrial structures.

The studies have established a connection between reducing charge weight at the simultaneous blasting and an order of mining of reserves, determining the presence of braking in masses, with the intensity of seismic vibrations of the earth's surface. These relationships make it possible at the stage of designing of mining face to predict the intensity of the earth's surface seismic vibrations during blasting operations.

These studies were carried out at mass blasting at intervals of slowdowns between individual series of blast at least 75 ms and epicentral distances to objects controlled from 360 to 1200 m.

Keywords: system setting, working off order, residential building, industrial building, blasting of explosive, slowdown, seismic vibration, earth's surface, forecast, project.

УДК 528.021

Куліковська О.Є., Атаманенко Ю.Ю., Намінат О.С. Спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю

Розглянуто спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості під час фіксування дорожньо-транспортної пригоди за допомогою квадрокоптера, в результаті чого було отримано планові аерофотознімки із кутом відхилення оптичної осі від прямовисного положення, який не перевищує 3° . Описано детальний порядок роботи на місці скоєння аварії, що включає в себе налаштування моделі, огляд місцевості, взліт квадрокоптера над місцем ДТП, обліт заданої території, відео і фотозйомку, посадку моделі. Висота польоту квадрокоптера контролюється за допомогою пульта дистанційного керування. Передача матеріалів відео та фотозйомки здійснюється по бездротовій системі Wi-Fi зв'язку, які автоматично зберігаються на карті пам'яті квадрокоптера та комп'ютерного мобільного обладнання. У разі потреби отримують скріншоти фотографій, на яких чітко показано висоту польоту, відстань моделі до пульта дистанційного керування, рівень сигналу, рівень живлення акумуляторної батареї, GPS-статус, режим польоту, статус літального апарату, якість сигналу пульта дистанційного керування, дату, годину тощо. Політ відбувається в межах 15 хвилин, посадку квадрокоптера здійснюють у зручному місці, не використовують при цьому злітно-посадочну смугу. Подано результати фотозйомки, обробка яких виконувалась із використанням стандартної комп'ютерної програми Spotlight Pro 10. Метою опрацювання було отримати відмасштабований фотознімок, на якому швидко і достовірно за допомогою лінійних функцій можна визначити необхідні лінійні елементи, які потрібно відображати за вимогами діючих відповідних нормативно-правових документів при складанні схеми аварії. Пропонується зосередити зусилля на дослідженні причин виникнення помилок визначення лінійних елементів зйомки місцевості запропонованим способом та дослідити шляхи їх усунення.

Ключові слова: зйомка місцевості, лінійні елементи, дорожньо-транспортна пригода, квадрокоптер, схема аварії, металева рулетка, лазерний сканер, Spotlight Pro 10, растрове зображення, аварійний трикутник, розмір сторони трикутника, коефіцієнт збільшення фотознімка.

Куликовская О.Е., Атаманенко Ю.Ю., Наминат А.С. Способ определения линейных элементов съемки местности беспилотной моделью

Рассмотрен способ определения линейных элементов съемки местности во время фиксирования дорожно-транспортного происшествия с помощью квадрокоптера, в результате чего были получены плановые аэрофотоснимки с углом отклонения оптической оси от отвесного положения, который не превышает 3° . Описан подробный порядок работы на месте аварии, что включает в себя настройки модели, обзор местности, взлет квадрокоптера над местом ДТП, облет заданной территории, видео и фотосъемку, посадку модели. Высота полета квадрокоптера контролируется с помощью пульта дистанционного управления. Передача материалов видео- и фотосъемки осуществляется по беспроводной системе Wi-Fi связи, которые автоматически сохраняются на карте памяти квадрокоптера и мобильного компьютерного оборудования. В случае необходимости получают скриншоты фотографий, на которых четко показано высоту полета, расстояние модели до пульта дистанционного управления, уровень сигнала, уровень питания аккумуляторной батареи, GPS-статус, режим полета, статус летательного аппарата, качество сигнала пульта дистанционного управления, дату, время и другие параметры. Полет совершается в пределах 15 минут, посадку квадрокоптера осуществляют в удобном месте, не используют при этом взлетно-посадочную полосу. Представлены результаты фотосъемки, обработка которых реализовывалась стандартной компьютерной программой Spotlight Pro 10. Цель обработки заключалась в получении фотоснимка в масштабе, на котором быстро и достоверно с помощью линейных функций можно определить необходимые линейные элементы, которые следует отображать по требованию действующих соответствующих нормативно-правовых документов при составлении схемы аварии. Предлагается сосредоточить усилия на исследовании причин возникновения ошибок определения линейных элементов съемки местности предложенным способом и исследовать пути их устранения.

Ключевые слова: съемка местности, линейные элементы, дорожно-транспортное происшествие, квадрокоптер, схема аварии, металлическая рулетка, лазерный сканер, Spotlight Pro 10, растровое изображение, аварийный треугольник, размер стороны треугольника, коэффициент увеличения фотоснимка.

Kulikovska O.Ye., Atamanenko Yu.Yu., Naminat O.S. Method of the planning survey linear elements determining by unmanned model

The article considers the method of determining the linear elements of planning survey during the accident recording using quadcopter, resulting routine aerial photos with angle of divergence of the optical axis from the plumb position, not exceeding 3° were received. Detailed work order at the scene of the accident is described, which includes setting up a model, area survey, quadcopter launch over the place of the accident, fly around of a given territory, video and photography, model landing. Quadcopter flight height is controlled by remote control. Transfer of video and photography material is carried out by wireless system of Wi-Fi connection which automatically saved on the memory card of quadcopter and computer mobile equipment. If it is necessary, photograph screenshots are got, which clearly show the flight altitude, model distance to

remote control, signal level of the power battery, GPS-status, flight mode, the status of the aircraft, remote control signal quality, date, hour, etc. The flight takes place within 15 minutes; quadcopter landing is carried out in a convenient location, while not using the runway. The results of photographing are performed processing of which was carried out using standard computer software Spotlight Pro 10. The aim of study was to get a scaled picture, on which you can determine necessary linear items by linear functions quickly and reliably which should be reflected according to the requirements of existing relevant legal documents when preparing the accident scheme. It is proposed to focus on the study of the causes of errors of planning survey linear elements determination with proposed method and explore the ways to address them.

Key words: planning survey, the linear elements, traffic accident, quadcopter, accident scheme, a metal tape measure, laser scanner, Spotlight Pro 10, halftone image, warning triangle, the sizes of the triangle, zoom factor.

УДК 622.1:528.02

О.В. Долгих, Долгих Л.В. Дослідження способів спостереження за деформаціями денної поверхні, підробленої гірничими роботами

У статті розглянуті питання використання різних способів спостереження за деформаціями денної поверхні, розташованої над гірничими виробками. При відсутності повної характеристики про підземні гірничі роботи доцільно використовувати способи з визначенням просторового положення точок. Можливості сучасних приладів та програмного забезпечення диктують потребу в удосконаленні класичних методик спостереження за деформаціями. Використовуючи цифрові тахеометри для вимірювання довжин ліній та перевищень можна одночасно визначати не тільки планові координати, як пропонується в роботах деяких авторів, а й просторові. На ділянках, де неможливо було з різних причин розташувати профільні лінії перпендикулярно до прогнозованих обрушень, було перевірено планове положення реперів. Попередні спостереження на реперах профільних ліній, які виконувалися з використанням вимірювання відстаней та перевищень, давали величини горизонтальних та вертикальних деформацій, які не перевищували критичних величин. Але, враховуючи складні умови території, було прийнято рішення про використання паралельно й інших методів. По реперах були прокладні спеціальні полігонометричні ходи. Визначені координати реперів на останню дату були порівняні з попередніми, на початкову дату. Обчислені різниці координат реперів характеризують величини на напрями зрушення за певний період часу. В статті наведено приклад, коли відстань між реперами змінилася з величини 57,510 м до 57,630 м, тобто на 12 см, а координати реперів, між якими ця відстань визначалася, відповідно – на 760 мм та 570 мм.

Ключові слова: програмні засоби, деформації, нові прилади

А.В. Долгих, Долгих Л.В. Исследование способов наблюдения за деформациями дневной поверхности, подработанной горными работами

В статье рассмотрены вопросы использования различных способов наблюдения за деформациями дневной поверхности, расположенной над горными выработками. При отсутствии полной характеристики о подземных горных выработках целесообразно использовать способы с определением пространственного положения точек. Возможности современных приборов и программного обеспечения позволяют усовершенствовать классические методики наблюдений за деформациями. Используя цифровые тахеометры для измерения длин линий и превышений можно одновременно определять не только плановые координаты, как предлагается в работах некоторых авторов, а и пространственные. На участках, где невозможно было по разным причинам расположить профильные линии перпендикулярно к прогнозируемым обрушениям, было проверено плановое положение реперов. Предыдущие наблюдения на реперах профильных линий, которые выполнялись с использованием измерения расстояний и превышений, давали величины горизонтальных и вертикальных деформаций, которые не превышали критических величин. Но, учитывая сложные условия территории, были приняты решения об использовании параллельно и других методов. По реперам были проложены специальные полигонометрические ходы. Определены координаты реперов на последнюю дату были сопоставимы с предыдущими, на начальную дату. Вычисленные различия координат реперов характеризуют величины на направления сдвига за определенный период времени. В статье приведен пример, когда расстояние между реперами изменилась с величины 57,510 м до 57,630 м, то есть на 12 см, а координаты реперов, между которыми это расстояние определялось, соответственно – на 760 мм и 570 мм.

Ключевые слова: программные средства, деформации, новые приборы

O. V. Dolgikh, Dolgikh L.V. The research of ways of observation over deformations the surface which is deteriorated by mining works

There are questions of use of different ways of supervision over deformations of the surface located over mountain development are considered in this article. It is necessary to use the ways with definition of 3D provision of points at lack of a total characteristic of underground mining works. Possibilities of modern devices and the software dictate need for improvement of classical techniques of supervision over deformations. The use of digital tacheometers for measurement of lengths of lines and exceedings it is possible to define at the same time not only planned coordinates as it is offered in works of some authors and spatial. On sites where it was impossible to locate for various reasons profile lines perpendicularly to the predicted collapses, the planned provision of reference points was checked. The previous supervision on reference points of profile lines which were carried out with use of measurement of distances and exceeding, gave sizes of horizontal and vertical deformations which didn't exceed critical sizes. But, considering difficult conditions of the territory, decisions on use in parallel and other methods were made. On reference points the special polygonometric courses were laid. The coordinates of reference points for the last date were comparable with previous, for initial date. The calculated distinctions of coordinates of reference points characterize sizes on the directions of shift for a certain period of time. In example when distance between reference points changed from the size of 57,510 m to 57,630 m, that is on 12 cm, and coordinates of reference points between which this distance was defined, respectively – on 760 mm and 570 mm is given.

Keywords: software, strains, new appliances

УДК 622.34:550.343.6

Шолох М.В. Моделювання динамічних рядів прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині

Виконано стохастичне моделювання відособлених і взаємозалежних динамічних рядів для прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині родовища, покладу, рудного тіла або дільниці залізистих кварцитів. Відмічено, що основними перевагами стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є їх високі адаптивні властивості, точність прогнозування, а також можливість моделювання нестационарних динамічних рядів. Розглянуто методику моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Уявлення про гірничодобувне виробництво як динамічної системи і облік залежностей між об'ємно-якісними показниками окремих рівнів рудопотоків, пов'язаних гірничотехнологічними процесами, дозволило узагальнити методи прогнозування відособлених рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Успішне вирішення теоретичних питань у цій області, дозволило зменшити труднощі практичної реалізації методу, які обумовлені складністю оцінки параметрів таких багатомірних моделей і інтерпретації результатів моделювання. Виконаний аналіз використання багатомірних моделей на великому фактичному матеріалі дає позитивні результати. Розглянуто два підходи, які доцільно використати для моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Виконанні дослідження у значній мірі розширюють можливості методу прогнозування процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині в рудопотоках і дозволяють вірогідно оцінювати контрольовані якісні характеристики на періодах управління перевищуючи оперативні, істотно підвищуючи при цьому точність прогнозування. Видано рекомендації стосовно технології прогнозування з невеликими інтервалами дискретності.

Шолох Н.В. Моделирование динамических рядов прогнозирования качественных показателей руды и полезных ископаемых в рудном сырье

Выполнено стохастическое моделирование обособленных и взаимосвязанных динамических рядов для прогнозирования качественных показателей руды и полезных ископаемых в рудной сырье месторождения, залежи, рудного тела или участка железистых кварцитов. Отмечено, что основными преимуществами стохастических моделей процесса формирования качества руды и полезных ископаемых в рудной сырье является их высокие адаптивные свойства, точность прогнозирования, а также возможность моделирования нестационарных динамических рядов. Рассмотрена методика моделирования взаимосвязанных динамических рядов качества руды и полезных ископаемых в рудной сырье. Представление о горнодобывающее производство как динамической системы и учет зависимостей между объемно-качественными показателями отдельных уровней рудопотоков, связанных горно-технологическими процессами, позволило обобщить методы прогнозирования обособленных рядов качества руды и полезных ископаемых в рудной сырье на взаимосвязаны. Успешное решение теоретических вопросов в этой области, позволило уменьшить трудности практической реализации метода, которые обусловлены сложностью оценки параметров таких многомерных моделей и интерпретации результатов моделирования. Выполненный анализ использования многомерных моделей на большом фактическом материале дает положительные результаты. Рассмотрены два подхода, которые целесообразно использовать для моделирования взаимосвязанных динамических рядов качества руды и полезных ископаемых в рудной сырье. Выполнении исследования в значительной степени расширяют возможности метода прогнозирования процесса формирования качества руды и полезных ископаемых в рудной сырье в рудопотоках и позволяют достоверно оценивать контролируемые качественные характеристики на периодах управления превышая оперативные, существенно повышая при этом точность прогнозирования. Выданы рекомендации относительно технологии прогнозирования с небольшими интервалами дискретности

Sholokh M. V. Design of dynamic rows of prognostication of high-quality indexes of ore and minerals in ore raw material

Done stochastic modeling of separate and interrelated time series forecasting quality indicators for ore and minerals in ore deposits, deposit, ore body or station ferruginous quartzites. It is noted that the main advantages of stochastic models formation process as ore and minerals in the ore is their high adaptive properties of forecasting accuracy and the possibility of modeling non-stationary time series. The method of time series modeling interdependent as ores and minerals in the ore. Perceptions of mining production as a dynamic system and accounting relationships between volume-specific quality indicators ore flows levels associated mining and engineering processes, allowed to compile separate series forecasting methods as ores and minerals in the ore at interconnected. The successful resolution of theoretical questions in this area, has reduced the difficulties of practical implementation of the method, which are caused by the complexity of multidimensional parameter estimation models and interpretation of simulation results. The analysis using multidimensional models on extensive factual material gives positive results. Two approaches that are appropriate to use for simulation of interrelated time series as ores and minerals in the ore. Sources of substantially extend the process of forming prediction method as ore and minerals in the ore in ore flows and allow controlled reliably assess quality characteristics for periods exceeding the operational management, significantly increasing with precision forecasting. Issued recommendations on forecasting technology with small discrete intervals.

УДК 624.024-044.963

Настич О.Б., Хоруженко І.В., Колюка Т.В. Аналіз основних причин руйнування покрівельного килиму будівлі цеху підготовки рухомого складу швидкісного трамваю

Довговічність покрівлі - період часу, протягом якого покрівля зберігає працездатність. Довговічність визначається конкретними умовами експлуатації покрівлі, тобто впливом на неї комплексу кліматичних, механічних і інших агресивних чинників. Ці умови залежать від кліматичного району, місця розташування в конструкції, дотримання технологічних вимог при улаштування покрівлі, режиму експлуатації будівлі. Слід мати на увазі, що і ці умови в часі можуть змінюватися. Основне завдання при визначенні довговічності покрівлі зводиться до того, щоб визначити чинники її руйнування під час експлуатації, виявити шляхи їх усунення. Експлуатаційна придатність та довговічність плит покриття та кроквяних конструкцій промислових будівель та споруд в значній мірі залежать від стану покрівельного килиму покриття. В свою чергу стан м'якого килиму залежить від технології влаштування, від умов експлуа-

тації та від проведення своєчасного обстеження та проведення необхідних ремонтних робіт. В статті проаналізовано та досліджено публікації, де було розглянуто технологію улаштування м'яких бітумних покрівель, виявлення дефектів та пошкоджень покрівлі в умовах звичайної експлуатації, а також при експлуатації в умовах підвищених температур, з'ясування причин таких руйнувань, знаходження чинників, що впливають на експлуатаційні властивості м'якої бітумної покрівлі, а також встановлення технології та рекомендацій для усунення виявлених дефектів. Авторами статті було обстежено покрівлю будівлі цеху підготовки рухомих складів КП «Швидкісний трамвай», внаслідок чого було розроблено спеціальну методику усунення основних дефектів.

Ключові слова: м'яка покрівля, бітумна покрівля, руйнування та дефекти покрівлі, експлуатація покрівель

Настич О. Б., Хоруженко І. В., Колюка Т.В. Анализ основных причин разрушения кровельного ковра здания цеха подготовки подвижного состава скоростного трамвая

Долговечность кровли - период времени, в течение которого кровля хранит работоспособность. Долговечность определяется конкретными условиями эксплуатации кровли, т.е. влиянием на нее комплекса климатических, механических и других агрессивных факторов. Эти условия зависят от климатического района, места расположения в конструкции, соблюдение технологических требований при устройстве кровли, режима эксплуатации здания. Следует иметь в виду, что и эти условия во времени могут изменяться. Основное задание при определении долговечности кровли сводится к тому, чтобы определить факторы ее разрушения во время эксплуатации, выявить пути их устранения. Эксплуатационная пригодность и долговечность плит покрытия и стропильных конструкций промышленных зданий и сооружений в значительной степени зависят от состояния кровельного ковра покрытия. В свою очередь состояние мягкого ковра зависит от технологии устройства, от условий эксплуатации и от проведения своевременного обследования и проведения необходимых ремонтных работ. В статье проанализированы и исследованы публикации, где была рассмотрена технология устройства мягких битумных кровель, выявления дефектов и повреждений кровли в условиях обычной эксплуатации, а также при эксплуатации в условиях повышенных температур, выяснение причин таких разрушений, нахождения факторов, которые влияют на эксплуатационные свойства мягкой битумной кровли, а также установления технологии и рекомендаций для устранения выявленных дефектов. Авторами статьи была обследована кровля здания цеха подготовки подвижных составов КП "Скоростной трамвай", в результате чего была разработана специальная методика устранения основных дефектов.

Ключевые слова: мягкая кровля, битумная кровля, разрушение и дефекты кровли, эксплуатация кровли

Nastych O.B., Khoruzenko I.V., Koljuka T.V. Analysis of principal reasons of destruction of roofing carpet of building of workshop of preparation of mobile composition of speed streetcar

Longevity of roof is a period of time during which a roof keeps a capacity. Longevity is determined by concrete external of roof environments, i.e. by influence on her complex of climatic, mechanical and other aggressive factors. These terms depend on a climatic district, place of location in a construction, observance of technological requirements at arranging of roof, mode of exploitation of building. It is necessary to mean, what these terms can change in time. A basic task at determination of longevity of roof is taken to that, to define the factors of her destruction during exploitation, to reduce the ways of their removal. Service ability and longevity of flags of coverage and стропильных конструкций of industrial building and building largely depend on the state roof to the carpet of coverage. In turn the state soft to the carpet depends on technology of arranging, from external environments and from realization of timely inspection and realization of necessary workovers. In the article analysed and investigational to the publication, where technology of arranging of soft bituminous roofs, exposures of defects and damages of roof, was considered in the conditions of ordinary exploitation, and also during exploitation in the conditions of enhanceable temperatures, finding out of reasons of such destructions, being of factors, which influence on operating properties of soft bituminous roof, and also establishments of technology and recommendations for the removal of the educed defects. By the authors of the article the roof of building of workshop of preparation of mobile compositions of КП was inspected the "Speed streetcar", the special methods of removal of basic defects were worked out as a result.

Keywords: soft roof, bituminous roof, destruction and defects of roof, exploitation of roof

УДК 624.131

Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Богатинський А.В. Визначення оптимальної моделі поверхні осідання в задачах розрахунку плитних фундаментів на підроблювальних територіях

Нерівномірні деформації від підроблення проявляються у вигляді мульди зрушення, що виникає при перерозподілі напружень в зоні навколо виробки. Якнайточніше визначення кривої осідання мульди зрушення має важливе значення для задач розрахунку та проектування плитних фундаментів на підроблювальних територіях. Метою роботи являється знаходження оптимального рівняння кривої осідання для застосування його в задачах проектування та розрахунку плитних фундаментів на підроблювальних територіях. Форма, розміри мульди зрушення та її розташування залежать від товщини пласту, його кута падіння, розмірів виробленого простору. Розрахунок плитних фундаментів зводиться до визначення прогинів плити, а також згинаючих моментів та внутрішніх зусиль. Прогин плити в теорії розрахунку описується бігармонічним рівнянням, що містить подвійний оператор Лапласа. Будівельні нормативи передбачують радіусоподібне (фактично параболічне) викривлення земної поверхні від підроблення. При підстановці цієї моделі в бігармонічне рівняння вона спрощується (четверта похідна дорівнює нулю). Це означає, що викривлення від підробітки не буде мати вплив на викривлення плити, що не відповідає дійсності. Тому постає питання знаходження такої математичної моделі мульди зрушення, що було б доцільніше застосовувати в задачах розрахунку. Доцільні моделі кривої осідання є в теорії зрушення гірських порід та маркшейдерії. Було проведено порівняння математичних моделей кривої мульди осідання з визначенням найоптимальнішої. Найбільшу відповідність до будівельних норм, згідно проведених досліджень показує модель кривої осідання за С.Г. Авершиним (величина достовірності апроксимації найбільша).

Порівнюються відомі моделі поверхні осідання з метою визначення найоптимальнішої для задачі розрахунку та проектування плитних фундаментів на підроблювальних територіях з огляду на існуючі будівельні норми.

Ключові слова: мульда осідання, розрахунок плитних фундаментів, підроблювальні території.

Тимченко Р.А., Кришко Д.А., Богатынский А.В. Определение оптимальной модели поверхности оседания в задачах расчёта плитных фундаментов на подрабатываемых территориях

Неравномерные деформации от подделки проявляются в виде мульды сдвига, который возникает при перераспределении напряжений в зоне вокруг выработки. Точнейшее определение кривой оседания мульды сдвига имеет важное значение для задач расчета и проектирования плитных фундаментов на подделочных территориях. Целью работы является нахождение оптимального уравнения кривой оседания для применения его в задачах проектирования и расчета плитных фундаментов на подделочных территориях. Форма, размеры мульды сдвига и ее расположения зависят от толщины пласту, его угла падения, размеров выработанного пространства. Расчет плитных фундаментов сводится к определению прогибов плиты, а также сгибающим моментам и внутренним усилиям. Прогиб плиты в теории расчета описывается бигармоническим уравнением, что содержит двойной оператор Лапласа. Строительные нормативы предусматривают радиусоподібне (фактически параболическое) искривление земной поверхности от подделки. При подстановке этой модели в бигармоническое уравнение она упрощается (четвертая производная равняется нулю). Это значит, что искривление от подработок не будет иметь влияние на искривление плиты, которая не отвечает действительности. Поэтому появляется вопрос нахождения такой математической модели мульды сдвига, который был бы целесообразнее применять в задачах расчета. Целесообразные модели кривой оседания есть в теории сдвига горных пород и маркшейдерии. Было проведено сравнение математических моделей кривой мульды оседания с определением самой оптимальной. Наибольшее соответствие со строительными нормами, согласно проведенных исследований показывает модель кривой оседания за С.Г. Авершиным (величина достоверности аппроксимации наибольшая).

Сравниваются известные модели поверхности оседания с целью определения самой оптимальной для задачи расчета и проектирования плитных фундаментов на подделочных территориях, учитывая существующие строительные нормы.

Ключевые слова: мульда оседания, расчет плитных фундаментов, подрабатываемые территории.

Timchenko R.O., Krishko D.A., Bogatynsky A.V. Subsidence surface optimum model definition in problems of slab foundation calculation on undermined territories

Non-uniform undermining deformations are shown as subsidence mold. It arises from strains redistribution in area around mine working. Most complete subsidence mold curve determination has important value for slab foundation calculation and design problem on undermined territories. The guidelines approximate subsidence curve as parabola as well as in survey it has more correct math description. Optimum subsidence curve equation for it using in slab foundation on undermined territories calculation and design problems was our aim. Subsidence mold shape, dimensions and disposition depend on layer thickness, crash angle and excavation dimensions. In case of horizontal layer bedding and its considerable depth subsidence mold has symmetrical shape. Slab foundation calculation reduces to foundation sag determination as well as bending moments and internal forces. The guidelines envisage radial (with curve radius R) surface curvature by undermining. Round foundation bend is described by biharmonic equation. Two Laplace's operators' availability expects fourth order derivative availability. Obviously fourth order derivative is equal to zero. It means undermining curvature will not influence on slab bend. It doesn't correspond to the facts. Comparing subsidence mold math models and defined optimum one. S.G. Avershin's subsidence curve model is the most appropriate to building guidelines (approximation verification value is the biggest) according to author's investigation.

Well-known subsidence surface models are compared for the purpose of optimum model definition for problem of slab foundation calculation on undermined territories.

Key words: subsidence mold, расчет slab foundation calculation, undermined territories.

УДК 622.023

Рудь Ю.С., Белоножко В. Ю., Олейник С. Ю. Оценка механических характеристик горных пород на стадии проектирования горнодобывающего предприятия

В работе ставится задача на основе модели кристаллического строения горных пород разработать метод оценки их механических характеристик, в т.ч. предела прочности горной породы $\sigma_{сж}$ и модуля продольной упругости E .

Модель кристаллического строения вещества основана на ионной связи и характерна для значительной части горных пород, например для магнетита. Кубическая кристаллическая решетка магнетита сформирована анионами кислорода O_{2-} , с которыми соединены катионы железа Fe_{3+} и Fe_{2+} .

На основе модели кристаллического строения вещества разработан метод оценки механических характеристик горных пород, в т.ч. предела прочности и модуля продольной упругости горной породы. Прогнозная оценка механических характеристик горных пород по предлагаемой методике позволяет в дальнейшем исключить принятие грубых ошибочных технологических решений при проектных работах по добыче полезных ископаемых.

Для значительной части горных пород, в т.ч. и для магнетита, на примере которого показано прикладное значение разработанного авторами метода, характерна ионная связь между атомами [8,9]. В кристаллах породы наблюдается ионная связь между положительными и отрицательными ионами. Ионы образуют кристаллическую решетку за счет того, что кулоновское отталкивание между ионами одного знака меньше, чем кулоновское притяжение между ионами противоположного знака.

Прогнозная оценка механических характеристик горных пород по предлагаемому методу позволяет исключить принятие грубых ошибочных технологических решений при проектных работах по добыче полезных ископаемых, сократить период подготовительных работ по проектированию горных предприятий.

Ключевые слова: горные породы, магнетит, механические характеристики, модель, кристалл, ион, предел прочности.

Рудь Ю.С., Белоножко В. Ю., Олійник С. Ю. Оцінка механічних характеристик гірських порід на стадії проектування гірничодобуваного підприємства

У роботі ставиться завдання на основі моделі кристалічної будови гірських порід розробити метод оцінки їх механічних характеристик, у т.ч. межі міцності гірської породи $\sigma_{сж}$ і модуля подовжньої пружності E .

Модель кристалічної будови речовини заснована на іонному зв'язку і характерна для значної частини гірських порід, наприклад для магнетиту. Кубічна кристалічна решітка магнетиту сформована аніонами кисню O_{2-} , з якими сполучені катіони заліза Fe_{3+} і Fe_{2+} .

На основі моделі кристалічної будови речовини розроблений метод оцінки механічних характеристик гірських порід, у т.ч. межі міцності і модуля подовжньої пружності гірської породи. Прогнозна оцінка механічних характеристик гірських порід за пропонованою методикою дозволяє надалі виключити ухвалення грубих помилкових технологічних рішень при проектних роботах по видобутку корисних копалин.

Для значної частини гірських порід, у т.ч. і для магнетиту, на прикладі якого показано прикладне значення розробленого авторами методу, характерний іонний зв'язок між атомами [8,9]. У кристалах породи спостерігається іонний зв'язок між позитивними і негативними іонами. Іони утворюють кристалічну решітку за рахунок того, що кулонівське відштовхування між іонами одного знаку менше, ніж кулонівське тяжіння між іонами протилежного знаку.

Прогнозна оцінка механічних характеристик гірських порід по пропонованому методу дозволяє виключити ухвалення грубих помилкових технологічних рішень при проектних роботах по видобутку корисних копалин, скоротити період підготовчих робіт по проектуванню гірських підприємств.

Ключові слова: гірські породи, магнетит, механічні характеристики, модель, кристал, іон, межа міцності.

Rud Yu. S., Belonozhko V. Yu., Olejnik S. Yu. Estimation of mechanical descriptions of mountain breeds on the stage of planning of mining enterprise

In the work the task based on the model of the crystal structure of rocks develop a method of evaluation of their mechanical properties, including the tensile strength of the rock $\sigma_{сж}$ and elastic modulus E.

Model of the crystalline structure of matter based on ionic bonding, and for much of the rocks, such as magnetite. Cubic crystal lattice of magnetite formed oxygen anions O_{2-} , which are connected by iron cations Fe_{3+} and Fe_{2+} .

Based on the model of the crystal structure of matter we developed a method of evaluating the mechanical characteristics of rocks, including tensile strength and elastic modulus of the rock. Predictive estimate the mechanical characteristics of the rocks on the proposed method makes it possible to exclude the adoption of further grave error technological solutions for project work in mining.

For considerable part of mountain breeds, including and for magnetite, on the example of which the applied value of the method worked out by authors is shown, ionic connection is characteristic between atoms [8,9]. In the crystals of breed there is ionic connection between positive and negative ions. Ions form a crystalline grate due to that the coulomb pushing away less than, than coulomb attraction between the ions of opposite sign between the ions of one sign.

The prognosis estimation of mechanical descriptions of mountain breeds on the offered method allows to eliminate the acceptance of rough erroneous technological decisions at project works on mining, to shorten the period of first-minings on planning of mountain enterprises.

Keywords: rock, magnetite, mechanical characteristics, model, crystal, ion, tensile strength.

УДК 622.23.05-049.32

Хруцкий А.О., Слатвинский М.М., Чумак Ю.И. Прогрессивные методы восстановления деталей горных машин

В статье рассмотрены прогрессивные направления и методы восстановления деталей горных машин, проведен их анализ, отмечены достоинства и области применения каждого из направлений. В результате анализа современных методов ремонта выделены 3 основных направления: технологии плазменного и газового напыления, мобильные ремонтные комплексы, применение полимерных материалов и металлокерамики. Детали, восстановленные рассмотренными видами напыления, по своим физико-механическим свойствам превосходят новые детали. Применение мобильных ремонтных комплексов позволяет значительно снизить затраты на ремонт за счет уменьшения времени на подготовительные операции поскольку нет необходимости проводить полный демонтаж ремонтируемого оборудования, однако пока технология восстановления ограничивается наплавкой в среде инертных газов. Применение полимерных клеев для соединения деталей при ремонте позволяет восстановить первоначальные геометрические размеры разрушенной детали, обеспечивая работоспособность конструкций при контакте с органическими растворителями, агрессивными средами (кислоты, щелочи и др.) в широком интервале температур и давлений. Применение металлокерамики позволяет восстанавливать детали машин иногда без разборки узлов, однако применение этих методов восстановления приводит к изменениям структуры металла и невозможности в дальнейшем применения других методов восстановления.

Ключевые слова: восстановление деталей машин, технология плазменного напыления, технология газового напыления, электроискровое легирование, финишное плазменное упрочнение, плазменно-дуговая наплавка, плазменная модификация, газопламенное напыление покрытий, высокоскоростное напыление HVOF, HVAF, детонационно-газовый метод напыления, мобильные ремонтные комплексы, полимерные клеи, металлокерамические покрытия.

Хруцкий А.О., Слатвінський М.М., Чумак Ю.І. Прогресивні методи відновлення деталей гірничих машин

У статті розглянуті прогресивні напрями і методи відновлення деталей гірничих машин, проведено їх аналіз, відмічені переваги і сфери застосування кожного з напрямів.

У результаті аналізу сучасних методів ремонту виділені 3 основні напрями: технології плазмового і газового напылення, мобільні ремонтні комплекси, застосування полімерних матеріалів і металокерамічних покриттів.

Деталі, відновлені розглянутими видами напылення, за своїми фізико-механічними властивостями перевершують нові деталі.

Застосування мобільних ремонтних комплексів дозволяє значно знизити витрати на ремонт за рахунок зменшення часу на підготовчі операції оскільки немає необхідності проводити повний демонтаж ремонтного устаткування, проте доки технологія відновлення обмежується тільки наплавленням у середовищі інертних газів.

Застосування полімерних клеїв для з'єднання деталей при ремонті дозволяє відновити первинні геометричні розміри зруйнованої деталі, забезпечуючи працездатність конструкцій при контакті з органічними розчинниками, агресивними середовищами в широкому інтервалі температур і тисків.

Застосування металокераміки дозволяє відновлювати деталі машин іноді без розбирання вузлів, проте застосування цих методів відновлення приводить до змін структури металу і неможливості надалі застосування інших методів відновлення.

Ключові слова: відновлення деталей машин, технологія плазмового напилення, технологія газового напилення, електроискрове легування, фінішне плазмово зміцнення, плазмено-дугове наплавлення, плазмова модифікація, газополум'яне напилення покриттів, високошвидкісне напилення HVOF, HVOF, HVOF, HVOF, детонаційно-газовий метод напилення, мобільні ремонтні комплекси, полімерні клеї, металокерамічні покриття.

Khrutskiy A.A., Slatvinskyi N.N., Chumak YU.I. Advanced methods of mining machinery parts restoration

The article deals with review and analysis of advanced trends and methods of mining machinery parts restoration. Advantages and areas of application of each trend are discussed. As follows from the analysis of modern methods, there are three main trends: plasma and gas spraying, mobile repair complexes, and application of polymers and metal ceramic materials. The parts, which are restored by the types of spraying mentioned above, possess better physical and mechanical properties than the new parts do. The application of mobile repair units enables repair costs cutting by reducing preparation time and, as a result, there is no need to carry out complete removal of the equipment to be repaired. Although the restoration technology is reduced to welding in inert gases environment. The use of polymeric adhesives for joining parts enables restoring the original geometric dimensions of the destroyed parts, providing a workable design in contact with organic solvents, corrosive fluids (acids, alkalis, and others) over a wide range of temperatures and pressures. In some cases the application of metal ceramic materials allows restoring machine parts without disassembling machine components, but the use of these methods leads to the changes in metal structure and the inadaptability of other restoration methods in the future.

Keywords: renewal of details of machines, technology of plasma напилення, technology of gas напилення, electro-spark alloying, finish plasma work - hardening, plasma is arc на плавка, plasma modification, flame spraying of coverages, high-speed on пыление of of HVOF, HVOF, HVOF, HVOF, detonation are gas method of напилення, mobile repair complexes, polymeric glues, ceramet coverages.

УДК 681.5:622.2

Моркун В. С., Тронь В. В., Паранюк Д. И. Идентификация нейро-нечетких структур для системы адаптивного управления процессом бурения с идентификатором модели объекта

Повысить качество автоматизированного управления технологическими процессами на различных этапах добычи и переработки железорудного сырья можно посредством использования в процессе управления оперативной информации о технологическом процессе. При этом, информация о ходе технологического процесса может быть получена как путем непосредственного измерения, так и с применением математической модели. Поскольку характеристики процесса бурения имеют случайный нестационарный характер, целесообразно при синтезе управления данным процессом использовать методы адаптивного управления с идентификатором модели объекта. Задачей работы является исследование методов формирования модели для системы адаптивного управления процессом бурения с идентификатором объекта управления. В условиях достаточно быстро изменяющихся показателей процесса бурения скважин целесообразно использовать стратегию двухуровневого адаптивного управления, которая заключается в одновременном исследовании процесса бурения и управлении данным процессом. Реализация подсистемы прогнозирования осуществлялась на основе адаптивной нейро-нечеткой системы. Используемая нейро-нечеткая система реализует нечеткий вывод Сугено в виде пятислойной нейронной сети прямого распространения сигнала, первый слой которой содержит термы входных переменных: текущего значения сигнала и его задержанные значения. Отмечено, что вид функции принадлежности не оказал существенного воздействия на результат прогнозирования. При обработке и анализе текущей информации об оперативных характеристиках процесса бурения и формировании адаптивного управления целесообразно применение нейро-нечетких структур с двумя Гауссовыми функциями принадлежности термов для каждой переменной и тремя-четырьмя задержанными входами.

Ключевые слова: автоматизация бурения, нейро-нечеткая модель, адаптивное управление.

Моркун В. С., Тронь В. В., Паранюк Д. И. Идентификация нейро-нечетких структур для системы адаптивного управления процессом бурения с идентификатором модели объекта

Підвищити якість автоматизованого управління технологічними процесами на різних етапах видобутку та переробки залізорудної сировини можна за допомогою використання в процесі управління оперативної інформації про технологічний процес. При цьому, інформація про хід технологічного процесу може бути отримана як шляхом безпосереднього вимірювання, так і з застосуванням математичної моделі. Оскільки характеристики процесу буріння мають випадковий нестационарний характер, доцільно при синтезі управління даним процесом використовувати методи адаптивного керування з ідентифікатором моделі об'єкта. Завданням роботи є дослідження методів формування моделі для системи адаптивного керування процесом буріння з ідентифікатором об'єкта керування. В умовах досить швидко змінюваних показників процесу буріння свердловин доцільно використовувати стратегію дворівневого адаптивного керування, яка полягає в одночасному дослідженні процесу буріння і керуванні даним процесом. Реалізація підсистеми прогнозування здійснювалась на основі адаптивної нейро-нечіткої системи. Використовувана нейро-нечітка система реалізує нечіткий висновок Сугено у вигляді п'ятишарової нейронної мережі прямого поширення сигналу, перший шар якої містить терми вхідних змінних: поточного значення сигналу і його затримані значення. Відзначено, що вид функції належності не зчинив істотного впливу на результат прогнозування. При обробці і аналізі поточної інформації про оперативні характеристики процесу буріння і формуванні адаптивного управління доцільне застосування нейро-нечітких структур з двома Гауссовими функціями належності термів для кожної змінної і трьома-чотирма затриманими входами.

Ключові слова: автоматизація буріння, нейро-нечітка модель, адаптивне управління.

Morkun V. S. Tron V. V. Paraniuk D. I. Identification of the neuro-fuzzy system structures for adaptive control of drilling process with the identifier of the object model

Improving the quality of the automated process control at different stages of production and processing of iron ore can be realized through the use in the control of operational information about the process. In this case, the information on the process can be obtained either by direct measurement or by using a mathematical model. Since the characteristics of the drilling process are random and non-stationary, it is advisable to use adaptive control methods with the identifier of the object model in control synthesis of this process. The objective is to study methods of forming a model for the system of adaptive control of drilling process with the identifier of the control object. In the context of rapidly changing performance drilling process, it is advisable to use a two-tier strategy of adaptive control, which involves the simultaneous study of the drilling process and the control of this process. Implementation of forecasting subsystem implemented on the basis of adaptive neuro-fuzzy system. Used neuro-fuzzy system implements Sugeno fuzzy inference in the form of a five-layer neural network of direct propagation of the signal, the first layer of which contains the terms of the input variables: the current value of the signal and its delayed values. It is noted that the views of the membership function does not have a material impact on the prediction result. In processing and analysis of information about the operational characteristics of the drilling process and the formation of adaptive control using of neuro-fuzzy structures with two terms of Gaussian membership functions for each variable and three or four delayed inputs was recommended.

Keywords: automation of drilling, neuro-fuzzy model, adaptive control.

УДК 332.6

Малашевський М.А., Мельник Л.В. Методика визначення наднормативних площ земельних ділянок промислових підприємств

У статті особливу увагу приділено знаходженню нових механізмів для вирішення питання неефективного використання земель в межах населених пунктів. На сьогодні в Україні виникає необхідність врегулювання економічної ефективності від використання земельних ресурсів. За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш інтенсивно використовуються землі житлової та громадської забудови та землі промисловості. Оскільки для житлової забудови існують нормативи визначення нормативної площі земельної ділянки, то для земель промисловості ні. Розглянуто деякі аспекти знаходження нових підходів раціонального використання земель в межах населених пунктів. Звернуто увагу на неоднозначність існуючих положень земельного законодавства в розрізі податкового регулювання земельних відносин та тих що втратили чинність. На основі проведених досліджень встановлено необхідність у побудові математичної моделі визначення необхідної та наднормативної площі земельної ділянки промислового підприємства. Запропоновано математичну модель, яка дозволяє вирішити поставлену задачу, а саме - за допомогою методів дисперсійного аналізу. Обґрунтовано вибір функціонального виду регресії, що ґрунтується на теоретичному аналізі суті зв'язків. Встановлено, що основною технічною характеристикою промислового підприємства є його потужність. Описано послідовність розрахунків визначення математичної залежності між потужністю підприємства та його площею, а також оцінки точності отриманих результатів за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу. Запропонована модель обчислення наднормативної площі земельної ділянки промислового підприємства дасть можливість в прийнятті додаткових рішень по покращенню раціонального використання системи землекористування населених пунктів.

Ключові слова: земельні ділянки ринок землі, математична модель, дисперсійний аналіз.

Малашевский М. А., Мельник Л. В. Методика определения сверхнормативных площадей земельных участков промышленных предприятий

В статье особое внимание уделено нахождению новых механизмов для решения вопроса неэффективного использования земель в пределах населенных пунктов. На сегодняшний день в Украине возникает необходимость урегулирования экономической эффективности от использования земельных ресурсов. По результатам проведенных исследований установлено, что наиболее интенсивно используются земли жилой и общественной застройки и земли промышленности. Поскольку для жилой застройки существуют нормативы определения нормативной площади земельного участка, то для земель промышленности нет. Рассмотрены некоторые аспекты нахождения новых подходов рационального использования земель в пределах населенных пунктов. Обращено внимание на неоднозначность существующих положений земельного законодательства в разрезе налогового регулирования земельных отношений и тех что уже не действуют. На основе проведенных исследований установлена необходимость в построении математической модели определения необходимой и сверхнормативной площади земельного участка промышленного предприятия. В статье предложена математическая модель, которая позволяет решить поставленную задачу, а именно с помощью методов дисперсионного анализа. Обоснован выбор функционального вида регрессии, основанный на теоретическом анализе сути связей. Установлено, что основной технической характеристикой промышленного предприятия является его мощность. Описаны последовательность расчетов определения математической зависимости между мощностью предприятия и его площадью, а также оценки точности полученных результатов с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Предложенная модель вычисления сверхнормативной площади земельного участка промышленного предприятия позволит в принятии дополнительных решений по улучшению рационального использования системы землепользования населенных пунктов.

Ключевые слова: земельные участки рынок земли, математическая модель, дисперсионный анализ.

Malashevskiy M.A., Melnik L.V. Methods of determination of сверхнормативных areas of lot lands of industrial enterprises

In the article special attention is paid to finding new mechanisms to resolve the issue of ineffective land use within settlements. Today in Ukraine there is a need to address the economic efficiency of land use. The results of the studies show that residential and public development land and industrial land is most intensively used. Residential development land is subject to the regulations defining the regulatory area of land, but it doesn't work for industry land. Some aspects of the new approaches to rational use of land within settlements are considered. Attention is paid to the ambiguity of existing regulations

and land legislation in terms of tax regulation of land relations and those ceased to be in force. Based on researches conducted, it was found that there is a necessity in building a mathematical model of the required and excessive land area of an industrial enterprise. The article presents a mathematical model that allows solving the problem, namely using the methods of analysis of variance. The article gives ground for selection of a functional type of regression based on a theoretical analysis of the connection content. It is established that the basic technical characteristics of an industrial enterprise is its capacity. The article describes the sequence of calculations for determining the mathematical relationship between the capacity of the enterprise and its area, as well as the accuracy assess of the results obtained using univariate analysis of variance. The suggested model of excess land plot area of industrial enterprises calculation will allow making additional decisions to improve the rational land use system in settlements.

Keywords: lot lands market of earth, mathematical model, analysis of variance.

УДК 622.271

Жуков С.А., Кальчук С.В., Шлапак В.А. Обґрунтування параметрів бурових робіт при видобуванні блочного облицювального каменю статичними методами

Розглянуто чинники, що впливають на оцінку якості виконання бурових робіт при підготовці кам'яних блоків до виймання. Обґрунтовано оптимальні параметри буріння, за яких досягається висока якість підготовки блоків каменю до виймання та співвідношення значень азимутального й зенітного кутів просторової орієнтації осі шпуру. Наведений у статті аналіз літературних джерел вказує на наявність значної кількості емпіричних формул, за якими здійснюється визначення та розрахунок основних геометричних і силових параметрів процесу відокремлення блоків шпуровими методами. Спільним для цих методик розрахунку є врахування геометричних параметрів процесу руйнування гірських порід, оскільки вони є не менш важливими, ніж фізико-технічні властивості каменю. Розроблені рядом авторів методики розрахунку є наближеними та потребують уточнення при дослідно-промисловій розробці в умовах конкретного родовища. Наявні розрахунки передбачають ідеалізовані геометричні параметри з точним дотриманням орієнтації осей шпурів щодо площини наміченого відколу. Зазначені методики не враховують можливі діапазони допустимих змін параметрів шпурів, що потребує проведення додаткових досліджень з визначення рівня достатньої точності проведення бурових робіт. В сучасних умовах технології буріння стрічки шпурів при підготовці блоків каменю до виймання основним чинником, який суттєво впливає на якість виконання цієї операції, є азимутальні та зенітні кути нахилу осей шпурів. При цьому першочерговий вплив на якість відколу справляє азимутальний кут орієнтації шпуру. Найбільш небажаним для процесу відколу є азимутальний нахил шпура по відношенню до лінії відколу на 90° , оскільки за такого значення якість буріння буде погіршуватися, починаючи вже від $0,21^\circ$ нахилу зенітного кута. При діапазоні азимутального кута від 0 до $5,5^\circ$ вплив відхилення зенітного кута на якість буріння майже нівелюється і тому ці значення є рекомендованими для технології процесу буріння. Зенітне відхилення шпуру в площині відколу ($\varphi=0^\circ$) не зменшує значення рівня ослаблення площини відколу та з точки зору силових параметрів процесу не здійснює відчутного впливу на ефективність відколу каменю статичними методами.

Ключові слова: шпури, блоки, природний камінь, буріння, азимутальні та зенітні кути, технологічні операції.

Жуков С.А., Кальчук С.В., Шлапак В.А. Обоснование параметров буровых работ при добыче блочного облицовочного камня статическими методами

Рассмотрены факторы, влияющие на оценку качества буровых работ при подготовке каменных блоков к выемке. Обоснованы оптимальные параметры бурения, при которых достигается высокое качество подготовки блоков камня к выемке и соотношение значений азимутального и зенитного углов пространственной ориентации оси шпура. Приведенный в статье анализ литературных источников указывает на наличие значительного количества эмпирических формул, по которым осуществляется определение и расчет основных геометрических и силовых параметров процесса отделения блоков шпуровыми методами. Общим для этих методик расчета является учет геометрических параметров процесса разрушения горных пород, поскольку они не менее важны, чем физико-технические свойства камня. Разработанные рядом авторов методики расчета являются приближенными и требуют уточнения при опытно-промышленной разработке в условиях конкретного месторождения. Имеющиеся расчеты предусматривают идеализированные геометрические параметры с точным соблюдением ориентации осей шпуров по плоскости намеченного откола. Указанные методики не учитывают возможные диапазоны допустимых изменений параметров шпуров, что требует проведения дополнительных исследований по определению уровня достаточной точности проведения буровых работ. В современных условиях технологии строчечного бурения шпуров при подготовке блоков камня к выемке основным фактором, который существенно влияет на качество выполнения этой операции, являются азимутальные и зенитные углы наклона осей шпуров. При этом первоочередное влияние на качество скола оказывает азимутальный угол ориентации шпура. Наиболее нежелательным для процесса скола является азимутальный наклон шпура по отношению к линии скола на 90° , поскольку при таком значении качество бурения будет ухудшаться, начиная уже с $0,21^\circ$ наклона зенитного угла. При диапазоне азимутального угла от 0 до $5,5^\circ$ влияние отклонения зенитного угла на качество бурения почти нивелируется и поэтому эти значения являются рекомендуемыми для технологии бурения. Зенитное отклонение шпура в плоскости откола ($\varphi = 0^\circ$) не снижает значения уровня ослабления плоскости скола и с точки зрения силовых параметров процесса не оказывает ощутимого влияния на эффективность откола камня статическими методами.

Ключевые слова: шпуры, блоки, природный камень, бурение, азимутальные и зенитные углы, технологические операции.

Zhukov S.A., Kalchuk S.V., Shlapak V.A. Substantiation of parameters of drilling operations during the extraction of dimension facing stone of static methods

The factors influencing on quality assessment of drilling operations in the preparation of the dimension stones to the excavation were substantiated. Proved optimum drilling parameters that achieves high quality of the dimension stones to the excavation, and the ratio of the parameters of azimuth and zenith angle of inclination of the axis of the borehole. Powered by article analysis of literature indicates that there is a considerable amount of empirical formulas, on which the definition and calcula-

tion of basic geometrical and power parameters of blocks separating process means boreholes drilling. Common to all these methods of calculation is the account of the geometric parameters of the process of destruction of rocks, as they are no less important than the physical and technical properties of the stone. Developed a number of authors calculation method are approximate and should be clarified at the pilot development in a particular field. Available calculations include idealized geometric parameters to exact orientation of the axes of boreholes on a plane scheduled spalling. These methods do not take into account the possible ranges of acceptable change of parameters of boreholes that require additional research to determine the level of accuracy sufficient drilling operations. In modern conditions the stitch boreholes drilling technology in the preparation of the stone blocks to recess the main factor that significantly affects the quality of this operation are the azimuth and zenith angles of the axes of the boreholes. This priority impact on the quality of the cleavage has an azimuth angle of the boreholes orientation. The most undesirable for the cleavage process is the azimuth of the boreholes inclination relative to the line of cleavage to 90°, since at such values will deteriorate the quality of drilling, starting with 0,21° zenith angle of inclination. When the range of the azimuth angle from 0 to 5,5° influence deviations zenith angle drilling quality is almost leveled, and therefore these values are recommended for drilling technology. Zenith deviation of the boreholes in the plane of spalling ($\alpha = 0^\circ$) did not reduce the level of attenuation values of the cleavage plane and in terms of power parameters of the process has no appreciable effect on the efficiency of chipping stone static methods.

Keywords: boreholes, blocks, natural stone, drilling azimuth and zenith angles, technology processes.

УДК 622.87 :613.6.06

Швагер Н.Ю., Заїкіна Д.П. Аналіз професійної захворюваності на гірничо-видобувних підприємствах Кривбасу
Сучасна технологія підземного і відкритого видобутку руди, виробництва металу неминує пов'язана з забрудненням повітря робочої зони шкідливими речовинами, наявністю на робочих місцях шумо- й вібронебезпечного обладнання, немеханізованого або маломеханізованого трудового процесу.

Необхідно відзначити, що динаміка професійної захворюваності не проглядається певною тенденцією до зниження або до збільшення, що затрудняє виявлення основних, можливо прихованих, причин явища. Статистика свідчить, що отримують професійні захворювання, здебільшого, працівники, що мають вік за 40 років, стаж роботи яких, в гірничий промисловості, перевищує 15-20 років і зайняті управлінням або обслуговуванням гірничо-транспортного обладнання, що вичерпав ресурс роботи.

Рівень професійної захворюваності по місту значно перевищує аналогічні показники захворюваності по Дніпропетровській області та Україні.

Вимагають вирішення основні проблемні питання професійної захворюваності: поліпшення умов праці на виробництві шляхом впровадження сучасних технологій; залучення наукового потенціалу міста до вирішення проблемних питань поліпшення умов праці; розробку сучасних комплексних планів оздоровчих заходів на виробництві з урахуванням конкретних показників професійної захворюваності; підвищення якості профпатологічної допомоги працюючому населенню міста.

Ключові слова: сучасні технології, професійна патологія, гірничовидобувні підприємства, шкідливі умови праці.

Швагер Н.Ю., Заїкіна Д.П. Анализ профессиональной заболеваемости на горнодобывающих предприятиях Кривбасса

Современная технология подземной и открытой добычи руды, производства металла неизбежно связана с загрязнением воздуха рабочей зоны вредными веществами, наличием на рабочих местах шумо- и виброопасного оборудования, немеханизированного или маломеханизированного трудового процесса.

Необходимо отметить, что динамика профессиональной заболеваемости не просматривается определенной тенденцией к снижению или к увеличению, что затрудняет выявление основных, возможно скрытых, причин явления. Статистика свидетельствует, что получают профессиональные заболевания, по большей части, работники, которые имеют возраст по 40 лет, стаж работы которых, в горной промышленности, превышает 15-20 лет и занятые управлением или обслуживанием горно-транспортного оборудования, что исчерпал ресурс работы.

Уровень профессиональной заболеваемости по городу значительно превышает аналогичные показатели заболеваемости по Днепропетровской области и Украине.

Требуют решения основные проблемные вопросы профессиональной заболеваемости: улучшение условий труда на производстве путем внедрения современных технологий; привлечение научного потенциала города к решению проблемных вопросов улучшения условий труда; разработку современных комплексных планов оздоровительных мероприятий на производстве с учетом конкретных показателей профессиональной заболеваемости; повышение качества профпатологической помощи работающему населению города.

Ключевые слова: современные технологии, профессиональная патология, горнодобывающие предприятия, вредные условия труда.

Shvager N. Ju., Zaikina D. P. Analysis of professional morbidity on the mining enterprises of Krivbass

Modern technology of underground and open booty of ore, productions of metal unavoidable related to contamination of air of working area by harmful matters, presence on the workplaces of шумо- and vibrodangerous equipment, unmechanized or маломеханізованого of labour process.

It is necessary to mark that the dynamics of professional morbidity is not looked over by a certain tendency to the decline or to the increase, that затрудняє exposure of the principal, reasons of the phenomenon possibly hidden. Statistics testifies that get professional diseases, mostly, workers, which have age for 40 years, experience of work of which, in mountain to industry, exceeds 15-20 years and busy a management or maintenance of a горно-транспортного equipment, that exhausted the resource of work.

The level of professional morbidity on a city considerably exceeds the analogical indexes of morbidity on the Dnipropetrovsk area and Ukraine.

The basic problem questions of professional morbidity require a decision: improvement of terms of labour on a production by introduction of modern technologies; bringing in of scientific potential of city to the decision of problem questions of im-

provement of terms of labour; development of modern complex plans of health measures on a production taking into account the concrete indexes of professional morbidity; upgrading of профпатологічної help to the working population of city.

Keywords: modern technologies, professional pathology, mining enterprises, harmful terms of labour.

УДК 001.57: 681.5.015

Мацуй А.М. Обґрунтування підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора

Відсутність достатньо точної уяви про закономірність розташування матеріалу між двома сусідніми витками спіралі класифікатора (піскового тіла) стримує підвищення якості автоматичного керування першою стадією подрібнення вихідної руди, що стає причиною значних економічних збитків в наслідок перевитрачання електричної енергії, куль і футеровки. Розв'язання даної науково-технічної задачі складає актуальність даної публікації. Її метою є розроблення підходу математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла спірального класифікатора. Піскове тіло механічного спірального класифікатора можна подати як складене з частин циліндра і зрізаної піраміди, яка знаходиться зверху. Можливість точного визначення об'єму цих складових гарантує отримання високої точності вимірювання. Визначення об'єму вказаних складових передбачає вимірювання висоти пісків вздовж вертикалі, що проходить через саму нижню точку контакту циліндричної постелі і крайки подаючого витка спіралі. Частина циліндра можна змінювати у цьому ж напрямку на невелику висоту. Тоді піскове тіло можна подати як складене з горизонтальних шарів матеріалу, куди ввійдуть і такі ж шари, що являють собою зрізану піраміду. З іншого боку, піскове тіло можна поділити вертикальними площинами на елементарні складові за його довжиною. У запропонованому підході передбачена можливість визначення об'єму елементарних складових, які створюють вертикальні стовпчики матеріалу, об'єми яких характеризують закономірність розташування пісків вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При малих і середніх значеннях циркулюючого навантаження механічний спіральний класифікатор працює в області піскового тіла, що знаходиться у формі частини циліндра. Якщо циркулююче навантаження збільшується, відбувається перехід в область піскового тіла, що відноситься за формою пісків до зрізаної піраміди. В процесі досліджень запропоновано підхід математичного моделювання закономірностей розташування матеріалу вздовж піскового тіла механічного спірального класифікатора. При його обґрунтуванні коректно використовувалися точні аналітичні методи дослідження, що гарантує об'єктивність отримуваних результатів. Тому від його використання слід очікувати значного зменшення збитків в процесах рудопідготовки.

Ключові слова: спіральний класифікатор, піски, закономірність розташування, підхід моделювання.

Мацуй А.Н. Обоснование подхода математического моделирования закономірностей расположения материала вдоль песчаного тела спирального классификатора

Отсутствие достаточно точного воображения о закономерности расположения материала между двумя соседними витками спирали классификатора (песчаного тела) сдерживает повышение качества автоматического управления первой стадией измельчения исходной руды, которая становится причиной значительных экономических убытков в следствие перерасхода электрической энергии, пуль и футеровки. Решение данной научно-технической задачи складывает актуальность данной публикации. Ее целью является разработка подхода математического моделирования закономірностей расположения материала вдоль песчаного тела спирального классификатора. Песчаное тело механического спирального классификатора можно подать как составлено из частей цилиндра и зрізаної піраміди, которая находится сверху. Возможность точного определения объема этих составляющих гарантирует получение высокой точности измерения. Определение объема указанных составляющих предусматривает измерение высоты песков вдоль вертикали, которая проходит через саму нижнюю точку контакта цилиндрической постели и покромки подающего витка спирали. Часть цилиндра можно изменять в этом же направлении на меньшую высоту. Тогда песчаное тело можно подать как составлено из горизонтальных слоев материала, куда войдут и такие же слои, которые являют собой зрізану піраміду. С другой стороны, песчаное тело можно разделить вертикальными плоскостями на элементарные составляющие за его длиной. В предложенном подходе предвиденная возможность определения объема элементарных составляющих, которые создают вертикальные столбики материала, объемы которых характеризуют закономірность расположения песков вдоль песчаного тела механического спирального классификатора. При малых и средних значениях циркулирующей нагрузки механический спиральный классификатор работает в области песчаного тела, которое находится в форме части цилиндра. Если циркулирующая нагрузка увеличивается, происходит переход в область песчаного тела, которое относится по форме песков к зрізаної піраміде. В процессе исследований предложен подход математического моделирования закономірностей расположения материала вдоль песчаного тела механического спирального классификатора. При его обосновании корректно использовались точные аналитические методы исследования, которое гарантирует объективность получаемых результатов. Поэтому от его использования следует ожидать значительного уменьшения убытков в процессах рудоподготовки.

Ключевые слова: спиральный классификатор, пески, закономерность расположения, подход моделирования.

Matsuy A.M. Ground of approach of mathematical design of conformities to law of location of material along the sandy body of spiral classifier

Absence of exact enough imagination about conformity to law of location of material between two nearby coils of spiral of classifier (sandy body) restrains upgrading of automatic control the first stage of growing of initial ore, which becomes reason of considerable economic losses in investigation of overrun of electric energy, bullets and lining - up, shallow. The decision of this scientific and technical task folds actuality of this publication. Her purpose is development of approach of mathematical design of conformities to law of location of material along the sandy body of spiral classifier. The sandy body of mechanical spiral classifier can be given as made from parts of cylinder and зрізаної піраміди which is from above. Possibility of exact determination of volume of these constituents guarantees the receipt of high exactness of measuring. Determination of of volume of the indicated constituents foresees measuring of height of sands along a vertical line which passes through the bottom point of contact of cylindrical bed and edge of of giving coil of spiral. Part of cylinder can be changed in the same direction on a small height. Then a sandy body can be given as made from the horizontal layers of

material, where the same layers which show by itself pyramid will enter. On the other hand, a sandy body can be divided by vertical planes on elementary constituents after his length. In offered approach there is the foreseen possibility of determination of volume of elementary constituents, which create the vertical columns of material, the volumes of which characterize conformity to law of location of sands along the sandy body of mechanical spiral classifier. At the small and middle values of the circulatory loading a mechanical spiral classifier works in area of sandy body which is in form part of cylinder. If the circulatory loading increases, there is passing to the area of sandy body which belongs on a form sands to the зрізаної pyramid. In the process of researches offered approach mathematical design of conformities to law of location of material along the sandy body of mechanical spiral classifier. For his ground the exact analytical methods of research which guarantees objectivity of the got results were correctly used. Therefore from his use it is necessary to expect the considerable diminishing of losses in the processes of ore preparations.

Keywords: spiral classifier, sands, conformity to law of location, approach of design.

УДК 621.01: 681.3: 658.5

Пікільняк А.В. Шляхи підвищення ефективності роботи машинобудівного виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій

У статті викладено підхід можливого підвищення ефективності роботи виробництва за рахунок впровадження сучасних комп'ютерних технологій, що відповідав би світовим тенденціям розвитку промисловості та був заснований на максимально-ефективному використанні кадрів, матеріальної бази, програмного забезпечення, площ ВНЗ і підприємства. Застосування прогресивних технологій автоматизації і інформатизації машинобудування призводить до корінних змін не лише у виробництві, але і в професійній підготовці майбутніх фахівців машинобудівного профілю. Для вирішення проблеми відсутності єдності програмного забезпечення, та систем управління даними пропонується замінити існуючі системи управління даними на прогресивну систему ЛОЦМАН:PLM, яка є основою побудови комплексу для автоматизації завдань підготовки виробництва. Відмічено, що для того щоб забезпечити підприємства машинобудування висококваліфікованими фахівцями, із знанням передових систем та технологій комплексної конструкторсько-технологічної підготовки та управління виробництвом, а випускників інженерів-механіків робочими місцями необхідно, щоб навчальні плани підготовки бакалаврів, спеціалістів, магістрів машинобудівного напрямку були узгоджені з наукомісткими підприємствами регіону. Співпраця з підприємствами у цьому напрямку надасть наступні можливості: знайомитись з діяльністю підприємства, працювати на сучасному технологічному обладнанні; організовувати виробничі, технологічні практики для студентів, орієнтовані на виконання реальних робіт і ранню спеціалізацію студентів (деякі студенти стають працівниками підприємства ще до завершення навчання); виконувати курсові проекти і кваліфікаційні роботи за реальною виробничою тематикою; організовувати стажування на підприємствах для молодих викладачів. Впровадження цих систем в навчальний процес дає можливість вести навчання на якісно новому рівні та сформувати фахівця високої кваліфікації, здатного орієнтуватися в різноманітних програмних модулях із практичним їх впровадженням на виробництві, яке дає змогу скоротити ресурси, час та підвищити продуктивність роботи.

Ключові слова: комп'ютерні технології, ЛОЦМАН:PLM, машинобудування, життєвий цикл виробу.

Пикильняк А.В. Пути повышения эффективности работы машиностроительного производства за счет внедрения современных компьютерных технологий

В статье изложен подход возможного повышения эффективности работы производства за счет внедрения современных компьютерных технологий, что отвечал бы мировым тенденциям развития промышленности и был основан на максимально-эффективном использовании кадров, материальной базы, программного обеспечения, площадей ВУЗА и предприятия. Применение прогрессивных технологий автоматизации и информатизации машиностроения приводит к коренным изменениям не только в производстве, но и в профессиональной подготовке будущих специалистов машиностроительного профиля. Для решения проблемы отсутствия единства программного обеспечения, и систем управления данными предлагается заменить существующие системы управления данными на прогрессивную систему ЛОЦМАН : PLM, которая является основой построения комплекса для автоматизации заданий подготовки производства. Отмечено, что для того, чтобы обеспечить предприятия машиностроения высококвалифицированными специалистами, со знанием передовых систем и технологий комплексной конструкторско-технологической подготовки и управления производством, а выпускников инженеров-механиков рабочими местами необходимо, чтобы учебные планы подготовки бакалавров, специалистов, магистров машиностроительного направления были согласованы с наукоемкими предприятиями региона. Сотрудничество с предприятиями в этом направлении предоставит следующие возможности: знакомиться с деятельностью предприятия, работать на современном технологическом оборудовании; организовывать производственные, технологические практики для студентов, ориентированные на выполнение реальных работ и раннюю специализацию студентов (некоторые студенты становятся работниками предприятия еще до завершения учебы); выполнять курсовые проекты и квалификационные работы за реальной производственной тематикой; организовывать стажировку на предприятиях для молодых преподавателей. Внедрение этих систем в учебный процесс дает возможность вести учебу на качественно новом уровне и сформировать специалиста высокой квалификации, способного ориентироваться в разнообразных программных модулях с практическим их внедрением на производстве, которое дает возможность сократить ресурсы, время и повысить производительность работы.

Ключевые слова: компьютерные технологии, ЛОЦМАН: PLM, машиностроение, жизненный цикл изделия.

Pikilnjak A.V. Ways of increase of efficiency of work of machine-building production due to introduction of modern computer technologies

In the article approach of possible increase of efficiency of work of production is expounded due to introduction of modern computer technologies, that would answer world progress of industry trends and was based on the maximally-effective use of shots, material base, software, areas of INSTITUTE of higher and enterprise. Application of progressive technologies of automation and informatization of engineer results in drastic alternations not only in a production but also in professional preparation of future specialists of machine-building type. For the decision of problem of absence of unity of software, and

control system by data it is suggested to substitute existent control system by data by the progressive system harbor PILOT: PLM, which is basis of construction of complex for automation of tasks of preproduction. It is marked that in an order to provide the enterprises of engineer highly skilled specialists, with knowledge of the front-rank systems and technologies of complex design-engineering preparation and management of operations, and graduating students of engineers-mechanics it is placed necessary workers, that the curricula of preparation of bachelors, specialists, master's degrees of machine-building direction were concerted with the наукоємкими enterprises of region. A collaboration with enterprises in this direction will give next possibilities: to meet with activity of enterprise, work on a modern technological equipment; to organize productive, technological practices for students, oriented to implementation of the real works and early specialization of students (some students become the workers of enterprise yet before completion of studies); to execute course projects and qualifying works after the real productive subjects; to organize internship on enterprises for young teachers. Introduction of these systems in an educational process is given by possibility to conduct studies at high-quality new level and form the specialist of high qualification, able to be oriented in the various programmatic modules with their practical introduction on a production which enables to shorten resources, time and to promote the productivity of work.

Keywords: computer technologies, harbor PILOT:PLM, engineer, life cycle of good.

622.274.5

Вольфсон П.М. К вопросу о целесообразности применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса

В статье изложены особенности системы подэтажного самообрушения, механизм и основные закономерности самообрушения рудного массива, оптимальные параметры системы и область ее применения. Приведены описание и результаты отработки опытных зон и панелей, технико-экономические показатели, полученные при промышленном применении системы на шахтах Кривбасса в 50-70-е годы XX века на глубинах 250-550 м.

Описана технология применения этой системы разработки в мягких и средней крепости рудах. Представленные в статье технико-экономические показатели, полученные при опытном изучении и массовом применении системы на шахтах Кривбасса на глубинах 250-500м, свидетельствуют о ее высокой эффективности.

На основе обобщения опыта применения системы подэтажного самообрушения и результатов теоретических исследований закономерностей самообрушения рудного массива сделан вывод о целесообразности применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса в настоящее время на глубинах более 1000м.

Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения.

УДК 622.274.5

Вольфсон П.М. До питання про доцільність застосування системи підповерхового самообвалення на шахтах Кривбасу

Викладено особливості системи підповерхового самообвалення, механізм і основні закономірності самообвалення рудного масиву, оптимальні параметри системи і область її застосування. Наведено опис і результати відпрацювання досвідчених зон і панелей, техніко-економічні показники, отримані при промисловому застосуванні системи на шахтах Кривбасу в 50-70-ті роки XX століття на глибинах 250-550 м.

Описано технологію застосування цієї системи розробки в м'яких і середньої міцності рудах. Представлені в статті техніко-економічні показники, отримані при дослідному вивченні і масовому застосуванні системи на шахтах Кривбасу на глибинах 250-500м, свідчать про її високу ефективність.

На основі узагальнення досвіду застосування системи підповерхового самообвалення і результатів теоретичних досліджень закономірностей самообвалення рудного масиву зроблено висновок про доцільність застосування системи підповерхового самообвалення на шахтах Кривбасу в даний час на глибинах більш ніж 1000 м.

Використання сил гірського тиску для руйнування рудного масиву зумовлює істотне зниження енерго- і трудовитрат на видобуток при підповерхового самообвалення у порівнянні з технологією відпрацювання за допомогою глибоких свердловин. Ця найважливіша технологічна особливість системи в умовах енергетичної кризи в Україні в даний час настійно диктує об'єктивну необхідність повернутися до застосування підповерхового самообвалення.

Volfson P.M. On the question of the appropriateness of the system of sublevel caving mining at Kryvbas

The article describes the features of the system sublevel caving, the mechanism and the basic laws of caving ore array, the optimal parameters of the system and its scope. Description and results of pilot mining zones and panels, technical and economic indicators, obtained in the industrial application of the system in the mines Kryvbas in 50-70 years of the twentieth century, at a depth of 250-550 m.

The technology of the application of the system design in soft and medium strength ores. Presented in the book of technical and economic parameters, obtained by experimental study and massive use of the system in the mines at depths of 250-500m Kryvbas, testify to its high efficiency.

On the basis of summarizing the experience of the application of sublevel caving system and the results of theoretical studies of regularities of ore caving solid conclusion about the appropriateness of the system of sublevel caving to Kryvbas mines are currently at a depth of more than 1000m.

Using rock pressure forces for the destruction of the ore massif causes a significant reduction in energy and labor costs for production at the sublevel caving in comparison with the development of the technology with the help of deep wells. This important technological feature of the system in terms of the energy crisis in Ukraine is currently strongly dictate the objective need to return to the application of sublevel caving.

УДК 676.022

Антоненко И.И., Кучма А.И. Производство влагопрочной гофротары путем поверхностной обработки заготовок

В статье рассмотрены две технологии производства влагопрочной тары из гофрированного картона. Первая технология получения влагопрочного гофрокартона с последующей переработкой в тару вызывает до 30 % отходов, которые частично или полностью теряются из-за трудности восстановления волокнистого сырья и химикатов. Более перспективна вторая технология производства влагопрочной гофротары, когда готовые изделия из гофрокартона обрабатываются горячим расплавом в автономных камерах. В качестве гидрофобного горячего расплава рекомендуется использовать пропитывающий состав композицией 80 % парафина и 20 % церезина. В результате лабораторных исследований установлена оптимальная температура 115 ± 5 °С парафинового расплава. Для снижения расхода горячего расплава рекомендовано перед импрегнированием нагревать заготовки в течении 1 мин струей горячего воздуха при температуре 75-80°С, а также импрегнирования для удаления излишков расплава обдувать заготовки горячим воздухом при скорости 15 м/с. Для предотвращения слипания гофроящиков при хранении после обработки горячим расплавом рекомендуется в течении 2 мин. производить обдув заготовок воздухом при температуре 20°С. При работе с парафино-церезиновыми составами необходимо применять оборудование во взрывобезопасном исполнении и снабжать помещения приточно-вытяжной вентиляцией. Установлено, что пропитка гофрокартона парафино-церезиновым составом увеличивает влагопрочность по показателю сопротивления торцевому сжатию на 63%. Определены основные технологические параметры автономной импрегнирующей установки позволяющей сократить до 20% отходы гофротарного производства.

Ключевые слова: влагопрочная гофротара, поверхностная обработка, парафино-церезиновый расплав, автономная установка.

Антоненко І.І., Кучма О.І. Виробництво воломіцної гофротари шляхом поверхневої обробки заготовок

У статті розглянуті дві технології виробництва воломіцності тари з гофрованого картону. Перша технологія отримання воломіцності гофрокартону з подальшою переробкою в тару викликає до 30% відходів, які частково або повністю втрачаються через труднощі відновлення волокнистої сировини і хімікатів. Більш перспективна друга технологія виробництва воломіцність гофротари, коли готові вироби з гофрокартону обробляються гарячим розплавом в автономних камерах. Як гідрофобного гарячого розплаву рекомендується використовувати просочуються склад композицією 80 % парафіну і 20 % церезина. В результаті лабораторних досліджень встановлено оптимальна температура 115 ± 5 °С парафинового розплаву. Для зниження витрати гарячого розплаву рекомендовано перед імпрегнуванням нагрівати заготовки протягом 1 мин. струменем гарячого повітря при температурі 75-80 °С, а також імпрегнування для видалення надлишків розплаву обдувати заготовки гарячим повітрям при швидкості 15 м/с. Для запобігання злипання гофроящиків при зберіганні після обробки гарячим розплавом рекомендується протягом 2 хв. виробляти обдув заготовок повітрям при температурі 20 °С. При роботі з парафіно-церезинові складами необхідно застосовувати обладнання у вибухонебезпечному виконанні і забезпечувати приміщення приточно-витяжною вентиляцією. Встановлено, що просочення гофрокартону парафіно-церезинові складом збільшує воломіцність за показником опору торцевому стисненню на 63%. Визначено основні технологічні параметри автономної імпрегнирують установки дозволяє скоротити до 20% відходи гофротарного виробництва.

Ключові слова: воломіцна гофротара, поверхнева обробка, парафіно-церезинові расплав, автономна установка.

Antonenko I. I., Kuchma A. I. The production of corrugated vlahoprochnoy by surface treatment of workpieces

The article discusses two technology wet strength of corrugated cardboard. The first technology is getting wet strength corrugated cardboard with the subsequent processing in the packaging causes up to 30 % of waste, which are partially or totally lost due to the difficulty of restoring the fibrous raw materials and chemicals. More promising technology of the second wet-strength corrugated containers when finished products made of corrugated cardboard treated with hot melt in standalone cameras. As hydrophobic hot melt impregnating composition is recommended to use a composition of 80% wax and 20% ceresin. As a result of laboratory tests set the optimum temperature of 115 ± 5 °С melt paraffin. To reduce the flow of hot melt impregnation is recommended to heat the workpiece within 1 min. struēy hot air at a temperature of 75-80 °С, impregnation and for removing excess molten preform to blow hot air at a speed of 15 m / sec. Corrugated boxes to prevent sticking during storage after processing by hot melt recommended for 2 min. produce preforms blowing air at a temperature of 20 °С. When working with paraffin-ceresin compounds must be used in explosion-proof equipment and provide space ventilation system. It was found that the impregnation cardboard paraffin-ceresin composition increases the wet strength in terms of resistance to compression of the end of 63%. The main technological parameters of autonomous impregnation installation can reduce up to 20% waste gofrotarnogo production.

Keywords: wet-strength corrugated boxes, surface treatment, paraffin alloy tserezynovyy, standalone installation. УДК

УДК 622 – 032. 35: 502. 7

Повзун О.І., Подкопєв С.В., Фролов О.В., Кононіхін С.В., Глазунова М.А. Оптимальне кам'яновугільне в'язуче, модифіковане відходами виробництва полістиролу для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг

При оптимізації модифікованого полістирольним пилом кам'яновугільного в'язучого як фактори варіювання було прийнято: умовна в'язкість дьогтю за C_{30}^{10} , с; масова концентрація полістиролу, %; час приготування дьогтеполістирольного в'язучого, хвилини. Параметрами оптимізації є: температура розм'якшення в'язучого, °С; еластичність в'язучого при 0 °С, %; розтяжність в'язучого при 0 °С, м; водонасичення дьогтеполістиролбетону, %; границя міцності дьогтеполістиролбетону на стиск при 20 °С, МПа; коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону. Оптимальні склади системи «дьюготь - ПС» визначено як оптимальні області допустимих значень факторів X_1, X_2, X_3 . Коефіцієнти рівняння регресії обчислено за методом найменших квадратів. Рівняння регресії представляють собою поліном другого ступеня. Одержані рівняння регресії перевірено на адекватність і задовольняють критерію Фішера. Розраховано й побудовано тривимірні діаграми «параметр оптимізації системи - фактори варіювання». Відповідно до отри-

маних рівнянь регресії побудовано поверхні відклику. Оптимальною системою «дьюготь – полістирол» є при умовній в'язкості дьюгтою за C_{30}^{10} (X_1) 75-250 с, масовій концентрації полістиролу (X_2) 4,0-6,0% та часі приготування дьюгте-полістирольного в'язучого (X_3) впродовж 70-80 хвилин. За фізико-механічними властивостями таке в'язуче наближається до дорожніх нафтових бітумів.

Ключові слова: транспортний процес, руйнування, міцність, горілі породи, в'язуче, відходи полістиролу

Повзун А.И., Подкопаев С.В., Фролов О.В., Кононыхин С.В., Глазунова М.А. Оптимальное каменноугольное вяжущее, модифицированное отходами производства полистирола для укрепления горелопородных оснований автомобильных дорог

При оптимизации модифицированного полистирольной пылью каменноугольного вяжущего в качестве факторов варьирования были приняты: условная вязкость дьюгтою по C_{30}^{10} , с; массовая концентрация полистирола, %; время приготовления дегтеполистирольного вяжущего, минуты. Параметрами оптимизации являлись: температура размягчения вяжущего, °С; эластичность вяжущего при 0 °С, %; растяжимость вяжущего при 0 °С, м; водонасыщение дегтеполистиролбетона, %; предел прочности дегтеполистиролбетона на сжатие при 20 °С, МПа; коэффициент длительной водостойкости дегтеполистиролбетона. Оптимальные составы системы «дьюготь – ПС» определены как оптимальные области допустимых значений факторов X_1 , X_2 , X_3 . Коэффициенты уравнений регрессии вычислены по методу наименьших квадратов. Уравнения регрессии представляют собой полином второй степени. Полученные уравнения регрессии проверены на адекватность и соответствуют критерию Фишера. Рассчитаны и построены трехмерные диаграммы «параметр оптимизации системы - факторы варьирования». Соответственно по полученным уравнениям регрессии построены поверхности отклика. Оптимальной системой «дьюготь – полистирол» будет при условной вязкости дегтя (X_1) по $C_{30}^{10} = 75-250$ с, массовой концентрации полистирола (X_2) 4,0-6,0% и времени приготовления дегтеполистирольного вяжущего (X_3) в течение 70-80 минут. По физико-механическим свойствам такое вяжущее приближается нефтяным дорожным битумам.

Ключевые слова: транспортный процесс, разрушение, прочность, горелые породы, вяжущее, отходы полистирола

О. Povzun, S. Podkopayev, O. Frolov, S. Kononikhin, M. Glazunova. Optimum of the coal cementsations agent modified by polystyrene waste products. In article it is considered optimization of the coal cementsations agent modified by polystyrene dust. Variation factors of the optimization model are: suspended viscosity of tar by C_{30}^{10} , seconds, mass concentration of polystyrene and a preparation time of the tar- polystyrene cementsations agent. Parameters of optimization are: temperature of the cementsations agent softening; elasticity of the cementsations agent at 0 °С, %; tensile properties of the cementsations agent at 0 °С, meters; water saturation of the tar – polystyrene-concrete; ultimate compressive strength of the tar - polystyrene-concrete at 20 °С, МPa; a coefficient of the long-lived water resistance of the tar - polystyrene-concrete. Optimum structures of system "tar - PS" defined as optimum tolerance ranges of factors X_1 , X_2 , X_3 . Coefficients of the equations of regression are calculated on least-squares method. The equations of regression represent a second degree polynomial equation. The received equations of regression are checked for adequacy. This equation meet Fischer's criterion. It is calculated and constructed three-dimensional diagram «the parameter of optimization of system - variation factors". Response surfaces have been constructed in accordance to the received equations of regression. Optimum system "tar - polystyrene" was received at the suspended viscosity of tar in C_{30}^{10} (X_1) 75-250 seconds, mass concentration of polystyrene (X_2) is in 4,0-6,0% and the preparation time tar- polystyrene cementsations agent (X_3) within 70-80 minutes. On the physicist - mechanical characteristics such cementsations agent approaches to the road petroleum asphalts.

Keywords: transport process, destruction, strength, durability, combustion metamorphic rocks, binder, polystyrene

УДК 697.1 (035.5)

Голишев О.М., Голишев А.О., Михалків Д.В. Аналіз впливу санітарно-гігієнічних вимог на конструктивні характеристики систем повітряного опалення в умовах різних типів будівель

Розглянуто вплив рекомендованих нормативних значень температур припливного повітря в системах повітряного опалення, в тому числі і в системах суміщених з вентиляцією на конструктивні особливості систем. Відмічається, що для систем водяного та парового опалення, які мають своєю сутністю систему з проміжним теплоносієм – водою або водяною парою відповідно, в нормативних документах допускаються більш високі значення температурних графіків подачі теплоносія, що відповідно має результатом високим температурі граючої поверхні опалювальних приладів, що значно перевищує допустимі значення температури повітря як теплоносія в системах повітряного опалення. Перевищення вказаних граничних нормативних значень температури припливного повітря у досліджуваних межах 80-100°С відповідно істотно не впливає на якість повітря як середовища для перебування в ньому людини та дихання. При цьому в системах повітряного опалення практично відсутні значні площі поверхні контактного високотемпературного теплообміну, що може бути причиною погіршення якостей повітря та надходження в приміщення продуктів термічного розкладу пилу. Обмеження температури припливного повітря наведеними нормативними значеннями особливо впливає на експлуатаційні показники функціонування систем повітряного опалення з енергоефективним режимом «робочий-черговий» та значно збільшує час отримання нормованих параметрів температур в приміщеннях, також збільшується вартість системи опалення в цілому та витрати на експлуатацію через підвищений повітрообмін і відповідно більші типорозміри всіх конструктивних елементів, при цьому можливі перевищення рекомендованих значень рухливості повітря в приміщенні та погіршення якості повітря через збільшення циркуляції пилу разом з повітрям.

Ключові слова: повітряне опалення, температура припливного повітря, теплоутилізація, рекуперація

Голишев А.М., Голишев А.А., Михалкив Д.В. Анализ влияния санитарно-гигиенических требований на конструктивные характеристики систем воздушного отопления в условиях различных типов зданий

Рассмотрено влияние рекомендованных нормативных значений температур приточного воздуха в системах воздушного опалення, в том числе и в системах совмещенных с вентиляцией, на конструктивные особенности систем. Отмечается, что для систем водяного и парового отопления, которые имеют своей сущностью системы с промежуточ-

ным теплоносителем - водой или водяным паром соответственно, в нормативных документах допускаются более высокие значения температурных графиков подачи теплоносителя что имеет результатом высокие температуры греющей поверхности отопительных приборов, что значительно превышает допустимые значения температуры воздуха как теплоносителя в системах воздушного отопления. Превышение указанных предельных нормативных значений температуры приточного воздуха в исследуемых пределах 80..100 ° С соответственно существенно не влияет на качества воздуха как среды для пребывания в нем человека и дыхания. При этом в системах воздушного отопления практически отсутствуют значительные площади поверхности контактного высокотемпературного теплообмена, что может быть причиной ухудшения качества воздуха и поступления в помещение продуктов термического разложения пыли. Ограничение температуры приточного воздуха приведенными нормативными значениями особенно влияет на эксплуатационные показатели функционирования систем воздушного отопления с энергоэффективным режимом «рабочий-дежурный» и значительно увеличивает время получения нормированных параметров температур в помещениях, также увеличивается стоимость системы отопления в целом и расходы на эксплуатацию из-за повышенного воздухообмена и соответственно больших типоразмеров всех конструктивных элементов, при этом возможны превышения рекомендованных значений подвижности воздуха в помещении и ухудшение качества воздуха из-за увеличения циркуляции пыли вместе с воздухом.

Ключевые слова: воздушное отопление, температура приточного воздуха, теплоутилизация, рекуперация

Golyshev A, Golyshev A, Mikhalkiv D. Analysis of the impact of sanitary requirements for structural characteristics of air heating in different types of buildings

The effect of the recommended norms in the supply air temperature to the engine air opa-tion, including systems combined with ventilation systems to design features. It is noted that for systems of water and steam heating systems, which are essentially a system of intermediate coolant - water or steam from, respectively, in the regulations allowed higher values of temperature charts coolant supply, from, respectively results in high temperatures playing surface heating devices, significantly longer than the knowledge chenie temperature as the coolant in the engine air heating. Exceeding the limit specified norms in the supply air temperature to within doslidzhuyemyh 80..100 ° C respectively not significantly affect air quality as a medium to stay in it and human breath. In the air heating systems are virtually no large contact surface area of high heat that can cause deterioration of air quality and flow of the room thermal decomposition products dust. Limit temperature supply air is given, we normative value particularly influences the operational performance operation of air heating with energy efficient mode of "working-once" and significantly increases receiving standardized parameters of the room temperature also increases the cost of heating in general and operating costs due to increased air-exchange and accordingly the larger sizes of all structural elements, the possible values exceeding the recommended indoor air mobility and air quality deterioration due to increased circulation of dust with air.

Keywords: air heating, supply air temperature, recuperation

УДК 681.03

Вдовиченко И.Н. Развитие схемы научной экспертизы

Рассмотрены проблемы алгоритма проведения современной экспертизы. Отмечена необходимость развития некоторых направлений данной сферы. Предложены методы и алгоритмы совершенствования отбора экспертов в экспертные группы, а так же необходимость нового подхода к созданию базы данных экспертов на основе объектно-реляционной модели БД. Выбор этой модели БД обеспечивает работу с многомерными данными, которые используются для расчета агрегированных коэффициентов. Входной информацией для БД служат результаты расчетов, полученные совокупностью методов: самооценки, взаимооценки, социометрической оценки, документальной оценки, тестовой оценки, оценки по объективным показателям. Предложено новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в многокритериальном экспертном оценивании альтернатив при формировании экспертной группы. Для этого была разработана информационная технология комбинированного многокритериального экспертного оценивания альтернатив. Технология объединяет эвристические и статистические методы. Технология использует 30 базовых методов, 6 основных методик и 3 психологических теста. Предложены формулы расчетов интегральных коэффициентов для каждого эксперта, которые учитывают признаки профессиональных и личных качеств. Создание гибридной объектно-реляционной БД экспертов является перспективным направлением повышения эффективности экспертизы.

Ключевые слова: банк данных экспертов, эффективность отбора, алгоритм

Вдовиченко І. Н. Розвиток схеми наукової експертизи

Розглянуто проблеми алгоритму проведення сучасної експертизи. Відзначено необхідність розвитку деяких напрямів даної сфери. Запропоновано методи та алгоритми вдосконалення відбору експертів в експертні групи, та необхідність нового підходу до створення бази даних експертів на основі об'єктно-реляційної моделі БД. Вибір цієї моделі БД забезпечує роботу з багатовимірними даними, які використовуються для розрахунку агрегованих коефіцієнтів. Вхідною інформацією для БД будуть результати розрахунків, отримані сукупністю методів: самооцінки, взаємооцінки, соціометричної оцінки, документальної оцінки, тестової оцінки, оцінки за об'єктивними показниками. Запропоновано нове рішення актуальної наукової задачі, що полягає у багатокритеріальному експертному оцінюванні альтернатив при формуванні експертної групи. Для цього була розроблена інформаційна технологія комбінованого багатокритеріального експертного оцінювання альтернатив. Технологія об'єднує евристичні та статистичні методи. Технологія використовує 30 базових методів, 6 основних методик та 3 психологічні тести. Запропоновані формули розрахунків інтегральних коефіцієнтів для кожного експерта, які враховують ознаки професійних та особистих якостей. Створення гібридної об'єктно-реляційної БД експертів є перспективним напрямком підвищення ефективності експертизи.

Ключові слова: банк даних експертів, ефективність відбору, алгоритм

Vdovychenko I. N. the development of the scheme of scientific expertise

The problems of algorithm of carrying out of modern examination are considered. Noted the necessity of development of some directions of this field. The methods and algorithms for improving the selection of experts in the expert group, as well

as the need for a new approach to the creation of a database of experts based on the object-relational model database were proposed. The choice of this model the database is designed to work with multidimensional data, which are used to calculate aggregated ratios. The input information for the database are the results of calculations obtained by combination of methods: self-assessment, waimairi, sociometric assessment documentary evaluation, test grades, scores on objective parameters. The proposed new approach to the actual scientific problem, which consists in multicriteria expert assessment of alternatives when forming the expert group. This was developed by the information technology expert combined multi-criteria evaluation of alternatives. The technology combines heuristic and statistical methods. The technology uses 30 basic methods of basic methods 6 and 3 psychological test. The proposed formula of calculation of integral coefficients for each expert, taking into account the characteristics of professional and personal qualities. The creation of a hybrid object-relational database experts is a promising way of improving the efficiency of examination.

Keywords: data Bank of experts, the efficiency of the selection, algorithm.

УДК 622.3.012.2.002.5.004(075.8)

Кіянновський М.В., Дубровський С.С. Дослідження якості системи ТОіР обладнання ГЗК

Проведено комплексний аналіз різних факторів, що впливають на якість системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. Визначено позитивні та негативні чинники, що здійснюють вплив на вірний вибір стратегії технічного обслуговування і ремонту обладнання на прикладі гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). Виділено основні напрямки роботи для забезпечення ефективності ТОіР, в першу чергу це моніторинг та діагностична підтримка ТОіР у режимі безрозбірної оцінки працюючого обладнання, розробка рекомендацій з керування технічним станом енергетичного й технологічного устаткування в режимі «реального часу», розробка технічного завдання (ТЗ) на створення систем технічної діагностики, маловитратних гнучких технологій організації прогнозованого технічного обслуговування механізмів технологічних систем і окремих агрегатів «за станом».

Ключові слова: технічне обслуговування, ремонт, експлуатація, стратегія, надійність, метод, стан, ресурс, акт.

Kiyannovskyy M.V., Dubrovskiy S.S. Research quality of TOiR mining equipment GOK

A comprehensive analysis of various factors affecting the quality of maintenance and repair (TOiR) at enterprises of mining and smelting complex. Positive and negative factors influencing on the right choice of strategy maintenance equipment on the example of mining and processing enterprises (GOK). The main areas of work to ensure the effectiveness TOiR primarily a monitoring and diagnostic support TOiR mode bezrozbirnoyi assessment of operating equipment, development of recommendations for the control of state power and process equipment in "real time" to develop terms of reference (TOR) for the establishment of technical diagnostics, low-cost flexible technologies of projected maintenance mechanisms of technological systems and individual units "as".

Кияновский Н.В., Дубровский С.С. Исследование качества системы ТОиР оборудования ГОК

Проведен комплексный анализ различных факторов, влияющих на качество системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) на предприятиях горно-металлургического комплекса. Определены положительные и отрицательные факторы, которые оказывают влияние на верный выбор стратегии технического обслуживания и ремонта оборудования на примере горно-обогатительных комбинатов (ГОК). Выделены основные направления работы для обеспечения эффективности ТОиР, в первую очередь это мониторинг и диагностическая поддержка ТОиР в режиме безразборной оценки работающего оборудования, разработка рекомендаций по управлению техническим состоянием энергетического и технологического оборудования в режиме «реального времени», разработка технического задания (ТЗ) на создание систем технической диагностики, мало затратных гибких технологий организации прогнозируемого технического обслуживания механизмов технологических систем и отдельных агрегатов «по состоянию».

УДК 534.6: 681.5.08: 004: 622

Дрига В.В. Исследование, разработка и промышленные испытания скважинного акустического глубиномера с применением алгоритма Герцеля

В статье приведены результаты исследований, проведенных при разработке скважинного акустического глубиномера, предназначенного для экспрессного определения глубины буровзрывных скважин в условиях карьеров и шахт. Принцип акустического метода заключается в излучении короткого звукового сигнала в устье скважины и измерении интервала времени, прошедшего от момента подачи до момента прихода эхо-сигнала, отраженного от дна скважины. В работе исследовано влияние *формы* зондирующего сигнала, его *частоты*, рассмотрены методы определения *временного интервала* между прямым и отраженным сигналом с точки зрения минимизации погрешности измерения. Предложен метод построения *огibaющей* сигнала на основе дискретного преобразования Фурье и *алгоритма Герцеля*. Разработан метод определения временного интервала и расстояния по пикам данной *огibaющей* с последующим уточнением результата путем дополнительного учета *фазы* сигнала. Предложенный метод позволил достичь требуемой достоверности и точности результата измерения в реальных условиях, где работающее буровое оборудование создает шум, присутствует ветер, происходит осыпание бурового шлама в скважину. Приведены результаты заключительных промышленных испытаний разработанного устройства в условиях карьеров Кривбасса с реализацией предложенных методов. На буровзрывных скважинах диаметром 250 мм и глубиной до 20 м среднеквадратическое отклонение показаний устройства от реальной глубины скважин составило 4,3 см.

Ключевые слова: скважина, расстояние, глубина, глубиномер, акустический, звук, синусоидальный, эхо, сигнал, импульс, время, микроконтроллер, алгоритм Герцеля, преобразование Фурье, измерение, точность.

Дрига В.В. Дослідження, розробка і промислові випробування свердловинного акустичного глибиноміра із застосуванням алгоритму Герцеля

У статті приведені результати досліджень, проведених при розробці свердловинного акустичного глибиноміра, призначеного для експресного визначення глибини буропідірвних свердловин в умовах кар'єрів і шахт. Принцип акустичного методу полягає у випромінюванні короткого звукового сигналу в гирло свердловини і вимірі інтервалу

часу, що пройшов від моменту подачі до моменту приходу ехо-сигналу, відбитого від дна свердловини. У роботі досліджено вплив форми зондуючого сигналу, його частоти, розглянуто методи визначення тимчасового інтервалу між прямим і відбитим сигналом з точки зору мінімізації погрішності виміру. Запропоновано метод побудови таким, що огинає сигнал на основі дискретного перетворення Фур'є й алгоритму Герцеля. Розроблено метод визначення тимчасового інтервалу й відстані по списках, з наступним уточненням результату шляхом додаткового обліку фази сигналу. Запропонований метод дозволив досягти необхідної достовірності і точності результату виміру в реальних умовах, де працююче бурове устаткування створює шум, присутній вітер, відбувається осипання бурового шламу у свердловину. Наведено результати завершальних промислових випробувань розробленого пристрою в умовах кар'єрів Кривбасу з реалізацією запропонованих методів. На буро-підривних свердловинах діаметром 250 мм і завглибшки до 20 м середньоквадратичне відхилення свідчень пристрою від реальної глибини свердловин склало 4,3 см

Ключові слова: свердловина, відстань, глибина, глибиномір, акустичний, звук, синусоїдальний, ехо-камера, сигнал, імпульс, час, мікроконтролер, алгоритм Герцеля, перетворення Фур'є, вимір, точність.

Dryga V.V. Research, development and industrial tests of downhole acoustic depth - gauge with the use of algorithm of Gertsel

Results over of researches, conducted at development of downhole acoustic depth - gauge, intended for the express depth - finding of drillings mining holes in the conditions of quarries and mines are brought in the article. Principle of acoustic method consists in the radiation of short voice signal in the mouth of mining hole and measuring of time, passing from a moment a serve to the moment of arrival of echo signal, reflected from the bottom of mining hole domain. Influence of form of sounding signal, his frequencies, is in - process investigational, the methods of determination of temporal interval are considered between a direct and reflected signal from the point of view of minimization of measuring error. The method of construction is offered by circumflex signal on the basis of the discrete Fourier transform and algorithm of Gertsel. The method of determination of temporal interval and distance is worked out on lances this circumflex with subsequent clarification of result by the additional account of phase of signal. The offered method allowed to attain the required authenticity and exactness of measuring result in the real terms, where a working boring equipment creates noise, wind is present, there is a hold - out of boring slim of of in a mining hole. Results of over of final industrial tests of the worked out device are brought in the conditions of quarries of Kryvbass of with realization of the offered methods. On drillings mining holes by a diameter a 250 mm and in a to 20 m depth middling quadratic deviation of testimonies of device from the real depth of mining holes was made by 4,3 cm.

Keywords: mining hole, distance, depth, depth-gauge, acoustic, sound, sinewave, echo, signal, impulse, time, microcontroller, algorithm of Gertsel, transformation of Fourier, measuring, exactness.

УДК 621.928.3-52:622.7

Миколенко А. В. Аналіз систем автоматичного керування гідроциклоном на збагачувальній фабриці

На сьогодні промисловість орієнтується, перш за все на продуктивність і кількість продукції, що випускається. Потрібно випускати все більше і більше кінцевого продукту, щоб покрити витрати на його виробництво і при цьому отримувати прибуток. Але якість виробленого продукту має не менш важливе значення, ніж його кількість. Випускаючи масштабну партію товару, але з низькою якістю, можна не витримати конкуренції на ринку, тому орієнтація лише на продуктивність найчастіше призводить до збитків. Отже, автоматичні системи керування повинні забезпечувати високу якість продукту без втрат продуктивності.

Розглянуто актуальні питання ефективності процесу класифікації залізорудної пульпи в комплексі технологічний зумпф-гідроциклон. Обґрунтовано питання важливості якісного процесу класифікації вхідної сировини в гідроциклоні при зміні гранулометричного складу залізорудної пульпи в процесі роботи гідроциклона. Розглянуто існуючі системи автоматичного керування гідроциклоном в комплексі з технологічним зумпфом, та способи компенсації збурень в системах автоматичного керування. На основі розглянутої інформації виділено основні переваги та недоліки представлених систем автоматичного керування. Виявлено, що способи та методи керування процесом класифікації залізорудної пульпи вивчені не повною мірою та знаходяться на стадії дослідження. Таким чином, вказано напрямки подальших досліджень - розвиток автоматичних систем керування гідроциклоном в умовах зміни гранулометричного складу пульпи.

Ключові слова: гідроциклон, автоматична система керування, піскова насадка, густина, живлення гідроциклона.

Миколенко А. В. Анализ систем автоматического управления гидроциклоном на обогатительной фабрике

На сегодня промышленность ориентируется, прежде всего, на производительность и количество выпускаемой продукции. Нужно выпускать все более и больше конечного продукта, чтобы покрыть расходы на его производство и при этом получать прибыль. Но качество выработанного продукта имеет не менее важное значение, чем его количество. Выпуская масштабную партию товара, но с низким качеством, можно не выдержать конкуренции на рынке, потому ориентация лишь на производительность чаще всего приводит к убыткам. Следовательно, автоматические системы управления должны обеспечивать высокое качество продукта без потерь производительности.

Рассмотрены актуальные вопросы эффективности процесса классификации железорудной пульпы в комплексе технологический зумпф-гидроциклон. Обоснован вопрос важности качественного процесса классификации входного сырья в гидроциклоне при изменении гранулометрического состава железорудной пульпы в процессе работы гидроциклона. Рассмотрены существующие системы автоматического управления гидроциклоном в комплексе с технологическим зумпфом, и способы компенсации возмущений в системах автоматического управления. На основе рассмотренной информации выделены основные преимущества и недостатки представленных систем автоматического управления. Вывявлено, что способы и методы управления процессом классификации железорудной пульпы изучены не в полной мере и находятся на стадии исследования. Таким образом, указано направление дальнейших исследований - развитие автоматических систем управления гидроциклоном в условиях изменения гранулометрического состава пульпы.

Ключевые слова: гидроциклон, автоматическая система управления, песчаная насадка, плотность, питание гидроциклону.

Mykolenko A.V. Analysis of the systems of automatic control hydrocyclone on a washery

Industry is oriented for today, foremost, on the productivity and amount of выпускаемой products. It is needed to produce more and the more finished good, to defray expenses on his production and here get an income. But quality of mine - out product has a no less important value, what his amount. Producing scale a consignment, but with subzero quality, it is possible not to survive a competition at the market, that is why an orientation only on the productivity mostly results in losses. Consequently, automatic control system must provide high quality of product without the losses of the productivity.

The pressing questions of efficiency of process of classification of iron is an ore mash are considered in a complex technological зумпфhydrocyclone. The question of importance of high - quality process of classification of entrance raw material is reasonable in гидро cyclone of at the change of grain - size distribution of iron - ore mash in the process of work of гидро cyclone. The existent systems of automatic control hydrocyclone of are considered in a complex with a technological sump, and methods of indemnification of indignations in the systems of automatic control. On the basis of the considered information basic advantages and lacks of the presented systems of automatic control are distinguished. It is educed, that methods and methods of process of classification of iron - ore mash control are studied not to a full degree and are on the stage of research. Thus, direction of further researches is indicated is development of automatic control system гидро by the cyclone of in the conditions of change of grain - size distribution of mash.

Keywords: hydrocyclone, automatic control system, sandy attachment, closeness, feed to hydrocyclone.

УДК 004.896:[669.162: 662.614]

Тиханський М.П., Пулинець А.О. Управління тепловим процесом доменної печі на основі нечіткої логіки

У роботі розглянуто існуючі системи управління доменною піччю. Загальним недоліком розглянутих систем є те, що вони не можуть враховувати невизначеності вихідних параметрів доменної печі та нечіткість процесів, що протікають в ній. Розробка системи автоматичного керування з нечіткою логікою дозволить врахувати всі недоліки "класичних" систем автоматичного керування, а також передбачити поведінку системи.

Встановлено, що тепловий режим є найважливішим параметром доменного процесу і при цьому досить складним в дослідженні. Для таких складних об'єктів управління, як доменна піч, необхідна система, яка зможе сама реагувати на зміну параметрів всередині об'єкту і приймати рішення. У системах управління з нечіткою логікою використовують нейрорегулятори. Були змодельовані та досліджені три види нейронних регуляторів, які забезпечують бажаний перехідний процес, реакцію на випадкову ступінчасту дію.

Аналіз літературного огляду і експериментальних робіт, показав, що:

тепловий режим доменного виробництва залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників, таких як нагрів дуття, склад шихти, що подається у піч, тиск всередині печі, повнота хімічних і теплообмінних процесів та інше; передбачення поведінки системи дає можливість уникнути невизначеностей і знизити обчислювальну похибку, а також зробити технологічний процес більш продуктивним та якісним.

Ключові слова: доменна піч, тепловий процес, нечітка логіка, система автоматичного керування, адаптивна система, нейрорегулятор.

Тиханский М.П., Пулинец А.А., Управление тепловым процессом доменной печи на основе нечеткой логики

В работе рассмотрены существующие системы управления доменной пещью. Общим недостатком рассмотренных систем является то, что они не могут учитывать неопределенности исходных параметров доменной печи и нечеткость процессов, протекающих в ней. Разработка системы автоматического управления с нечеткой логикой позволит учесть все недостатки "классических" систем автоматического управления, а также предсказать поведение системы.

Установлено, что тепловой режим является важнейшим параметром доменного процесса и при этом достаточно сложным в исследовании. Для таких сложных объектов управления, как доменная печь, необходима система, которая сможет сама реагировать на изменение параметров внутри объекта и принимать решения. В системах управления с нечеткой логикой используют нейрорегуляторы. Были смоделированы и исследованы три вида нейронных регуляторов, обеспечивающих желаемый переходный процесс, реакцию на случайное ступенчатое действие. Анализ литературного обзора и экспериментальных работ, показал, что: тепловой режим доменного производства зависит от многих внутренних и внешних факторов, таких как нагрев дутья, состав шихты, подаваемой в печь, давление внутри печи, полнота химических и теплообменных процессов и прочее; предсказания поведения системы дает возможность избежать неопределенности и снизить вычислительную погрешность, а также сделать технологический процесс более продуктивным и качественным.

Ключевые слова: доменная печь, тепловой процесс, нечеткая логика, система автоматического управления, адаптивная система, нейрорегулятор

Tykhansky M.P., Pulinets A.O., Management of thermal processes of blast furnace based on fuzzy logic

In this work the existing systems of blast furnace. A common shortcoming of the systems is can not take into account the uncertainty of the output parameters of blast furnace and lack of clarity of the processes occurring in it. Development of automatic control system with fuzzy logic will take into account all the shortcomings of the "classical" systems of automatic control and predict system behavior.

It was established that the heat treatment is an important process parameter domain and thus quite difficult to study. For such management complex objects as blast furnace requires a system can itself react to change parameters within the facility and make decisions. In systems with fuzzy logic control using neural controllers. Three types of neural controllers were modeled and investigated that provide a desired transient reaction at random staircase effect.

Analysis of the literature review and experimental studies showed that:

heat treatment of furnace production depends on many internal and external factors such as heat blast, the composition of the mixture fed into the furnace, the pressure inside the furnace, completeness chemical and heat exchange processes, etc;

prediction system makes it possible to avoid uncertainties and reduce the computational error and make the manufacturing process more productive and quality.

УДК 622.7: 658.562

Савицкий А.И., Тимошенко М.А. Нечеткое управление гидроциклоном при неопределенных параметрах

Обогащение является комплексным сложным процессом и преследует достижение трех различных целей – повышения производительности, повышение качества конечного продукта и снижение энергозатрат. Для достижения этих целей рационально применять распределенное управление к обогащательному комплексу, что позволит рассматривать каждый его механизм по отдельности и в контексте работы общей системы. При этом целесообразно использование современных интеллектуальных способов автоматизированного управления: оптимальное и адаптивное управление, средства искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетические алгоритмы, гибридные модели. Исследования показывают, что нечеткое управление гидроциклоном второй стадии измельчения позволяет учитывать множество зависимостей и вырабатывать управляющие воздействия, зависящие от многих параметров. Кроме того, данный подход позволяет работать в условиях неопределенных параметров. Представленная система управления самообучается и самонастраивается, а также учитывает связь с предыдущей и последующей стадией измельчения, влияя на общую распределенную систему. Дальнейшие исследования предполагают более глубокое исследование связи между механизмами различных стадий измельчения и их влияния на конечный результат системы этого процесса.

Ключевые слова. Гидроциклон, обогащение, система управления, распределенные системы, нечеткая логика, системный подход.

Савицкий А.И., Тимошенко М. А. Нечітке управління гідроциклоном при невизначених параметрах

Збагачення є комплексним складним процесом і переслідує досягнення трьох різних цілей - підвищення продуктивності, підвищення якості кінцевого продукту і зниження енерговитрат. Для досягнення цих цілей раціонально застосовувати розподілене управління до збагачувального комплексу, що дозволить розглядати кожен його механізм окремо і в контексті роботи загальної системи. При цьому доцільне використання сучасних інтелектуальних способів автоматизованого управління : оптимальне і адаптивне управління, засоби штучного інтелекту, нечіткої логіки, генетичні алгоритми, гібридні моделі. Дослідження показують, що нечітке управління гідроциклоном другої стадії подрібнення дозволяє враховувати безліч залежностей і виробляти дії, що управляють, залежні від багатьох параметрів. Крім того, цей підхід дозволяє працювати в умовах невизначених параметрів. Представлена система управління самообучається і самонастраивается, а також враховує зв'язок з попередньою і наступною стадією подрібнення, впливаючи на загальну розподілену систему. Подальші дослідження припускають глибше дослідження зв'язку між механізмами різних стадій подрібнення і їх впливу на кінцевий результат системи цього процесу.

Ключові слова: Гідроциклон, збагачення, система управління, розподілені системи, нечітка логіка, системний підхід.

Савицкий А.И., Tymoshenko M. A. Unclear management hydrocyclone at indefinite parameters

Enriching is a complex difficult process and pursues achievement of three different aims - increases of the productivity, upgrading of the finished good and decline of energy expenses. For achievement of these aims rationally to apply the up - diffused management to the concentrating complex, that will allow to examine every his mechanism on a separateness and in the context of work of the general system. The use of modern intellectual methods of the automated management is thus expedient: optimal and adaptive management, mean of artificial intelligence, fuzzy logic, genetic algorithms, hybrid models. Researches show that an unclear management hydrocyclone of the second stage of growing shallow allows to take into account the great number of dependences and produce managing influences, depending on many parameters. In addition, this approach allows to work in the conditions of indefinite parameters. Presented control system is self taught and is self influenced, and also connection takes into account with the previous and subsequent stage of growing shallow, influencing on the general distributed system. Further researches suppose deeper research of connection between the mechanisms of the different stages of growing and their influence shallow on end - point of the system of this process.

Keywords. Hydrocyclone, enriching, control system, distributed systems, fuzzy logic, approach of the systems.

УДК 681.51: 622.788

Лобова К.В. Модель керування термічною обробкою котунів на конвеєрній випалювальній машині за методом зворотного якобіана

Показано, що для підвищення продуктивності конвеєрної випалювальної машини і якості котунів ефективним є впровадження для цієї мети комп'ютеризованих систем керування технологічним процесом опалу котунів, що в своєму складі використовують спеціальні моделі. Тому запропоновано для керування термічною обробкою котунів на конвеєрній випалювальній машині використати модель автоматизованої системи керування, яка ґрунтується на методі зворотного якобіана.

Згідно з методом зворотних операторів при синтезі систем автоматизованого керування випалювальної машини побудована система пристроїв, що реалізують потрібне перетворення. Такі перетворення зворотні тим, які здійснюються над відповідними змінними в самому об'єкті та в додаткових вимірювально-обчислювальних пристроях, що порівнюють. Для цього синтез системи автоматизованого керування випалювальної машини за методом зворотних операторів запропоновано виконати на алгоритмічній системі управління, яка дозволяє простежити алгоритм перетворення змінних. Усе це дозволило побудувати структурну схему системи автоматизованого керування випалювальної машини за методом зворотного оператора. Ця схема представлена пристроями неузгодження і перетворення та задатчиком вхідних параметрів, які представляються квазізворотньою моделлю конвеєрної випалювальної машини. Розроблена автоматизована система керування має модель об'єкту і квазізворотню модель, які описуються системою диференціальних рівнянь. Передбачається побудова локальної самоналагоджувальної за поточними значеннями

параметрів моделі. Вказано, що алгоритм керування конвеєрною випалювальною машиною за методом зворотного оператора, як це видно з наведеного аналізу, вимагає отримання зворотних матриць.

Ключові слова: конвеєрна випалювальна машина, котуни, структурна схема, модель об'єкту, матриця, квазізворотна модель, зворотній якобіан.

Лобова К.В. Модель управления термической обработкой котунов на конвейерной обжигательной машине за методом обратного якобиана

Показано, что для повышения производительности конвейерной обжиговой машины и качества окатышей эффективным является внедрение для этой цели компьютеризованных систем управления технологическим процессом обжига окатышей, что в своем составе используют специальные модели. Поэтому предложено для управления термической обработкой окатышей на конвейерной обжиговой машине использовать модель автоматизированной системы управления, которая основывается на методе обратного якобиана.

Согласно методу обратных операторов при синтезе систем автоматизированного управления обжиговой машины построена система устройств, которые реализуют нужное превращение. Такие превращения обратны тем, которые осуществляются над соответствующими переменными в самом объекте и в дополнительных измерительно-вычислительных устройствах, которые сравнивают. Для этого синтез системы автоматизированного управления обжиговой машины за методом обратных операторов предложено выполнить на алгоритмической системе управления, которая позволяет проследить алгоритм превращения переменных. Все это позволило построить структурную схему системы автоматизированного управления обжиговой машины за методом обратного оператора. Эта схема представлена устройствами несогласования и превращения и задатчиком входных параметров, которые представляются квазиобратной моделью конвейерной обжиговой машины. Разработанная автоматизированная система управления имеет модель объекта и квазиобратная модель, которые описываются системой дифференциальных уравнений. Предусматривается построение локальной самонастраивающейся за текущими значениями параметров модели. Указано, что алгоритм управления конвейерной обжиговой машиной за методом обратного оператора, как это видно из приведенного анализа, требует получения обратных матриц.

Ключевые слова: конвейерная обжиговая машина, окатыши, структурная схема, модель объекта, матрица, квазиобратная модель, обратный якобиан.

Lobova K.V. Case heat treatment of pellets frame on a conveyer roaster machine after the method of reverse jakobiana

It is shown that for the increase of the productivity of conveyer roaster machine and quality of pellets effective is introduction for this purpose of the computer-assisted systems of technological process of burning of pellets control, that in the composition use the special models. It is therefore suggested for a management heat treatment of pellets on a conveyer обжигательной machine to use the model of CAS of management, which is based on the method of reverse jakobiana.

According to the method of reverse operators at the synthesis of the systems of the automated management of roaster machine the built system of devices which will realize necessary transformation. Such transformations are reverse to those, which are carried out above corresponding variables in an object and in additional instrumentation-calculable devices which compare. For this purpose synthesis of the system of the automated management of roaster machine after the method of reverse operators it is suggested to execute on algorithmic control system, which allows to trace the algorithm of transformation of variables. All of it allowed to build the flow diagram of the system of the automated management of roaster machine after the method of reverse operator. This chart is presented by the devices of unconcordance and transformation and controller of entry parameters which appear the kvazireverse model of conveyer roaster machine. The worked out CAS of management has a model of object and quasi-inverse model, which are described by the system of differential equalizations. The construction of local self-tuning after the current values of parameters model is foreseen. It is indicated that the algorithm of management a conveyer roaster machine after the method of reverse operator, as it is visible from the brought analysis over, requires the receipt of inverse matrices.

Keywords: conveyer roaster machine, pellets, flow diagram, model of object, matrix. quasi-inverse model, reverse jakobian.

УДК 622.807.622.684

Нестеренко О.В., Швагер Н.Ю., Комиссаренко Т.А., Домничев Н.В., Нестеренко И.А. Связывание частиц пыли мостиками жидкости при ее загущении

В связи со значительными темпами снижения глубины железорудных карьеров возрастает роль автомобильного транспорта, при перемещении горной массы. Одновременно с этим также возрастает грузоподъемность автосамосвалов. Это в свою очередь приводит к увеличению давления на полотно временных щебеночных карьерных и прикарьерных технологических автодорог. Следствием этого является переизмельчение щебня, что приводит к неорганизованному выбросу пыли в атмосферу.

Для борьбы с таким негативным явлением чаще всего используют воду или водные растворы солей.

Взаимодействие частиц пыли, находящихся в перманентно изменяющейся жидкой среде, для простоты можем представить в виде двух частиц в первоначально переувлажненной среде.

Для борьбы с этим негативным явлением чаще всего используют воду или водные растворы солей магния или кальция, которые образуют вокруг пылинок в щебенной смеси полотна дороги жидкие манжеты (мостик). Прочность манжет при связывании каменного материала определяется комплексным взаимодействием физико-химических свойств жидкости и связуемой пыли.

Связи между частицами пыли в этот период обеспечиваются за счет прочности жидких манжет. Однако эти связи непрочны. При механическом внешнем воздействии на пылинки расстояние между ними значительно сокращается в вследствие чего происходит уплотнение щебня. Это приводит к существенному удалению жидкости из щебня, переупаковки частиц пыли при одновременном и интенсивном испарении влаги.

Ключевые слова. аутогезия, адгезия щебеночные автодороги, водные растворы солей.

Нестеренко О. В., Швагер Н.Ю., Комиссаренко Т. А., Домничев Н.В., Нестеренко И.А. Зв'язування часток пилу містками рідини при її загущенні

У зв'язку зі значними темпами зниження глибини залізрудних кар'єрів зростає роль автомобільного транспорту, при переміщенні гірської маси. Одночасно з цим також зростає вантажопідйомність автосамоскидів. Це у свою чергу призводить до збільшення тиску на полотно тимчасових щебеневих кар'єрних і прикарьерних технологічних автодоріг. Наслідком цього є переподрібнення щебеня, що призводить до неорганізованого викиду пилу в атмосферу.

Для боротьби з таким негативним явищем найчастіше використовують воду або водні розчини солей.

Взаємодія часток пилу, що знаходяться в рідкому середовищі, що перманентно змінюється, для простоти можемо представити у вигляді двох часток в спочатку перезволоженому середовищі.

Для боротьби з цим негативним явищем найчастіше використовують воду або водні розчини солей магнію або кальцію, які утворюють навколо порошинок в щебеневій суміші полотна дороги рідкі манжети (місток). Міцність манжет при зв'язуванні кам'яного матеріалу визначається комплексною взаємодією фізико-хімічних властивостей рідини і зв'язуваної пилу.

Зв'язки між частками пилу в цей період забезпечуються за рахунок міцності рідких манжет. Проте ці зв'язки неміцні. При механічній зовнішній дії на порошинки відстань між ними значно скорочується у вслідствии чого відбувається ущільнення щебеня. Це призводить до істотного видалення рідини з щебеня, переупаковки часток пилу при одночасному і інтенсивному випарі вологи.

Ключові слова. аутогезія, адгезія щебеневі автодороги, водні розчини солей.

Nesterenko O.V., Shvager N.Ju., Komissarenko T.A., Domnichev Y.V., Nesterenko I.V. Fastening of particles of dust by the bridges of liquid at her densifying

The role of motor transport increases in connection with the considerable rates of decline of depth of iron-ore quarries, at moving of mountain mass. At the same time the carrying capacity of автосамосвалов increases also. It in turn results in the increase of pressure on linen temporal macadam quarry and прикарьерных of technological motorways. Investigation of it is переизмельчение of macadam, that results in the unorganized troop landing of dust in an atmosphere.

For a fight against such negative phenomenon mostly use water or aquatic solutions of salts.

Co-operation of particles of dust, being in a permanently changing liquid environment, for simplicity can present as two particles in the originally water-logged environment.

For a fight against this negative phenomenon mostly use water or aquatic solutions of salts of magnesium or calcium, which form round the specks of dust liquid cuffs (bridge) are expensive in macadam mixture of linen. Durability of cuffs at fastening of lithoidal material is determined by complex co-operation of physical and chemical properties of liquid and зв'язуваної of dust.

Connections between the particles of dust in this period are provided due to durability of liquid cuffs. However these connections are flimsy. At the mechanical external affecting specks of dust distance between them considerably grows short in вслідствии what a compression of macadam is. It results in the substantial moving away of liquid from a macadam, recooperating of particles of dust at simultaneous and intensive evaporation of moisture.

Keywords. autogesion, adgezion of is macadam motorways, aquatic solutions of salts

УДК 331.45(0.041):69.059.7

Шаповалов В.А. Оцінка виробничої безпеки та розробка проектно-технологічної документації при реконструкції будівель і споруд

На сьогоднішній день 60% від загального обсягу будівельно-монтажних робіт припадає на роботи, що виконуються в умовах реконструкції будівель і споруд. Технологія і організація будівельного виробництва при реконструкції будівель і споруд має ряд особливостей, у порівнянні з новим будівництвом, які створюють специфічні умови праці і впливають на виробничу безпеку. Роботи з реконструкції будівель і споруд відрізняються підвищеною трудомісткістю у порівнянні з новим будівництвом. Монтаж та демонтаж будинків, споруд, а також відновлення та зміцнення їх аварійних частин відносяться до робіт з підвищеною небезпекою. Роботи з реконструкції будівель і споруд проводяться, як правило, в умовах діючих підприємств або житлових комплексів, із сформованими, щільно забудованими генеральними планами і розвиненою інфраструктурою. В умовах діючих підприємств небезпека робіт з реконструкції обумовлюється впливом комплексу несприятливих чинників виробничого середовища. Одним з найважливіших факторів, що впливає на безпеку праці є необхідність проведення робіт з реконструкції в обмежених умовах за відсутності нормативних площ або простору для нормального виконання будівельних робіт. Проведення робіт з реконструкції в обмежених умовах вимагає постійної підвищеної уваги до процесу виробництва, додаткових фізичних витрат, пов'язаних з обережним переміщенням конструкцій і багаторазовим маніпулюванням, що, відповідно, збільшує напруженість праці і підвищує ризики травмування. Роботи з реконструкції будівель і споруд супроводжуються утворенням великої кількості будівельного сміття і виділенням пилу, диму і випарувань. У зв'язку з цим, розробку заходів щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці під час проведення робіт з реконструкції будівель і споруд необхідно починати на стадії розробки проектно-технологічної документації.

Шаповалов В.А. Оценка производственной безопасности и разработка проектно-технологической документации при реконструкции зданий и сооружений

В настоящее время 60% от общего объема строительно-монтажных работ приходится на работы, которые выполняются в условиях реконструкции зданий и сооружений. Технология и организация строительного производства при реконструкции зданий и сооружений имеет ряд особенностей, по сравнению с новым строительством, которые формируют специфические условия труда и влияют на производственную безопасность. Работы при реконструкции зданий и сооружений отличаются повышенной трудоемкостью по сравнению с новым строительством. Монтаж и демонтаж зданий, сооружений, а также восстановление и укрепление их аварийных частей относятся к работам с повышенной опасностью. При реконструкции зданий и сооружений работы проводятся, как правило, в условиях действующих предприятий или жилых комплексов, с плотно застроенными генеральными планами и развитой инфраструктурой. В условиях действующих предприятий опасность работ при реконструкции обуславливается влия-

нием комплекса неблагоприятных факторов производственной среды. Одним из важнейших факторов, влияющих на безопасность труда, является необходимость проведения реконструкции в стесненных условиях при отсутствии нормативных площадей или пространства для нормального выполнения строительных работ. Проведение работ в стесненных условиях требует постоянного повышенного внимания к процессу производства, дополнительных физических затрат, связанных с осторожным перемещением конструкций и многократным манипулированием, что, соответственно, увеличивает напряженность труда и повышает риски травмирования. Работы при реконструкции зданий и сооружений сопровождаются образованием большого количества строительного мусора и выделением пыли, дыма и паров. В связи с этим, разработку мероприятий по обеспечению безопасных и безвредных условий труда при реконструкции зданий и сооружений необходимо начинать на стадии разработки проектно-технологической документации.

Shapovalov V.A. Industrial safety evaluation and working out of design-technological documentation when reconstructing buildings and structures

Nowadays 60% of construction works are the reconstruction works of the buildings and structures. The technology and organization of the construction process under the circumstances of reconstruction have a set of features in comparison with the new construction. These features produce specific working conditions and influence industrial safety. Reconstruction works are distinct in excessive labor intensity in comparison with the new construction. Construction and reconstruction of the buildings and structures and also strengthening of their dangerous parts refer to the works with the increased risk. When buildings and structures are reconstructed, as a rule the works are carried under the conditions of the operating enterprises or residential complexes with the densely built-up general plans and developed infrastructure. Under the circumstances of the operating enterprises the risk of the works is determined by the influence of the complex of the industrial environment disadvantages. One of the most important factors, influencing labor safety is the necessity of reconstruction under the tight working place in the absence of norm areas or space for the efficient carrying the constructions works out. The carrying out of the works in the tight working space requires higher attention to the industrial process, additional physical expenses connected with the careful structures' replacement and multi-manipulation. These factors increase the intensity of work and injury risks. Reconstruction works are accompanied with the big amount of the material debris, dust, fumes and vapors. In this connection, the working out of the events to produce safe and non-hazardous working conditions should be started at the stage of the design-technological documentation's working out.

УДК 622.271: 342

Гурин А.А., Деньгуб В.И., Деньгуб Т.В. О подъеме пылегазового облака под метательным воздействием взрывчатых веществ

Известен метод расчета динамической высоты подъема пылегазового облака, созданный на основе кинематической теории струй. Однако он не учитывает массы зарядов и дает завышенные результаты расчетов по сравнению с промышленными наблюдениями.

Предлагается уточненный метод расчета динамического подъема продуктов детонации взрывчатых веществ с учетом массы заряда в скважине и сжимаемости атмосферного воздуха на фронте ударной воздушной волны.

Сравнение полученных результатов расчета с опытными данными подтверждают корректность предлагаемого метода расчета и его пригодность для оценки динамических высот подъема пылегазовых облаков при взрывных работах.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Исследованием процесса формирования пылегазового облака при массовых взрывах в карьерах занимались многие исследователи [1-4]. Определения высоты выброса пылегазового облака по формуле нормативного документа показывает, что она, как правило, превышает 100-150 м [1]. Результаты теоретических, полигонных и промышленных исследований, приведенные в работах [2-6], показывают, что величина динамического (под действием детонации взрывчатых веществ) подъема облака оказывается меньшей, чем дают формулы, приведенные в нормативной литературе, что приводят к завышенной оценке выбросов вредных газов и пыли в атмосферу.

В связи с изложенным возникает необходимость определить начальную высоту подъема пылегазового облака, обусловленную метательным действием взрывчатых веществ. В конечном итоге знание этого параметра позволит более точно описать полный процесс формирования и рассеяния пылегазового облака.

Гурин А.О., Деньгуб В.И., Деньгуб Т.В. Про підйом пилогазової хмари під металною дією вибухових речовин

Відомий метод розрахунку динамічної висоти підйому пилогазового хмари, створений на основі кінематичної теорії струменів. Проте він не враховує маси зарядів і дає завищені результати розрахунків в порівнянні з промисловими спостереженнями.

Пропонується уточнений метод розрахунку динамічного підйому продуктів детонації вибухових речовин з урахуванням маси заряду у свердловині і стисливості атмосферного повітря на фронті ударної повітряної хвилі.

Порівняння отриманих результатів розрахунку з досвідченими даними підтверджують коректність запропонованого методу розрахунку і його придатність для оцінки динамічних висот підйому пилегазових хмар при вибухових роботах.

Дослідженням процесу формування пилегазового хмари при масових вибухах в кар'єрах займалися багато дослідників [1-4]. Визначення висоти викиду пилегазового хмари по формулі нормативного документу показує, що вона, як правило, перевищує 100-150 м [1]. Результати теоретичних, полігонних і промислових досліджень, приведені в роботах [2-6], показують, що величина динамічного (під дією детонації вибухових речовин) підйому хмари виявляється меншою, ніж дають формули, приведені в нормативній літературі, що приводять до завищеної оцінки викидів шкідливих газів і пилу в атмосферу.

У зв'язку з викладеним виникає необхідність визначити початкову висоту підйому пилегазового хмари, обумовлену металною дією вибухових речовин. Зрештою знання цього параметра дозволить точніше описати повний процес формування і розсіяння пилегазового хмари.

Gurin A.A., Dengub V.I., Dengub T.V. On the rise of dust and gas clouds being thrown impact explosives

The method of calculation of dynamic height of getting up of ardor of gas cloud is known, created on the basis of kinematics theory of streams. However he takes into account mass of charges and gives the overpriced results of calculations as compared to industrial supervisions.

The specified method of calculation of the dynamic getting up of foods of detonation of explosives is offered taking into account mass of charge in a mining hole and compressibility of atmospheric air at the front of shock air wave.

Comparing of the got results of calculation to the experienced data is confirmed by correctness of the offered method of calculation and his fitness for the estimation of dynamic heights of getting up of пыле газовых clouds at explosive works.

Problem and her connection with scientific and practical tasks. By research of process of forming of пылегазового cloud at mass explosions in careers many researchers [occupied 1-4]. Determinations of height of the troop landing of пылегазового cloud on the formula of normative document shows, that she, as a rule, exceeds a 100-150 m [1]. Results of theoretical, ground and industrial researches, resulted in works [2-6], show that the size of the dynamic (under the action of detonation of explosives) getting up of cloud appears less, than give formulas, resulted in normative literature, that over is brought to the overextension of extrass of harmful gases and dust in an atmosphere.

In connection with изложенным there is a necessity to define the initial height of getting up of ardor of gas cloud, conditioned by the missile action of explosives. In the end knowledge of this parameter will allow more exactly to describe the complete process of forming and dispersion of ardor of gas cloud.

УДК 622.28.04

Лапшин О.С., Гацький А.К., Гацький І.А., Бондаренко Т.Г. Запобіжне пересувне кріплення для попередження травмування працюючих в гірничих виробках

Назріла необхідність розробки нових, нетрадиційних конструктивно-технологічних рішень в області проведення та кріплення гірничих виробок в залізрудних та інших галузях гірничодобувної промисловості. При проведенні в масиві порід гірничої виробки і в процесі її експлуатації необхідно зберегти необхідні розміри і форму поперечного перерізу виробки, а також забезпечити безпечні умови для роботи людей і транспорту. Це в більшості випадків досягається виконанням низки заходів, найважливішим з яких є зведення гірської кріплення. Важливим завданням при проведенні гірничих виробок у складних гірничо-геологічних умовах є забезпечення безпеки виконуваних робіт у вибої з легко обвалюючими породами покрівлі, де часто відбуваються нещасні випадки, травмування людей і утворення завалів, що призводить до порушення технологічного циклу з відповідними їм додатковими трудовими і фінансовими втратами. Основною причиною травматизму в прохідницьких забоях, є відсутність ефективних технологічних прийомів, зручних і надійних захисних засобів, які могли б забезпечити безпечне перебування людей у призабійній зоні при виконанні операцій прохідницького циклу. Вдосконалення тимчасового запобіжного кріплення та підвищення безпеки працюючих за рахунок використання рухомого модуля рам, що мають верхнє і бокове перекриття з відпрацьованої конвеєрної стрічки і розширення умов застосування.

Лапшин О.С., Гацький А.К., Гацький І.А., Бондаренко Т.Г. Предохранительное передвижное крепление для предупреждения травмирования работающих в горных выработках

Назрела необходимость разработки новых, нетрадиционных конструктивно-технологических решений в области проведения и крепления горных выработок в железорудных и других отраслях горнодобывающей промышленности. При проведении в массиве пород горной выработки и в процессе ее эксплуатации необходимо сохранить необходимые размеры и форму поперечного сечения выработки, а также обеспечить безопасные условия для работы людей и транспорта. Это в большинстве случаев достигается выполнением ряда мероприятий, важнейшим из которых является возведение горной крепи. Важной задачей при проведении горных выработок в сложных горно-геологических условиях является обеспечение безопасности выполняемых работ в забое с легко обваливаемыми породами кровли, где часто происходят несчастные случаи, травмы людей и образования завалов, что приводит к нарушению технологического цикла с соответствующими им дополнительными трудовыми и финансовыми потерями. Основной причиной травматизма в проходческих забоях, является отсутствие эффективных технологических приемов, удобных и надежных защитных средств, которые могли бы обеспечить безопасное пребывание людей в призабойной зоне при выполнении операций проходческого цикла. Усовершенствование временного предохранительного крепления и повышения безопасности работающих за счет использования подвижного модуля рам, имеющих верхнее и боковое перекрытия с отработанной конвейерной ленты и расширение условий применения.

Lapshin O.E., Hatskiy A. K., Hatskiy I.A., Bondarenko T.G. Precautionary mobile mounting for warnings injury working in the mines

There is a need to develop new, unconventional design and technological solutions in the field of fastening and mining in iron ore and other mining industries. In carrying out the array of rocks excavation and during its operation is necessary to maintain the required dimensions and shape of the cross-section of development, as well as provide a safe environment for people and vehicles. This in most cases is achieved by making a number of activities, the most important of which is the construction of the mining support. An important task during mining in complex geological conditions is to ensure the safety of works in the mine with easily crumble rocks roof, where they often have accidents, personal injuries and the formation of blockages, which leads to disruption of the technological cycle with the corresponding additional labor and financial losses. The main cause of accidents in tunnel faces, is a lack of effective technological methods, convenient and reliable protective equipment, which could ensure people stay safe near the wellbore when the driving cycle operations. Improving the safety of temporary fastening and improve the safety of workers due to the use of the movable module frames having upper and lateral overlap with the waste of the conveyor belt and extension of the application.

УДК 624.012.45

Валовой О.І., Єрмоєнко О.Ю., Валовой М.О. Методика оцінки деформативності складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами

Бетон та залізобетон отримав широкого розповсюдження, як будівельний матеріал, на теренах України. Серед залізобетонних конструкцій найбільшого поширення отримали складені залізобетонні конструкції. До складених відносять більшість збірно-монолітних залізобетонних конструкцій, які поєднують в собі окремі позитивні якості як збірного, так і монолітного залізобетону, завдяки чому є дуже рентабельними і зручними для будівництва. Все більш широке застосування збірно-монолітних і складених конструкцій пов'язано з реконструкцією і відновленням будівель та споруд, в процесі яких часто виникає необхідність підсилення несучих залізобетонних елементів. Залізобетонні конструкції і конструкції, які підсилюються при реконструкції будівель і споруд характеризуються загальним опором комбінованого перерізу з різних бетонів, з інтегральними властивостями за міцністю і деформативністю. Аналіз конструктивних особливостей і структури перерізів багат шарових і складених залізобетонних елементів показує, що в місцях з'єднань двох матеріалів відбувається різка зміна характеристик і фізико-механічних властивостей матеріалів. Зважаючи на це методи розрахунку, які традиційно базуються на гіпотезі спільності деформацій старого і нового матеріалів, вимагають аналізу, уточнення і відповідного корегування. Було узагальнено частину існуючих, на теперішній час, результатів експериментальних досліджень та методик розрахунку прогинів складених залізобетонних конструкцій з похилими тріщинами. Наведено основні положення методики розрахунку деформативності залізобетонних складених конструкцій за умови наявності похилих тріщин з врахуванням умовних зосереджених зсувів в швах між бегонами та порушення суцільності бетону. Для визначення дійсного напружено-деформованого стану залізобетонних складених конструкцій, що працюють з тріщинами, виникає необхідність у розгляді та аналізі всієї картини тріщиноутворення в процесі навантаження. Виконано порівняння розглядуваної методики розрахунку з нормативною методикою на підставі їх співставлення з експериментальними даними. Результати порівняльного аналізу переміщень для дослідних конструкцій показують істотну відмінність теоретичних прогинів, розрахованих за нормативною методикою і експериментальних значень в зоні утворення і розвитку похилих тріщин.

Валовой А. И., Еременко А.Ю., Валовой М.А. Методика оценки деформативности составленных железобетонных конструкций с наклонными трещинами

Бетон и железобетон получил широкого распространения, как строительный материал, на поприщах Украины. Среди железобетонных конструкций наибольшего распространения получили составленные железобетонные конструкции. К составленным относят большинство сборно-монолитных железобетонных конструкций, которые сочетают в себе отдельные позитивные качества как сборного, так и монолитного железобетона, благодаря чему является очень рентабельными и удобными для строительства. Все более широкое применение сборно-монолитных и составленных конструкций связано с реконструкцией и возобновлением зданий и сооружений, в процессе которых часто возникает необходимость усиления несущих железобетонных элементов. Железобетонные конструкции и конструкции, которые усиливаются при реконструкции зданий и сооружений характеризуются общим сопротивлением комбинированного перереза из разных бетонов, с интегральными свойствами за прочностью и деформативностью. Анализ конструктивных особенностей и структуры перерезов многослойных и составленных железобетонных элементов показывает, что в местах соединений двух материалов происходит резкое изменение характеристик и физико-механических свойств материалов. Принимая во внимание это методы расчета, которые традиционно базируются на гипотезе общности деформаций старого и нового материалов, требуют анализа, уточнения и соответствующего корегування. Была обобщена часть существующих, на настоящее время, результатов экспериментальных исследований и методик расчета прогибов составленных железобетонных конструкций с наклонными трещинами. Приведены основные положения методики расчета деформативности железобетонных составленных конструкций при условии наличия наклонных трещин с учетом условных сосредоточенных сдвигов в швах между бетонами и нарушения цельности бетона. Для определения действительного напряженно-деформированного состояния железобетонных составленных конструкций, которые работают с трещинами, возникает необходимость в рассмотрении и анализе всей картины тріщиноутворення в процессе нагрузки. Выполнено сравнение рассматриваемой методики расчета с нормативной методикой на основании их сопоставления с экспериментальными данными. Результаты сравнительного анализа перемещений для опытных конструкций показывают существенное отличие теоретических прогибов, рассчитанных по нормативной методике и экспериментальных значений в зоне образования и развития наклонных трещин.

Valovoy M.A., Eremenko A.Ju. Methods of estimation of deformability of the made reinforce-concrete constructions with sloping cracks

A concrete and reinforced concrete got wide distribution, as building material, on the walks of life of Ukraine. Among the reinforce-concrete constructions of most distribution got the made reinforce-concrete constructions. To made take most collapsible-monolithic reinforce-concrete constructions which combine in itself the separate positive internalss of the both collapsible and monolithic reinforced concrete, due to what is very cost-effective and comfortable for building. The more wideuse of collapsible-monolithic and made constructions is related to the reconstruction and proceeding in building and building in the process of which often there is a necessity of strengthening of bearing reinforce-concrete elements. Reinforce-concrete constructions and constructions which increase at the reconstruction of building and building characterized by general resistance of the combined cut from different concretes, with integral properties after durability and деформативностю. The analysis of structural features and structure of cuts of multi-layered and made reinforce-concrete elements shows that there is a dramatic change of descriptions and фізико in the places of connections of two materials - механічних properties of materials. Having regard to it the methods of calculation, which are traditionally based on the hypothesis of community of deformations old and new materials, require an analysis, clarification and corresponding корегування. Part of existent, on a present tense, results of experimental researches and methods of calculation of bendings of the made reinforce-concrete constructions was generalized with sloping cracks. Substantive provisions over of methods of calculation of деформативности of the reinforce-concrete made constructions are brought on condition of presence of sloping cracks taking into account the conditional concentrated changes in guy-sutures between concretes and violation of wholeness of concrete. For determination of the active tensely-deformed voice of the reinforce-concrete made constructions which work with cracks, there is a necessity for consideration and analysis of all picture of тріщиноутворення in the process of loading. Comparing of the examined methods of calculation is executed to the normative methods on the basis of their comparison with

experimental data. The results of comparative analysis of moving for the experienced constructions show the substantial difference of the theoretical bendings, expected on normative methods and experimental values in the area of education and development of sloping cracks.

УДК 622.7.341.1

Булах О.В., Булах О.О. Пошук рішень з підвищення ефективності збагачення окислених руд Кривбасу

Розглядається необхідність залучення у переробку окислених руд у зв'язку з їх великою розповсюдженістю. Це пов'язано з достатньо великим попитом на продукцію металургійних підприємств у всьому світі та зберігається тенденція збільшення виробництва залізородних концентратів. Розглянуті існуючі методи збагачення окислених залізистих кварцитів, що використовуються на підприємствах України, США та Бразилії, а саме випалмагнітний, флотацийний та магнітний метод з високою інтенсивністю магнітного поля. В теперішній час випалмагнітний метод збагачення окислених залізистих кварцитів не знайшов широкого розповсюдження через високу вартість енергоресурсів. Тому основними методами збагачення залишаються флотація та високоградієнтна магнітна сепарація.

При збагаченні окислених залізистих кварцитів в процесі рудопідготовки утворюється велика кількість шламів, які в свою чергу негативно впливають на наступні процеси магнітного збагачення та супроводжується частковою втра-тою рудних мінералів у відходах виробництва. Показано один з напрямків підвищення ефективності збагачення окислених руд який базується на виділенні шламової частини подрібненої руди у відвал і дозбагаченні знешламленого продукту за рахунок застосування магнітних сепараторів з сильним магнітним полем. Наведено дослідження з магнітного збагачення окислених залізистих кварцитів Кривбасу із попереднім знешламленням подрібненого матеріалу у гідроциклонах із кутом конусності 5 градусів, що дасть змогу отримувати конкурентоспроможний концентрат. Знешламлення подрібненої руди перед збагаченням значно підвищує якість магнітного продукту, та дозволяє зменшити втрати заліза загального в немагнітному продукті. Дана технологія дозволить отримати залізородний концентрат з масовою часткою заліза 65,1%.

Булах А.В., Булах О.А. Поиск решений по повышению эффективности обогащения окисленных руд Кривбасса

Рассматривается необходимость вовлечения в переработку окисленных руд в связи с их большой распространенностью. Это связано с достаточным большим спросом на продукцию металлургических предприятий во всем мире и сохраняется тенденция увеличения производства железородных концентратов. Рассмотрены существующие методы обогащения окисленных железистых кварцитов, которые используются на предприятиях Украины, США и Бразилии, а именно обжигмагнитный, флотационный и магнитный метод с высокой интенсивностью магнитного поля. В настоящее время обжигмагнитный метод обогащения окисленных железистых кварцитов не нашел широкого распространения из-за высокой стоимости энергоресурсов. Поэтому основными методами обогащения остаются флотація и высокоградиентная магнитная сепарація.

При обогащении окисленных железистых кварцитов в процессе рудоподготовки образуется большое количество шламов, которые в свою очередь негативно влияют на последующие процессы магнитного обогащения, и сопровождается частичной потерей рудных минералов в отходах производства. Показано одно из направлений повышения эффективности обогащения окисленных руд, которое базируется на выделении шламовой части измельченной руды в отвал и дообогащении безшламленного продукта за счет применения магнитных сепараторов с сильным магнитным полем. Приведены исследования магнитного обогащения окисленных железистых кварцитов Кривбасса с предварительной дешламацией измельченного материала в гидроциклонах с углом конусности 5 градусов, что даст возможность получать конкурентоспособный концентрат. Дешламация измельченной руды перед обогащением значительно повышает качество магнитного продукта, и позволяет уменьшить потери железа общего в немагнитном продукте. Данная технология позволит получить железородный концентрат с массовой долей железа 65,1%.

Bulakh A. V., Bulakh O. A. Searching for solutions to improve the efficiency of enrichment oxidized ores of Krivbass

Discusses the need for involvement in the processing of oxidized ores due to their high prevalence. This is due to sufficient demand for the products of metallurgical enterprises in the world and the trend of increasing production of iron ore concentrates. The existing methods of beneficiation of oxidized ferruginous quartzites, which are used at the enterprises of Ukraine, USA and Brazil, namely originality, flotation and magnetic method with high intensity magnetic field. Currently originality method of beneficiation of oxidized ferruginous quartzite has not found wide spread due to the high cost of energy. Therefore, the main methods of enrichment are flotation and high gradient magnetic separation.

With the beneficiation of oxidized ferruginous quartzites in the process of ore preparation generates large quantities of sludge, which in turn adversely affect the subsequent processes of magnetic enrichment, and is accompanied by a partial loss of ore minerals in waste production. This is one of directions of increase of efficiency of enrichment of oxidized ores, which is based on allocation of part of the slurry of the crushed ore to the dump and re-enrichment of declaiming product through the use of magnetic separator with strong magnetic field. Studies of magnetic beneficiation of oxidized ferruginous quartzites of Krivbass with the preliminary declaiming the crushed material in the hydrocyclone with a cone angle of 5 degrees, which will enable us to obtain competitive concentrate. The declaiming of the crushed ore before beneficiation can significantly improve the quality of the magnetic product, and reduces loss of total iron in non-magnetic product. This technology will allow to obtain iron ore concentrate with a mass fraction of iron to 65.1%.

УДК 378.14: 004.087

Доценко І.О. Інформаційні технології навчання - методологія і технологія навчально-виховного процесу з використанням новітніх електронних засобів

Нові інформаційні технології відкривають доступ до безмежного обсягу інформації, дають змогу активізувати інтелектуальні та пізнавальні можливості студентів. Традиційні методи підготовки фахівців відходять у минуле. Нині на перше місце виступає особистісно-орієнтований підхід до навчання кожного студента. Завдання сьогодення - впровадження найсучасніших інформаційно-освітніх технологій у практику вищої освіти. Метою таких технологій є надання викладачам можливостей викладання більшого обсягу навчального матеріалу на занятті, забезпечення

доступу викладачам і студентам до зовнішніх інформаційних ресурсів, проведення регулярного експрес-контролю знань студентів, збереження часу на створення методичного забезпечення з навчальних дисциплін.

Комп'ютерна (інформаційна) технологія навчання (КТН) спрямована на досягнення цілей інформатизації навчання на основі застосування комплексу функціонально залежних педагогічних, інформаційних, методологічних, психофізіологічних і ергономічних засобів і методик, створених і організованих на базі технічного і програмного забезпечення ЕОМ. Інформатизація навчального процесу значною мірою сприяє розв'язанню проблем його гуманізації, оскільки з'являються можливості значної інтенсифікації спілкування, врахування індивідуальних нахилів і здібностей, розкриття творчого потенціалу викладачів і студентів, диференціації навчання відповідно до особливостей студентів; звільнення викладача і студента від необхідності виконання рутинних, технічних операцій, надання їм широких можливостей для розв'язання пізнавальних, творчих проблем.

Науково обгрунтоване впровадження у вищу освіту інформаційних та телекомунікаційних технологій є необхідною умовою, щодо прискорення переходу України до інформаційного суспільства, зайняття нею гідного місця у світовому освітянському просторі.

Ключові слова: інформатизація, інформаційно-комунікаційні технології, програмне забезпечення, аудіовізуальні технології, методи і засоби навчання.

Доценко І.О. Информационные технологии учебы - методология и технология учебно-воспитательного процесса с использованием новейших электронных средств

Новые информационные технологии открывают доступ к безграничному объему информации, дают возможность активизировать интеллектуальные и познавательные возможности студентов. Традиционные методы подготовки специалистов отходят в прошлое. В настоящее время на первое место выступает личностно-ориентированный подход к учебе каждого студента. Задача сегодняшнего дня - внедрение самых современных информационно-образовательных технологий в практику высшего образования. Целью таких технологий является предоставление преподавателям возможностей преподавания большего объема учебного материала на занятии, обеспечение доступа преподавателям и студентам к внешним информационным ресурсам, проведение регулярного экспресс-контроля знаний студентов, сохранения времени на создание методического обеспечения из учебных дисциплин.

Компьютерная (информационная) технология учебы (КТН) направлена на достижение целей информатизации навчання на основе применения комплекса функционально зависимых педагогических, информационных, методологических, психофизиологических и эргономических средств и методик, созданных и организованных на базе технического и программного обеспечения ЭВМ. Информатизация учебного процесса в значительной степени способствует решению проблем его гуманизации, поскольку появляются возможности значительной интенсификации общения, учета индивидуальных наклонів и способностей, раскрытия творческого потенциала преподавателей и студентов, дифференциации учебы в соответствии с особенностями студентов; освобождение преподавателя и студента от необходимости выполнения рутинных, технических операций, предоставления им широких возможностей для решения познавательных, творческих проблем.

Научно обоснованное внедрение в высшее образование информационных и телекоммуникационных технологий является необходимым условием, относительно ускорения перехода Украины к информационному обществу, занятие ею достойного места в мировом просветительском пространстве.

Ключевые слова: информатизация, информационно-коммуникационные технологии, программное обеспечение, аудиовизуальные технологии, методы и средства учебы.

Dotsenko I.A. Information technologies of studies are methodology and technology of educational educator process with the use of the newest electronic facilities

New information technologies open access to the boundless volume of information, enable to activate intellectual and cognitive possibilities of students. The traditional methods of preparation of specialists will be departed in the past. Presently into first place the personality-oriented going comes forward near the studies of every student. A task of today is introduction of the most modern informatively-educational technologies in practice of higher education. The purpose of such technologies is a grant to the teachers of possibilities of teaching of greater volume of educational material on employment, providing of access to the teachers and students to the external informative resources, realization of regular expresscontrol of knowledge of students, maintenances of time on creation of the methodical providing from educational disciplines.

Computer (informative) technology of studies (КТН) is sent to achievement of aims of informatization of навчання on the basis of application of complex functionally dependent pedagogical, informative, methodological, психофизиологических and ergonomics facilities and methods, COMPUTERS created and organized on the base of the technical and programmatic providing. Informatization of educational process assists the decision of problems of his humanizing largely, as possibilities of considerable intensification of intercourse appear, account of individual inclinations and capabilities, opening of creative potential of teachers and students, differentiation of studies in accordance with the features of students; release of teacher and student from the necessity of implementation of conservative, technical operations, grants by him wide possibilities for the decision of cognitive, creative problems.

Scientifically reasonable introduction in higher education of information and telecommunication technologies is a necessary condition, in relation to the acceleration of transition of Ukraine to informative society, occupying by her deserving place in outer elucidative space.

Keywords: informatization, of informatively-communication technologies, software, audiovisual technologies, methods and facilities of studies.

УДК 621.77

Чубенко В.А., Хіноцька А.А., Чубенко В. Дослідження ефективності суспензійної розливки рідкої сталі у ливарно-прокатні кліті для виготовлення тонких смуг

Проаналізовано суміщення процесів лиття-прокатування для виготовлення металовиробів, що дозволяє зменшити витрати енергії на процес, собівартість прокатного виробництва, збільшити продуктивність праці, покращити якість

продукції. Визначено переваги та недоліки такого виробництва. Досліджено нову конструкцію ливарно-прокатної кліті для виготовлення тонких смуг з використанням безперервної валкової розливки рідкого металу. Пропонуємо устаткування складається з двох циліндричних горизонтальних валків, на які напесовано буртики, що забезпечує надійне утримання сталі. Запропоновано для запобігання виливання рідкого металу з поміж прокатних валків під час кристалізації застосовувати суспензійне розлиття, що дозволяє прискорити процес охолодження. Для утворення суспензії пропонується в рідкий метал додавати здрібнену сталеву стружку, яка зародить додаткові центри кристалізації. Досліджено швидкість охолодження сталі, час кристалізації та коефіцієнт витрати металу в умовах безперервної розливки у ливарно-прокатні кліті з використанням додаткових центрів кристалізації. Визначено, що швидкість кристалізації рідкої сталі збільшується на 26 – 28 %, тривалість кристалізації скорочується на 18 – 20%, коефіцієнт витрат металу зменшується приблизно на 2 % в валках-кристалізаторах в умовах безперервної суспензійної розливки сталі в порівнянні зі звичайною валковою розливкою рідкою металу в ливарно-прокатні кліті.

Ключові слова: валкова розливка, безперервне розлиття рідкої сталі, виготовлення смуг, швидкість охолодження, час кристалізації, витрати металу, ливарно-прокатна кліть, суспензійне розлиття сталі.

Чубенко В.А., Хинокская А.А., Чубенко В. Исследование эффективности суспензионной разливки жидкой стали в литейно-прокатные клетки для изготовления тонких полос

Проанализировано совмещение способов литья-прокатки для изготовления металлоизделий, что позволяют уменьшить затраты энергии на процесс, себестоимость прокатного производства, увеличить производительность труда, улучшить качество продукции. Определены преимущества и недостатки этого производства. Исследована новая конструкция литейно-прокатной клетки для изготовления тонких полос с использованием непрерывной валковой разливки жидкого металла. Предлагаемое устройство состоит из двух цилиндрических горизонтальных валков, на которые напесованы буртики, что обеспечивают надежное удержание стали. Предложено для предотвращения выливания жидкого металла между прокатными валками во время кристаллизации использовать суспензионную разливку, которая позволяет ускорить процесс охлаждения. Для образования суспензии предлагается в жидкий металл добавлять измельченную стальную стружку, которая зародает дополнительные центры кристаллизации. Исследованы скорость охлаждения стали, время кристаллизации и коэффициент использования материала в условиях непрерывной разливки в литейно-прокатные клетки с использованием дополнительных центров кристаллизации. Определено, что скорость кристаллизации жидкой стали увеличивается на 26 – 28 %, а продолжительность кристаллизации сокращается на 18-20 %, коэффициент использования материала уменьшается приблизительно на 2 % в валках-кристаллизаторах в условиях непрерывной суспензионной разливки стали по сравнению с обычной валковой разливкой жидкого металла в литейно-прокатные клетки.

Ключевые слова: валковая разливка, непрерывная разливка жидкой стали, изготовление полос, скорость охлаждения, время кристаллизации, использование материала, литейно-прокатная клетка, суспензионная разливка.

Chubenko V.A., Khinotska A.A., Chubenko V. Efficiency of suspension casting of liquid steel in Cast-rolling mill stands for thin strips production

The article deals with the integrated technology of casting and rolling in metal products manufacturing which allows of reducing power consumption per one operation and production costs, raising labour efficiency and improving the product quality. The benefits and drawbacks of proposed production method are determined. A new design of a cast-rolling mill stand for producing thin strips using continuous hot metal casting is studied. The offered equipment consists of two cylinder-type horizontal rollers with pressed-on beads to keep steel properly. To prevent running out of liquid metal into the roller-to-roller space in crystallizing suspension casting promoting the cooling rate is introduced. Swarf as dispersion agent is suggested to be added to the liquid metal for suspension creating. The steel cooling rate, crystallizing period and metal consumption factor in continuous casting in cast-rolling mill stands with additional centers of crystallization in steel mass is investigated. It is determined that the liquid steel rate of crystalline growth increases by 26 – 28 %, the crystallizing period reduces by 18 – 20 %, metal consumption factor decreases by about 2 % in rollers-crystallizers in continuous suspension steel casting as compared to conventional casting technologies.

Key words: roll casting, continuous casting, of liquid steel, strip production, cooling rate, crystallization period, metal consumption factor, cast-rolling stands, steel suspension casting.

Гірничий вісник

Науково-технічний збірник

Випуск 101

Редактор, коректор
Комп'ютерний набір, верстка

Кривенко Т.А., Наумова Н.В.
Самойлюк О.Г.

*Здано в набір 03.05.16. Підписано до друку 20.05.16 за рекомендацією Вченої Ради
ДВНЗ «Криворізький національний університет», протокол № 8 від 26.04.2016 року
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 27,0 Тираж 100 прим.
Замовл. № 4. Укр., рос.*

Надруковано:
ФОП Бурова Оксана Анатоліївна
Свідоцтво ДП № 159-р від 26.03.13.
мкр. Ювілейний, 10/104, м. Кривий Ріг, 50084
Тел. (056) 401 04 29

Адреса видавництва:
вул. В. Матусевича, 11, Кривий Ріг, 50027