

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ДВНЗ "Криворізький національний університет"

ГІРНИЧИЙ ВІСНИК

Науково-технічний збірник

Заснований у 1966 році

Випуск 98

Кривий Ріг, 2014

Редакційна колегія: **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; (відповідальний редактор); **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф.; (заст. відп. 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.; **Близнюков В.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Гурін А.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-минерал. наук; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Перегудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Рудь Ю.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.

Науково-технічний збірник внесено до Переліку фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук (наказ Міністерства освіти науки України № 455 від 15.04.2014 р.). Збірник надсилається до Національної бібліотеки України В.Л. Вернадського та провідних наукових бібліотек України. Збірник індексується у міжнародній наукометричній базі даних наукової електронної бібліотеки «eLIBRARY.ru»

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

Збірник розраховано на наукових й інженерно-технічних працівників, а також може бути використаний студентами вищих навчальних закладів.

Адреса редакції: 50002, Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 44.
ДВНЗ «Криворізький національний університет». Тел. 262 407.

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

Науково-технічний збірник

Заснований у 1966 р.

Випуск 98, 2014

Кривий Ріг

Зміст

Тищенко С.В., Еременко Г.И., Малых Д.Ю. Особенности разрушения массива горных пород, экранированного замкнутой динамической зоной	3
Федоренко П.И., Чепурной В.И., Ляш С.И. О возможностях снижения трудовых энерго и ресурсозатрат при подготовке блоков к очистным работам	5
Маланчук Є.З. Експериментальні дослідження закономірностей розподілу самородної міді за класами крупності на Рафалівському базальтовому кар'єрі	8
Фролов О.О. Формування ефективних режимів детонаційних енергетичних потоків при багаточковому ініціюванні свердловинних зарядів	12
Швагер Н.Ю., Домнічев М.В., Комісаренко Т.А., Нестеренко О.В. Рекомендації щодо набору індивідуального медичного спорядження громадян у зонах конфліктів та для повсякденного життя	16
Харин С.А. Автоматизация исследования влияния факторов проходческого цикла на темпы сооружения выработок в крепких породах	20
Сінчук О.М., Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А. Аналіз струму нульової послідовності асинхронних двигунів для бездатчикового керування	23
Кондратец В.А., Мацуї А.М. Исследование динамики пульпы в улитковом питателе при измельчении песков механического двухспирального классификатора	27
Куліковська О.Є. Аналіз геодезичного забезпечення території Криворізького регіону	32
Суртаєв В.В., Осипчук В.С. Перспективи розвитку галузі геотермальної енергетики в Україні	39
Єфіменко В.І., Чирва В.М., Савченко А.А., Сухан О.П., Гришковець Т.Ю., Возіян І.О., Наумова М.О. Експериментальні дослідження несучої здатності залізобетонних балок відновлених полімербетонними ремонтними сумішами	44
Назимко В.В., Мерзлікін А.В., Захарова Л.М., Ареф'єв Є.М. Аналіз відповідності програми розвитку гірничих робіт вугільної шахти проектно-орієнтованому стилю управління	48
Драбчук А.М., Калінічко Ю.П. Перспективи модернізації уловлювачів конвеєрних стрічок через впровадження інноваційних технологій у процес транспортування сипучих матеріалів	52
Суртаєв В.В. Сучасні конструкції зовнішніх огорожень будинків з підвищеним теплозахистом	55
Моркун В.С., Пикильняк А.В., Бережной Н.Н., Назимко Е.И. Анализ методов управления параметрами газовой фазы пульпы в процессе флотации	60
Орловський В.М. Термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні	63
Степанкіна І.Б. Удосконалення взаємодії кар'єрного транспорту	68
Рудь Ю.С., Радченко І.С., Белоножко В.Ю., Олейник С.Ю. Моделирование процесса разрушения кристаллических горных пород машинами ударного действия	73
Михайлів В.І. Критичний аналіз засобів та методів захисту інформації в хмарних системах зберігання даних	78
Моркун В. С., Моркун Н. В., Тронь В. В. Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_∞ -нормы	83
Микитин О.В. Характеристика цифрового датчика температуры DS18B20 фірми «Dallas Semiconductor» та дослідження його точності	86
Лобова К.В., Лобов В.Й. Аналіз і класифікація каналів зв'язку для АСУТП бурових верстатів	89
Почужевський О.Д., Ареф'єв Е.М. Сравнительная оценка технологий очистки конвейерных лент	97
Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тіторенко К.Г. Інтелектуальна система управління електроспоживанням дробарної фабрики	101
Пироженко А.В., Пироженко Т.В. Основа опори без застосування інвентарних вантажів для високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач	106
Бурнасєв П.В. Критерії оптимальності задачі складання розкладу занять в системі управління ресурсами як підсистеми АСУ ВИШУ	109
Лобов В.Й. Адаптивне керування процесом нарізання борозни сошником сівалки	115
Рудь Ю.С., Радченко І.С., Малиновская С.И., Белоножко В.Ю. Расчет спектров поглощения и рассеяния света наночастицами магния	120
Рыбальченко М.А., Головка В.И., Верховская А.А., Папанов Г.А. Моделирование векторного управления асинхронным электродвигателем затвора весовой воронки системы шихтоподачи доменной печи	126
Моркун В.С., Харламенко В.Ю. Розробка алгоритму формування узгодженого керування швидкостями робочих валків обтискної кліті блюмінга з визначенням пробуксовок	130

<i>Азарян А.А., Швец Д.В.</i> Анализ средств и методов контроля качества железорудного сырья на этапе подготовке руды к обогащению	135
<i>Сидоренко В.Д., Шолох М.В., Сергеева М.П.</i> Опрацювання даних лазерного 3d-сканування з використанням комплексних програми	142
<i>Здециц В.М., Шолох М.В., Сергеева М.П.</i> Методи та засоби дослідження геомеханічних процесів у гірському масиві	147
<i>Ibrahima Bah, Valery Pozdnyakov, Stupnik N.I, Kalinichenko V.O., Kalinichenko O.V.</i> Strategie de recherche scientifique du departement de Genie industriel et maintenance de l'institut polytechnique de l'universite Gamal Abdel Nasser de Conakry	152
<i>Журавлев Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова И.А., Чупринов Е.В.</i> Технология получения офлюсованного окускованного материала для доменной плавки с повышенным содержанием железа	154
<i>Лапшина Д.О.</i> Нормалізація мікроклімату в підземних камерах шахт з працюючим обладнанням	157
<i>Журавлев Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова И.А., Чупринов Е.В.</i> Технология получения сырых окатышей с закатанным внутрь твердым топливом	162
<i>Афанас'єв В.Д., Гненна О.В.</i> Дослідження накопичувального впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників підземного Кривбасу	166
<i>Лапшин О.Є., Гурін А.О., Лапшин О.О., Радіоненко Б.М.</i> Підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах у гірництві	169
<i>Барановская М.Л., Тютюк В.К.</i> Математическое моделирование переходных процессов при ОЗЗ в распределительных сетях 6-35 кВ	174
<i>Палійчук О.В.</i> Оцінка стану гірських порід на територіях гірничопромислових комплексів	178
<i>Анотації</i>	184

С.В. ТИЩЕНКО, д-р техн. наук, Г.И. ЕРЕМЕНКО, канд. техн. наук,
Криворожский национальный университет
Д.Ю. МАЛЫХ, ПАО «ИнГЭК»

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД, ЭКРАНИРОВАННОГО ЗАМКНУТОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНОЙ

Рассмотрен эффект от использования взрыва динамической зоны в качестве экрана для разрушаемого массива горных пород в условиях открытой разработки полезного ископаемого. Сохранить законтурный массив возможно только при изменении традиционных методов ведения взрывных работ.

Во взрывном деле разработано много технологических приемов, позволяющих управлять действием взрыва в зависимости от конкретных горно-геологических условий ведения взрывных работ. Для получения необходимого результата варьируют пространственным расположением зарядов ВВ в горном массиве, временем их последовательного взрывания, конструкцией зарядов. Перспективным методом управления действием взрыва является создание специальных искусственных зон с помощью взрывов скважинных зарядов, расположенных на границе разрушаемого массива горных пород или его части перед инициированием основных зарядов дробления. Такие зоны могут использоваться в качестве экрана, предохраняющего от разрушения законтурный массив, снижения сейсмического действия взрыва, а также с целью отражения волн сжатия, т.е. направление отраженной волны растягивающих напряжений в заданный объем, подлежащий разрушению. Описанный механизм взрывного нагружения может вызывать процесс разрушения хрупкого тела, каким является горная порода.

Проблема снижения отрицательного взрывного воздействия на законтурный массив в практике ведения взрывных работ открытым способом решается двумя различными методами: применением скважинных зарядов ВВ уменьшенной плотности и использование вдоль границы разрушаемого горного массива предварительного контурного взрывания.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Качество дробления взорванной горной массы - это один из основных показателей эффективности работы буровзрывного комплекса которая во многом зависит от технологии ведения взрывных работ.

Составляющие технологии ведения взрывных работ в значительной степени предполагают характер распределения энергии взрыва в разрушаемом массиве горных пород и влияют на интенсивность его дробления.

Современные методы ведения взрывных работ объединяет то, что разрушаемый уступ горных пород подвергается взрывному воздействию от ранее произведенных взрывов. Очевидно, что проблема негабаритной фракции, как правило, связана с тем, что разрушаемый горный массив имеет неоднородную целостность из-за образования в его верхней части хаотической искусственной системы структурных нарушений и заколов от действия ранее произведенных взрывов.

Сохранить законтурный массив возможно только при изменении традиционных методов ведения взрывных работ.

Анализ исследований и публикаций. Во взрывном деле разработано много технологических приемов, позволяющих управлять действием взрыва в зависимости от конкретных горно-геологических условий ведения взрывных работ. Для получения необходимого результата варьируют пространственным расположением зарядов ВВ в горном массиве, временем их последовательного взрывания, конструкцией зарядов. Перспективным методом управления действием взрыва является создание специальных искусственных зон с помощью взрывов скважинных зарядов, расположенных на границе разрушаемого массива горных пород или его части перед инициированием основных зарядов дробления. Такие зоны могут использоваться в качестве экрана, предохраняющего от разрушения законтурный массив, снижения сейсмического действия взрыва, а также с целью отражения волн сжатия, т.е. направление отраженной волны растягивающих напряжений в заданный объем, подлежащий разрушению. Описанный механизм взрывного нагружения может вызывать процесс разрушения хрупкого тела, каким является горная порода.

Постановка задания. Проблема снижения отрицательного взрывного воздействия на законтурный массив в практике ведения взрывных работ открытым способом решается двумя различными методами: применением скважинных зарядов ВВ уменьшенной плотности и использование вдоль границы разрушаемого горного массива предварительного контурного взрывания.

Некоторые исследования [1] свидетельствуют о том, что отрицательное взрывное воздействие на законтурный горный массив зарядов ВВ уменьшенной плотности слабее, чем при взрыве зарядов стандартной плотности. Однако многие исследователи [2,3] утверждают, что взрывное воздействие в том и в другом случае одинаково для рассредоточенных скважинных зарядов. Этот факт объясняется механизмом передачи энергии окружающей горной породе. Под влиянием взрывной полости, энергия горному массиву передается последовательными импульсами, вследствие чего увеличивается общее время взрывного воздействия, в том числе и на законтурный массив. За счет уменьшения зоны дробления увеличивается трансформация энергии взрыва в горный массив.

В практике ведения взрывных работ при традиционной взрывной отбойке горных пород [4] задача сохранения законтурного массива не реализуется. Это объясняется высокой стоимостью работ по буровзрывному комплексу и продолжительностью времени реализации данной технологии. При этом тенденция глубоких железорудных карьеров, уменьшение ширины рабочих площадок ограничивает область их применения.

Изложение материала и результаты. С целью решения проблемы качества взорванной горной массы в условиях ведения взрывных работ на узких рабочих площадках в глубоких железорудных карьерах и снижения отрицательного воздействия на законтурный горный массив при производстве взрывных работ разработана технология взрывного разрушения горных пород, основанная на предварительном экранировании разрушаемого массива взрывной динамической зоной [5].

Защитная динамическая зона, экранирующая разрушаемый горный массив от целика, формируется при взаимодействии смежных скважинных зарядов ВВ, расположенных по периметру разрушаемого горного массива. При их последовательном инициировании, которое осуществляется перед взрыванием основных зарядов дробления, горный массив, заключенный между взаимодействующими зарядами ВВ, образующими взрывную динамическую зону, концентрирует напряжения, значения которых намного превышают напряжение на целике. По линии, соединяющей оба заряда ВВ, горный массив значительно ослабляется, а поскольку он находится в волновом поле напряжений, то процесс развития трещин интенсивно распространяется в направлении взорвавшегося заряда ВВ. Взрыв последующего заряда проявляется как начальный импульс дальнейшего наиболее благоприятного направления роста трещин. В развитии направленной системы разрушения важную роль играют вынужденные продольные колебания, максимальная интенсивность которых проявляется по линии, образующей границу динамической защитной зоны.

Система уравнений, позволяющая описать процесс образования поверхности разрушения, рассматривается в неподвижной Декартовой системе координат.

Уравнение сохранения импульса

$$\rho V_t' = \sigma_{i,\gamma} + x_i, \quad (i, \gamma) = (\overline{1,3}).$$

Уравнение сохранения горной массы

$$\rho_t' + \rho di\bar{V} = 0.$$

Соотношение взаимосвязи компонента тензора скорости деформации l_{ij} через компоненты вектора связи V_i материальной частицы имеет вид

$$l_{i\gamma} = 1/(2V_{i\gamma} + V_{\gamma i}),$$

деформация среды ε_{ij} выражается через смещение \bar{u} при помощи обычных соотношений механически сплошной среды, а само смещение определяется из условий

$$\begin{cases} r_t' = \bar{U}(r, t) \\ \bar{u} = r - r_o. \end{cases}$$

Быстрое отделение напряженной части массива от основного массива горных пород является условием возникновения разгрузочного разрушения [6].

Процесс взрывного разрушения горных пород определенно включает элементы разгрузочного разрушения от быстрого снятия нагрузки. Использование динамической зоны разрушений обеспечит почти одновременный переход из состояния сжатия в растяжение отделившейся части массива после взрыва в нем зарядов дробления. Этот эффект обеспечит более интенсивное дробление разрушаемого массива. Интенсивность и эффективность данного разрушения во многом зависит от рационального выбора формирования скважинных зарядов ВВ с привязкой к горно-геологическим свойствам взрывааемых горных пород.

Использование динамической защитной зоны разрушений, образованной перед взрывом зарядов дробления, позволяет снизить разрушение смежного уступа горных пород.

Уменьшение воздействия на законтурный массив отрицательной взрывной нагрузки обеспечит невозможность создания крупных заколов, которые способствуют образованию негабаритных фракций при производстве последующих взрывных работ на смежном уступе горных пород.

Выводы и пути дальнейших исследований. Блочное экранирование разрушаемого горного массива может быть осуществлено при помощи замкнутой границы экранирования или использования защитной зоны между разрушаемым объемом и целиком горного массива в виде прямого угла, развернутого в сторону отбойки горных пород. Первый или второй способ экранирования может быть осуществлен за счет последовательности и порядка взрывания скважинных зарядов ВВ, образующих динамическую защитную зону.

Список литературы

1. Друкованный М.Ф., Куц В.С. Ильин В.Н. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 223 с.
2. Механический эффект подземного взрыва / Родионов.В.Н., Адушкин В.В. и др./ Под. ред. М.А.Садовского. - М.: Недра, 1971. - 220 с.
3. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.
4. Власов О.Е., Смирнов С.А. О моделировании действия взрыва // Взрывное дело. – 59/16. М.: Недра, 1966. – С. 109-117.
5. Кошелев Э.А., Кузнецов В.М., Софронов С.Г. и др. Статистика осколков, образующихся при разрушении твердых тел взрывом. – ПТМФ, 1971. -№ 10.
6. Родионов В.Н. О подобии процесса дробления при взрывах рудного масштаба. - В кн. Механизм разрушения горных пород взрывом. Киев: Наукова думка, 1971. – С. 107-112.

Рукопись поступила в редакцию 10.04.14

УДК 622.25: 622.235

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
В.И. ЧЕПУРНОЙ, С.И. ЛЯШ, НИГРИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ ТРУДОВЫХ ЭНЕРГО И РЕСУРСОЗАТРАТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БЛОКОВ К ОЧИСТНЫМ РАБОТАМ

Развитие систем разработки, мощных рудных тел, привело к появлению серии выработок малого сечения, составляющих основу конструктивного оформления систем. При этих системах для подготовки блоков к очистной выемке проходят восстающие выработки различного назначения. Трудоемкость и затраты средств на проходку восстающих достигают в отдельных случаях почти половины общей трудоемкости и затрат на подготовку блоков к очистной выемке.

В Криворожском бассейне при подготовке блоков к очистной выемке, вскрытии новых месторождений и горизонтов ежегодно проходят порядка 24 тыс.м восстающих выработок. Подавляющее большинство выработок (96,7%) проходят буровзрывным способом, с устройством временных полков (78,9%) и с применением самоходных комплексов (17,8%).

На шахтах бассейна 3,3% от общей протяженности восстающих выработок проходят машинным (комбайновым) способом. В настоящее время на проходке восстающих задействованы комбайны типа Рино-400 производства фирмы «Сандвик». Большая протяженность восстающих выработок, которые проходят на шахтах Кривбасса при подготовке блоков к очистной выемке высокая трудоемкость, низкая скорость проходческих работ, определяют необходимость поиска новых технологических и технических решений при разрушении горных пород применительно к проходке восстающих выработок.

Перспективным с точки зрения технологичности, снижения трудоемкости и стоимости проходческих работ является разработанный ГВУЗ «КНУ» комбинированный способ проведения восстающих выработок за один прием взрывания отбойкой скважинных зарядов на незаряжаемую скважину увеличенного диаметра (компенсационную полость). Суть данного способа заключается в том, что в пределах проектного контура проводимой выработки выбуривают комплект скважин на полную высоту выработки. При этом одну скважину расширяют. Она служит как компенсационная полость. Остальные же скважины комплекта заполняют ВВ и взрывают с замедлениями.

Проходка восстающих комбинированным способом позволяет снизить трудовые, энергетические и материальные затраты как отдельных работ, так и технологию подготовки блоков в целом.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Подготовка блоков к очистным работам является наиболее несовершенным звеном технологического процесса добычи

железных руд подземным способом. Проходка восстающих - один из наиболее энергоемких, дорогостоящих и трудоемких видов горных работ при подготовке блоков. Повышение эффективности проходки восстающих - современное и актуальное направление совершенствования технологии подготовки блоков к очистным работам.

Анализ исследований и публикаций. Широкое применение технологии проходки восстающих с применением мелкошпурового бурения увеличивает энергетические затраты, сроки и стоимость как подготовки блоков так и себестоимость добываемой руды. Совершенствованию подготовки блоков путем повышения эффективности проходки восстающих выработок посвящены работы Н.Г. Дубинина, Б.Г. Трегубова, К.А. Кристина, Л.И. Барона и других исследователей.

Нерешенные части проблемы, которые отражены в данной работе. Применительно к подготовке блоков к очистным работам оптимальный способ проходки восстающих, обеспечивающий снижение трудовых энерго и ресурсозатрат, в достаточной мере не обоснован.

Изложение материала исследований и полученные научные результаты. Одним из основных, наиболее трудоемких и затратных производственных процессов при подземной разработке месторождений железных руд является подготовка выемочных блоков к очистным работам. Удельный объем трудовых затрат на эти работы составляет 40-50 % общих затрат на добычу руды.

Широкое развитие систем разработки, особенно мощных рудных тел, привело к появлению серии выработок малого сечения, составляющих основу конструктивного оформления систем. При этих системах для подготовки блоков к очистной выемке проходят восстающие выработки различного назначения. Трудоемкость и затраты энергии и средств на проходку восстающих достигают в отдельных случаях почти половины общей трудоемкости и затрат на подготовку блоков к очистным работам.

Средние скорости проходки восстающих остаются до настоящего времени относительно низкими (25-30 м/мес), поэтому проходка восстающих занимает значительную часть в общей продолжительности подготовки блоков к очистным работам.

Низкие скорости проходки восстающих при средней производительности труда 0,94 м³ чел.смену и себестоимости 1 м проходки порядка 460 грн./мес вызваны практически повсеместным применением мелкошпурового способа проходки с оборудованием выработок деревянными полками и лестничным ходом. При такой технологии доля ручного труда в объеме проходческого цикла превышает 80 %.

Производительность труда бурильщика при проходке восстающих значительно ниже, чем при проходке горизонтальных выработок.

Низкая производительность и тяжелые условия труда при проходке восстающих определяют необходимость поиска новых, простых, доступных в современных условиях производства технологических и технических решений эффективного разрушения горных пород применительно к проходке восстающих [1-6].

На основании изложенного выполнен комплекс исследований, позволяющих разработать комбинированный способ проходки восстающих выработок, в соответствии с которым в центре поперечного сечения выработки и на всю ее высоту механическим или термомеханическим способом образуют компенсационную полость диаметром 0,5-0,6 м. Вокруг компенсационной полости по одной из диагоналей восстающей выработки бурят скважины диаметром 85-105 мм, а по второй диагонали - диаметром 65-75 мм. Указанные скважины заряжают ВВ и взрывают с интервалами замедления не менее 50 мс.

Для взрывного разрушения выемочного массива планомерно используется дополнительная плоскость обнажения - компенсационная полость, при этом в процессе отбойки в породе наряду с напряжениями сжатия возникают напряжения сдвига и растяжения (отрыва).

В результате создания напряжения сдвига в сторону компенсационной полости отрыв части породы от массива происходит при меньшем усилии, а, следовательно, с меньшими затратами энергии.

При проходке восстающих комбинированным способом наиболее узким местом является образование компенсационных полостей. Исходя из этого предложены способы и средства для расширения опережающих скважин диаметром 85-105 мм до диаметра 500-600 мм, в которых используются результаты проведенных исследований.

С учетом изложенного разработаны расширители скважин ударного действия РСП-600 (расширитель скважин на диаметр 600 мм с погружным приводом вращения) и РСВ-500 (расширитель скважин на диаметр 500 мм с выносным приводом вращения).

В породах и рудах крепостью $f=4-9$ разработанные устройства работают без предварительного ослабления массива.

В породах крепостью $f=10-12$ и более образование компенсационной полости рационально осуществлять с предварительным тепловым разупрочнением расширяемого массива [7,8].

Наиболее простым и доступным способом образования компенсационной полости является буровзрывной [9-11]. При применении обычных средств и методов глубина образовываемой таким способом полости ограничена и не превышает 2-3 м.

В этой связи определенный интерес представляет разработанный способ образования в один прием взрывания компенсационных полостей диаметром 0,5-0,6 м и глубиной до 20 м.

Этот способ, не требуя применения специального бурового оборудования позволяет создавать компенсационную полость требуемых размеров при проходке тупиковых восстающих выработок.

Способ основан на поярусной отбойке массива зарядами скважин диаметром 60-105 мм с использованием врубовых полостей диаметром 250-300 мм и незаряжаемых частей скважин в качестве компенсационных полостей и эффекта искусственной породной запрессовки.

Каждый ярус состоит из четырех скважин одной длины. Для заряжения скважин используются как патронированные, так и гранулированные ВВ.

Скважины первого яруса заряжают на всю их высоту с недозарядом в устьевой части, а последующих ярусов в их донной части при расстоянии между торцами зарядов скважин смежных ярусов не менее 0,5 м.

Выводы и направление дальнейших исследований. Промышленные испытания технологии проходки восстающих выработок комбинированным способом дают основания говорить о перспективности данного способа.

Анализ фотохронометражных наблюдений за проходкой восстающих взрыванием скважин на компенсационную полость показал, что при данном способе на 90% механизированы основные технологические операции.

При этом исключаются воздействие на проходчика вибрации, попадания на него воды и бурового шлама, упрощается технология работ, ликвидируются такие операции, как оборудование выработки деревянными полками, трубами, многократное повторение циклов бурения, заряжения, взрывания и уборки породы.

Способ позволяет вывести проходчика из забойного пространства, ограничить контакты промышленного персонала с ВВ, уменьшить затраты ручного труда, снизить запыленность рудничной атмосферы и травматизм от обрушения кусков породы.

Применение компенсационных полостей диаметром 0,5-0,6 м, устойчивость эффекта взрыва такого комплекса буровзрывных работ способствует повышению безопасности работ, снижению энергоемкости, трудоемкости и стоимости горных работ при подготовке блоков.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении более детального определения минимально необходимого и технологически достаточного объема компенсационной полости относительно проводимой восстающей выработки.

Список литературы

1. **Чирков Ю.И., Черненко А.Р.** Подземная разработка мощных железорудных месторождений. –М., Недра, 1985.-239 с.
2. **Дубинин Н.Г., Трегубов Б.Г.** Подготовка блоков к очистным работам. М., Недра, 1968, 149 с.
3. **Барон Л.И., Овчинников М.И.** Механизация проходки восстающих. М., Недра, 1973.-192 с.
4. **Соловьянов Л.Н.** Промышленный опыт проходки восстающих машинным способом. Тр. НИГРИ, 1957, том 1, с.287-305.
5. **Алексеев Г.М., Кунин И.К., Воюта Л.Ф.** Перспективы развития техники и технологии проходки восстающих выработок. Горный журнал, 1979, №8, с.31-33.
6. **Шнайдер М.Ф.** Образование восстающих взрыванием скважинных зарядов. Горный журнал, №6, 1982, с. 36-37.
7. **Мионов Е.И.** Новые методы разрушения пород при скоростной проходке горных выработок в США //

Рукопись поступила в редакцию 24.02.14

Є.З. МАЛАНЧУК, канд. техн. наук, доц.

ДВНЗ «Національний університет водного господарства та природокористування», м. Рівне

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ САМОРОДНОЇ МІДІ ЗА КЛАСАМИ КРУПНОСТІ НА РАФАЛІВСЬКОМУ БАЗАЛЬТОВОМУ КАР'ЄРІ

Роботу присвячено експериментальним дослідженням фізико-механічних властивостей самородної міді на Рафалівському базальтовому кар'єрі, сировина якого представляє інтерес не лише як будівельний матеріал, але й як рудовиявлення багатьох цінних мінералів. У результаті свердловинної розвідки і вивчення покладів в декількох кар'єрах Волині встановлено, що самородномідна мінералізація має регіональний характер і належить до декількох морфотипів з різними умовами локалізації, зокрема, у вигляді розсіяно-вкраплених, шарувато-вкраплених, прожилковувкраплених і у вигляді крупно-вкраплених самородків в лавокластичних брекчіях. Усі ці різновиди утворюють різну концентрацію самородної міді від 0,3 до 1,0 %.

Особливістю вкрапленості самородної міді є її різний вміст в базальтових потоках, розділених потужними потоками туфів, туфітів і лавобрекчій. Тому їх дослідження являє великий практичний інтерес і носить комплексний характер з огляду методів вивчення, властивостей окремих вулканітових зон і потоків, їх хімічного і мінералогічного складу.

Метою роботи є визначення мінералогічного складу різних магматичних порід базальтового родовища, визначення їх дробимості, подрібнюваності і характеру розподілу корисних компонентів в підготовленій до їх вилучення гірської маси. Наведено результати експериментальних досліджень з визначення мінерального складу різних магматичних порід базальтового родовища. Обґрунтовано технічну й економічну доцільність видобутку міді і супутніх металів, яка дозволяє встановити поліметалічну мінералізацію вміщуючих порід з відсотковим вмістом кожної мінералізації. Доведено доцільність комплексного підходу до процесу збагачення мінералів.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. З типами самородномідної мінералізації безпосередньо пов'язані особливості технологічних операцій при видобутку, рудопідготовці і вилученню корисних компонентів. Враховуючи великі площі, зайняті базальтовими родовищами, найдоцільніше вести вивчення рудовиявлень і їх особливостей по окремих регіонах.

Аналіз досліджень і публікацій. Базальти Волині тягнуться від Молдавії через Україну і Польщу до Білорусі. Як сировинна база вони представляють інтерес не лише як будівельний матеріал, але і як рудовиявлення багатьох цінних мінералів. Знайдені ще в тридцятих роках минулого сторіччя самородки міді у волинських базальтах поклали початок вивченню походження мідної мінералізації, мінералогічного складу вміщуючих порід, виявленню перспективних родовищ і пошукам нових ділянок оруднення.

Постановка задачі. До теперішнього часу на Волині відомо два міднорудні об'єкти, і дослідження продовжуються. Рівненською геологічною експедицією в результаті свердловинної розвідки і вивчення покладу в декількох кар'єрах встановлено, що самородномідна мінералізація в трапах Волині має регіональний характер і належить до декількох морфотипів з різними умовами локалізації, зокрема, у вигляді розсіяно-вкраплених, шарувато-вкраплених, прожилковувкраплених і у вигляді крупно-вкраплених самородків в лавокластичних брекчіях.

Усі ці різновиди утворюють різну концентрацію самородної міді від 0,3 до 1,0%. У лавобрекчіях зустрічаються самородки масою до 700 г, і концентрація міді в них коливається в межах від 0,04 до 5,0 %.

Подальше вивчення морфологічних типів самородної міді показала їх велику різноманітність. На особливу увагу при цьому заслуговують самородки міді у вигляді розгалужених дендритів різної форми і ваги, які переважно знаходяться в лавобрекчіях волинського рудовиявлення.

Викладення матеріалу і результати. Важливою особливістю вкрапленості самородної міді, яка була встановлена вказаними вище авторами і подальшими дослідженнями, є її різний вміст в базальтових потоках, які розділені потужними потоками туфів, туфітів і лавобрекчій.

У шарах цих потоків, потужності яких можуть змінюватись від 24 до 80 м окрім самородної міді виявлені сполуки таких металів, як мідь, залізо, нікель, титан, алюміній, платина, золото. Тому їх дослідження представляє великий практичний інтерес і носить комплексний характер з точки зору методів вивчення, властивостей окремих вулканітових зон і потоків, їх хімічного і мінералогічного складу.

Такий підхід створює наукову базу для розробки технології комплексної переробки родовища концентрації самородної міді з вилученням не менш цінних мінералів. Морфологія вкрапленості їх в рудному тілі, відсотковий вміст, гранулометричний склад дозволяють вже на стадії передпромислового видобутку сировини розробляти рекомендації по збагаченню основних компонентів рудного тіла в базальтовому масиві і прийняти рішення про подальше використання породоутворюючих компонентів гірської маси, що переробляється.

Мета досліджень - визначення мінералогічного складу різних магматичних порід базальтового родовища, розкритого кар'єрною розробкою і на підставі геологічних проб, визначення їх дробимості, подрібнюваності і характеру розподілу корисних компонентів в підготовленій до їх вилучення гірської маси. Проби узяті в Рафалівському базальтовому кар'єрі і відібрані керни розвідувальних свердловин цієї ділянки з глибини 208-210 м, а також досліджувалися зразки проб з інших кар'єрів. Дослідження проводилися на малих пробах, вага яких не перевищувала 20 кг.

Дроблення й подрібнення зразків проводилося на відцентровій дробарці і млині з подальшою тонкою класифікацією продуктів подрібнення, які піддавалися спектральному аналізу.

У табл. 1 надано результати досліджень порід різного рівня залягання Рафалівського базальтового кар'єру. Їх аналіз вказує, перш за все, на високу рудоносність вміщуючих порід. При цьому кремній, калій, кальцій є породоутворюючими елементами, а мідь, залізо, титан, цинк, нікель є їх поліметалічним вмістом.

Таблиця 1

Результати спектрального аналізу порід базальтового кар'єру

Найменування елементів	Порода - базальт афонітовий з прожилково-вкрапленою самородно-мідною мінералізацією	Порода - лавобрекчія базальтового вмісту, мідевісна	Порода - базальтовий туф з розсіяно-вкрапленою і прожилковою самородномідною мінералізацією
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Фосфор	0	1,77	0
Сірка	1,85	1,44	1,377
Калій	2,0	2,07	1,28
Кальцій	17,5	19,85	6,34
Титан	3,28	3,09	3,988
Хром	0,13	0,126	0,138
Марганець	0,045	0,348	0,81
Залізо	42,2	45,7	52,06
Нікель	1,5	1,66	2,177
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Мідь	0,43	0,174	0,7
Цинк	4,71	0,198	3,05
Стронцій	0,2	9,42	0,1

Сполука титаномagnetиту є технологічно зручним поєднанням при збагаченні й використанні.

Характерною особливістю подрібнених порід до крупності 50-100 мікрон є наявність деформованих шматочків самородної міді, розміри яких перевищують подрібнену вміщуючу породу, що свідчить про те, що відцентровий метод подрібнення порід з самородномідною мінералізацією бажаний, оскільки подальша тонка класифікація дозволяє вилучати самородномідні утворення, минаючи традиційні операції збагачення.

Наявність самородної міді у всіх трьох досліджуваних породах, які знаходяться в базальтовому масиві, вказує на доцільність комплексної переробки базальтового масиву з роздільною технологією вилучення металів з вміщуючих порід.

Дроблення і, особливо, подрібнення на млинах барабанного типу (кульових), валкових, струменевих дають високу тонкість помелу як вміщуючих порід, так і самородних включень міді, після чого її вилучення можливо лише методом флотації.

Подрібнення на валкових млинах характерне появою плоских пластинок з самородних включень, причому ці пластинки прокатуються разом з вміщуючою породою, що ускладнює їх подальшу тонку класифікацію на грохоті і механічне відділення мідних включень.

Результати спектрального аналізу порід базальтового кар'єру

Найменування елементів	Порода - базальт афонітовий з прожилково-вкрапленою самородно-мідною мінералізацією	Порода - лавобрекчія базальтового вмісту, мідевмісна	Порода - базальтовий туф з розсіяно-вкрапленою і прожилково самородномідною мінералізацією
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Фосфор	0	1,77	0
Сірка	1,85	1,44	1,377
Калій	2,0	2,07	1,28
Кальцій	17,5	19,85	6,34
Титан	3,28	3,09	3,988
Хром	0,13	0,126	0,138
Марганець	0,045	0,348	0,81
Залізо	42,2	45,7	52,06
Нікель	1,5	1,66	2,177
Магній	0	0	0
Алюміній	0	0	0
Кремній	30,19	23,0	30,9
Мідь	0,43	0,174	0,7
Цинк	4,71	0,198	3,05
Стронцій	0,2	9,42	0,1

Аналіз виконаних раніше досліджень показав, що мідь в самородках надзвичайно чиста (Cu - 99,763-99,82 %) і вміст міді в базальтах, а також її запаси в родовищах мають промислове значення. Не дивлячись на те, що поширення самородної міді в трапах Волині має регіональний характер, на діючих базальтових кар'єрах, розробляючи верхні уступи на щєбінь, селективно зустрічаються шари лавобрекчій і туфів з високим вмістом самородної міді різних типів мінералізації і вкрапленості.

Раніше встановлений ряд залежностей, зокрема, залежність вмісту самородної міді в різних класах крупності при дробленні і подрібненні базальтів різних перспективних ділянок Рівненського регіону.

Встановлено найбільш технологічні класи крупності для ефективного вилучення міді. При цьому відмічено, що при однакових після ваги проб в крупношматкових зразках знаходиться більший вміст самородних включень. Така вибірковість обумовлює підбір технологічного устаткування для рудопідготовки і вилучення міді.

Високою мінералізацією відрізняються супутні базальтам туфи. Ця мінералізація коливається в широких межах навіть в рамках одного родовища, проте у всіх випадках представляє промисловий інтерес.

У табл. 2 представлено результати спектрального аналізу коричневого туфу Рафалівського базальтового кар'єру відповідно до фракційного складу подрібненого туфу. На відміну від лавобрекчій, у досліджуваному туфі вміст корисних компонентів змінюється несуттєво від крупності проби в межах дрібного і тонкого подрібнення.

Таблиця 2

Результати спектрального аналізу коричневого туфу

Мінералогічний склад	Розподіл мінералів по фракціях								
	+2,5	+1,6	+1,0	+0,63	+0,315	+0,2	+0,1	+0,05	-0,05
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Марганець	0,1	0,09	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
Свинець	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0009
Молібден	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Ванадій	0,02	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,02	0,015
Мідь	0,02	0,01	0,03	0,06	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01
Срібло	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Натрій*	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Титан*	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5	2,0-2,5
Кобальт	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005

Продовження табл. 2

Нікель	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,004	0,005
Цирконій	0,01	-	-	0,008	0,008	0,009	0,01	0,01	0,01
Магній*	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Кремній*	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0	>10,0
Алюміній*	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5
Залізо*	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3	>3
Хром	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Кальцій*	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6
Стронцій	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Барій	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Ітрій	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-

* Породоутворюючі елементи

Таблиця 3

Вміст самородної міді за класами крупності в подрібнених породах

Класи крупності, мм	Вміст самородної міді							
	вага, г		%		вага, г		%	
	проба № 1		проба № 2		проба № 3		проба № 6	
+10	33,50	20,70	20,10	14,670	16,50	17,10		
-10+5	40,50	23,60	37,90	27,66	28,40	29,30		
-5+1,0	45,10	23,60	30,50	22,26	24,10	25,70		
-1,0+0,5	25,60	14,63	19,50	14,25	12,40	18,50		
-0,5+0,1	15,10	8,73	15,00	10,90	8,10	8,60		
-0,1+0,05	10,20	5,809	14,00	10,26	6,40	6,80		
Всього в пробі	172,0	100,0	137,0	100,0	96,0	100,0		
	проба № 4		проба № 5		проба № 6			
+10	12,40	15,70	10,50	20,20	-	-		
-10+5	16,20	20,50	8,20	15,80	12,20	26,00		
-5+1,0	22,30	28,30	10,00	19,20	15,30	32,50		
-1,0+0,5	13,20	16,60	11,10	21,30	5,40	11,50		
-0,5+0,1	7,30	9,30	6,40	12,30	7,60	16,10		
-0,1+0,05	7,60	9,60	5,80	11,20	6,50	13,80		
Всього в пробі	79,0	100,0	52,0	100,0	47,0	100,0		

Слід зазначити, що процес рудопідготовки на стадії дроблення потребує окремих досліджень. Вивчення характеру тріщинуватості базальтів в кар'єрах показує, що тріщини утворюють характерні відокремлення, відмічені цілим рядом фахівців на кар'єрах інших корисних копалин.

Відокремлення мають різну величину (від нижчої до вищої) і відображають рівень організації речовини. Тому руйнування вміщуючих порід на закладених природою відокремлення повинно відбуватися з меншою кількістю енергії. Майже всі існуючі в даний час дробильні агрегати не враховують цього факту, тому вони дуже енергоємні.

У зв'язку з цим пошук оптимальних розмірів рудного тіла або породного компоненту для отримання максимального розкриття руди приводить до формування нових технологій вилучення корисних металів.

З цих позицій вивчення вмісту корисних компонентів у різному гранскладі вміщуючих порід має сенс.

Висновок і направлення подальших досліджень. Обґрунтовано технічну й економічну доцільність видобутку міді і супутніх металів, що дозволяє встановити поліметалічну мінералізацію вміщуючих порід з процентним вмістом кожної мінералізації, а також зробити висновок про доцільність комплексного підходу до процесу збагачення мінералів при розробці родовища, що вказує на доцільність відцентрового методу рудопідготовки сировини до збагачення, оскільки він якнайповніше реалізує фізичну природу руйнування гірської маси.

Список літератури

1. Мідь Волині. Наукові праці Інституту фундаментальних досліджень / Відп. ред. **В.О. Шумлянський**. Київ: Знання України, 2002. – С. 112.
2. **Квасниця В.М., Квасниця І.В.** Особливості самородної міді України / Мінерал. зб. – Вип. 1. – 2002. – №52. – С. 55-60.
3. **Матеюк В.В., Мельничук В.Г.** Досвід вивчення базальтових потоків в трапах Волині при геологічній зйомці

та пошуку родовищ самородної міді / В кн.: Регіональні геологічні дослідження в Україні і питання створення «Держгеокарти-2000». – Київ: Геоінформ, 2001. – С. 168-170.

4. **Квасниця І.** Про походження самородної міді з вендських вулканітів Західної Волині / У журн. «Геолог України». Вид. спілки геологів України. – №3. – 2006. – С. 40-51.

5. **Маланчук З.Р.** Перспективи комплексної переробки базальтової сировини Волині / З.Р. **Маланчук, А.Ф. Булат, В.П. Надутий** // Геотехнічна механіка: зб. наук. праць ІГТМ НАН України. – Вип. 85. – Дніпропетровськ, 2010. – С. 3-8.

6. **Маланчук З.Р.** Спосіб видобутку туфу / **Маланчук З.Р., Руденко Г.В., Надутий В.П.** // Патент №75587 Заявка № U 2012 05357, від 03.05.2012р. Опубл. Бюл. № 23 від 10.12.2012р.

7. **Надутий В.П.** Вертикальний внутрішньо-валковий млин / **Надутий В.П., Сухарєв В.В.** // Патент №67950 Заявка № 2011 09860, від 08.08.2011р. Опубл. Бюл. № 5 від 12.03.2012р.

Рукопис подано до редакції 19.02.14

УДК 622.235

О.О. ФРОЛОВ, д-р техн. наук, доц.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ДЕТОНАЦІЙНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТОКІВ ПРИ БАГАТОТОЧКОВОМУ ІНІЦІУВАННІ СВЕРДЛОВИНИХ ЗАРЯДІВ

Виконано аналіз досліджень з визначення раціональних параметрів багатоточкового ініціювання. Показано, що існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також не достатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування в порівнянні з точковим ініціюванням.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна ефективність дії сумарного імпульсу детонаційних хвиль послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по вибуховій речовині з 5000 до 2500 м/с відповідно. Також доведено, що при одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу детонаційних хвиль більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підриванні незалежно від швидкості детонації вибухової речовини.

Визначено оптимальні відстані між проміжними детонаторами послідовного і одночасного багатоточкового ініціювання. Встановлено, що оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1-2,1 м при збільшенні швидкості детонації вибухової речовини з 2500 до 5000 м/с та при одночасному багатоточковому ініціюванні – 0,92 м незалежно від швидкості поширення детонації по вибуховій речовині.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Чисельними дослідженнями встановлено, що при застосуванні багатоточкового ініціювання створюється багатоімпульсне навантаження на стінки свердловини, яке обумовлює підвищення ефективності руйнування [1-5]. На сьогодні розроблено та запропоновано до використання декілька конструкцій багатоточкового ініціатора, визначено їхні параметри і рекомендовані різні способи розміщення проміжних детонаторів у свердловині.

Однак, незважаючи на успіхи, досягнуті в галузі вивчення механізму вибухового руйнування реальних середовищ, існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин (ВР) не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також недостатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування порівняно з точковим та лінійним ініціюваннями.

Аналіз досліджень і публікацій. Автори роботи [2] при дослідженні ефективності застосування багатоточкового ініціатора встановили, що тривалість дії продуктів детонації в зарядній камері при підриванні зарядів збільшується в декілька разів порівняно зі звичайним способом підривання. Відстань між точками ініціювання становила 1,0 м.

Дослідження [3], що виконані для визначення оптимальної відстані між точками ініціювання з урахуванням руху детонаційних хвиль одночасно з двох сторін та їх взаємодії, дозволили встановити, що відстань між бойовиками, розміщеними по осі свердловини, повинна бути не менше 5-6 і не більше 12-14 діаметрів заряду.

Дослідницькі вибухи [4] показали, що для діаметра свердловин 118 мм найкраще подібнення досягається при відстані між точками ініціювання 1,5 м. При збільшенні діаметра свердловин оптимальна відстань збільшується і становить приблизно 10 діаметрів заряду.

У роботі [5] автор пропонує зміщувати точки ініціювання відносно осі циліндричного заряду до стінок свердловини в шаховому порядку, що, на його думку, дозволить підсилити ефект багаторазового навантаження на породу. Відстань між точками ініціювання рекомендується приймати з умови, щоб на ділянці $(25-30)d_c$ (d_c - діаметр свердловини) їх повинно бути 3-5 шт. Підривання бойовиків в ініціаторі здійснюється за допомогою ДШ.

Постановка задачі. Виконаний аналіз досліджень показує, що недостатньо повно досліджені питання взаємодії та керування детонаційними енергетичними потоками, які утворюються при підриванні проміжних детонаторів в багатоточковому ініціаторі. Тому для підвищення ефективності дії багатоточкового ініціювання необхідно науково обґрунтувати та розробити такі конструкції зарядів, що забезпечать формування необхідних режимів детонаційних потоків, при яких в гірському масиві, за рахунок сумарного імпульсу детонаційних хвиль, будуть формуватися спрямовані енергетичні потоки вибуху.

Викладення матеріалу та результати. Дослідженнями встановлено, що ефективність дії вибуху встановлюється значенням тиску на фронті детонаційної хвилі (ДХ), який діє на стінки свердловини [6,7]. У випадку підривання свердловинного заряду ВР багатоточковим ініціатором значення імпульсу ДХ буде визначатися ступенем взаємодії енергетичних потоків, які поширюються від кожного з проміжних детонаторів.

Згідно [8] щільність потоку енергії, що поширюється при вибуху в скельному масиві гірських порід, буде визначатися добутком значень напруження в гірському масиві та швидкості зміщення часток середовища. Якщо розглядати поширення енергетичного потоку в свердловинному заряді під час його детонації, то можна припустити, що щільність потоку енергії буде пропорційна тиску на фронті ДХ P_d та швидкості його поширення $D_{вр}$, тобто

$$j = P_d D_{вр} \quad (1)$$

Оскільки при визначенні ефективності детонації подовженого заряду ВР в основному порівнюють питомий імпульс дії вибуху на стінки зарядної порожнини, то (1) можна представити у вигляді

$$j = (I/t) D_{вр}, \quad (2)$$

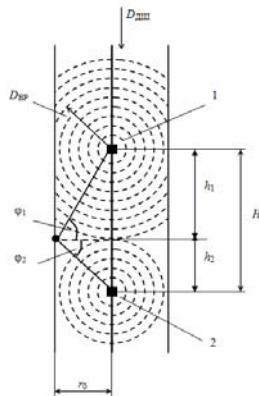
де I – сумарний імпульс детонаційних хвиль від точкових проміжних детонаторів, які досягли стінок свердловини; t – час дії тиску на стінки свердловини.

Таким чином, можна зазначити, що щільність енергетичного потоку при детонації свердловинного заряду прямо пропорційна сумарному імпульсу ДХ, які діють на стінки свердловини.

Для встановлення раціональних параметрів багатоточкового ініціатора, а саме, оптимальної відстані між детонаторами, визначимо збільшення сумарного імпульсу ДХ, що діє на стінки свердловини, від двох проміжних детонаторів, розміщених на певній відстані один від одного, в порівнянні з імпульсом ДХ від одного детонатора.

Припустимо, що сумарне значення імпульсу ДХ від багатоточкового ініціатора по довжині свердловини залежить від відстані між точками ініціювання (рис. 1).

Рис. 1. Схема до визначення сумарного імпульсу при послідовному багатоточковому ініціюванні



Тоді відповідно до [7] імпульс ДХ, яка падає на перепону під кутом φ , дорівнює

$$i_\varphi = i_n (\cos^2 \varphi + \beta \sin^2 \varphi), \quad (3)$$

де i_n - питомий імпульс при $\varphi = 0$; β - параметр, який залежить від властивостей продуктів детонації (показника ізоентропії γ).

Оскільки маємо осьову симетрію, то сумарний імпульс визначиться інтегруванням виразу (3) тільки по h . У цьому випадку

$$I_1 = \int_0^{h_1} i_{\varphi_1} dh + \int_0^{h_2} i_{\varphi_2} dh, \quad (4)$$

де i_{φ_1} , i_{φ_2} – імпульси детонаційних хвиль від детонаторів 1 і 2.

Після інтегрування (4) отримуємо [9]

$$I_1 = i_n r_0 \left[\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) + \arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) + \beta \left(\frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 + \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) \right)} + \frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{2r_0} \left(1 - \frac{D_{BP}}{D_{ДШ}} \right) \right) \right)} - 2 \right) \right] \quad (5)$$

де D_{BP} - швидкість поширення детонаційної хвилі по ВР, м/с; $D_{ДШ}$ - швидкість детонації по детонуючому шнуру (ДШ), м/с; H - відстань між проміжними детонаторами, м; r_0 - радіус свердловини, м.

При ініціюванні свердловинного заряду ВР одноточковим ініціатором значення імпульсу ДХ на довжині H визначиться за формулою

$$I_2 = i_n \int_0^H (\cos^2 \varphi + \beta \sin \varphi) dH \quad (6)$$

У результаті інтегрування (6) отримаємо

$$I_2 = i_n r_0 \left[\arctg \left(\frac{H}{r_0} \right) + \beta \left(\frac{1}{\cos \left(\arctg \left(\frac{H}{r_0} \right) \right)} - 1 \right) \right] \quad (7)$$

Для порівняння послідовного багатоточкового ініціатора на основі ДШ з одноточковим, сумарний імпульс I_1 (5) розділимо на імпульс I_2 (7).

За результатами виконаних розрахунків побудована графічна залежність зміни відношення I_1 до I_2 при різних відстанях між точками ініціювання в багатоточковому ініціаторі H (рис. 2).

Аналіз графічних залежностей рис. 2 показує, що на сумарне значення імпульсу суттєво впливає швидкість детонації ВР, в якій підриваються проміжні детонатори. Зокрема, при збільшенні значення швидкості детонації з 2500 до 5000 м/с ефективність застосування послідовного багатоточкового ініціювання при виборі оптимальної відстані між бойовиками зменшується в порівнянні з одноточковим ініціюванням з 57 % до 38,7 %, тобто в 1,46 рази.

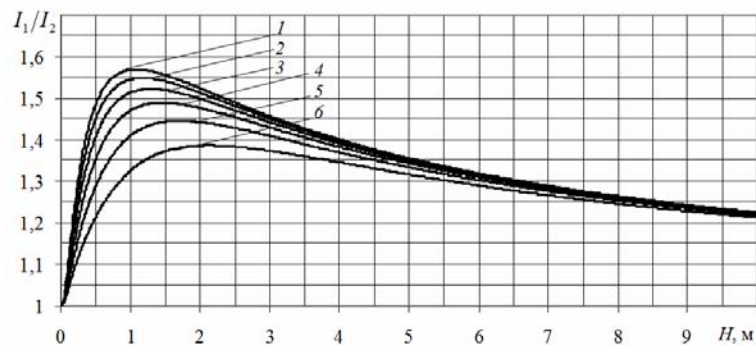


Рис. 2. Зміна відношень сумарних імпульсів ДХ при послідовному багатоточковому I_1 і одноточковому I_2 ініціюванні залежно від відстані H між проміжними детонаторами при швидкості поширення детонації по ВР, м/с: 1 – 2500; 2 – 3000; 3 – 3500; 4 – 4000; 5 – 4500; 6 – 5000

Однак слід відмітити, що при збільшенні швидкості детонації ВР збільшується раціональна відстань між проміжними детонаторами, відповідно з 1,09 до 2,13 м (табл. 1).

Таблиця 1

Раціональні параметри ефективності застосування багатоточкового ініціювання в порівнянні з одноточковим

Швидкість детонації ВР, м/с	2500	3000	3500	4000	4500	5000
Відношення I_1/I_2	1,57	1,549	1,523	1,49	1,446	1,387
Оптимальна відстань між проміжними детонаторами, м	1,09	1,16	1,29	1,46	1,70	2,13

Для порівняння дії одночасного багатоточкового ініціювання, яке можна реалізувати за допомогою неелектричних систем ініціювання, з одноточковим підриванням заряду ВР визначимо відношення сумарного імпульсу від точок ініціювання I_3 до імпульсу ДХ одноточкового бойовика I_2 (7) для різних значень відстаней між точками ініціювання H .

Сумарний імпульс ДХ від точкових детонаторів, які одночасно досягли стінок свердловини на відрізок H , визначимо за (3). Оскільки маємо осьову та площинну симетрію, то сумарний імпульс визначиться за формулою

$$I_3 = 2 \int_0^h i_\phi dh. \quad (8)$$

З урахуванням переходу до інтегрування по ϕ , сумарний імпульс дорівнює

$$I_3 = 2i_n r_0 \left[\arctg \frac{H}{2r_0} + \beta \left(\frac{1}{\cos \left(\arctg \frac{H}{2r_0} \right)} - 1 \right) \right]. \quad (9)$$

За результатами виконаних розрахунків побудована графічна залежність зміни відношення I_3/I_2 до відстані між точками ініціювання H (рис. 3).

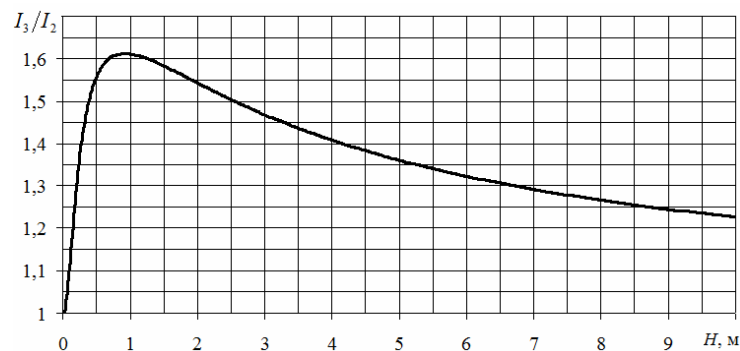


Рис. 3. Зміна відношень сумарних імпульсів ДХ при одночасному багатоточковому I_3 т а одноточковому I_2 ініціюваннях в залежності від відстані H між проміжними детонаторами

Аналіз залежності рис. 3 показує, що на сумарне значення імпульсу швидкість поширення детонації ВР не впливає. Максимальна ефективність одночасного багатоточкового ініціювання в порівнянні з одноточковим досягається при відстані між точками ініціювання 0,92 м і становить 61,2 %.

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлено, що:

1. Максимальна ефективність дії сумарного імпульсу ДХ послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по ВР від 5000 до 2500 м/с відповідно.

2. При одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу ДХ більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підриванні незалежно від швидкості детонації ВР.

3. Оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1- 2,1 м при збільшенні $D_{ВР}$ з 2500 до 5000 м/с, при одночасному багатоточковому ініціюванні - 0,92 м..

4. Одночасне багатоточкове підривання бойовиків в ініціаторі більш ефективніше ніж послідовне, оскільки максимальне значення його ефективності на 4,2 % більше ніж найбільше максимальне значення при послідовному багатоточковому ініціюванні (61,2 % порівняно з 57 % при $D_{ВР} = 2500$ м/с).

Список літератури

1. Михалюк А. В. Горные породы при неравномерных динамических нагрузках / Михалюк А. В. – К.: Наук. думка, 1980. – 154 с.
2. Исследование эффективности действия взрыва при многоточечном инициировании удлиненных зарядов / [Сеинов Н.П., Марченко Л.Н., Жариков И.Ф., Валиев Б. С., Удачин В. Г.] //Взрыв. дело. – М.,1972. – № 71/28. – С.102–108.

3. **Жариков И. Ф.** Рациональные конструкции зарядов при дроблении горных пород взрывом / И. Ф. Жариков // Взрыв. дело. – М., 1986. – № 89/46. – С. 121-136.
4. **Валиев Б. С.** Исследование и разработка оптимальных параметров эффективного дробления крупноблочных пород Кузбасса при циклично-поточной технологии / Валиев Б. С. // Дис...канд. техн. наук.– М., 1977. – С. 120-122.
5. **Воробьев В. В.** Промышленные исследования эффективности многоточечного инициирования скважинных зарядов / В. В. Воробьев, В. Т. Щетинин // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ – Кременчуг, 2000. – Вып 2/2000(9). – С. 504-506.
6. **Фролов О. О.** Розрахунок значень тиску на фронті ударної хвилі при руйнуванні гірських порід вибухом / О. О. Фролов, С. В. Тур // Вісник НТУУ "КПІ". Серія "Гірництво": Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. 18. – С. 42–47.
7. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко.– Изд. 3-е, перераб. в 2 т. – Т.1 – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 832 с.
8. **Фролов А.А.** Применение энергетического подхода для оценки действия взрыва при разрушении скальных массивов горных пород // Материалы 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» – Тула: Тульский государственный университет. – 2013 – Т. 1 – С. 322-326.
9. **Фролов О.О.** Керування енергетичними потоками при вибуховому руйнуванні різномісних масивів гірських порід на кар'єрах / Дис. ... докт. техн. наук: 05.15.03. – К., 2014. – 369 с.

Рукопис подано доредакції 18.01.14

УДК 614.88

Н.Ю. ШВАГЕР, д-р техн. наук, М.В. ДОМНІЧЕВ, Т.А. КОМІСАРЕНКО,
О.В. НЕСТЕРЕНКО, кандидати техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО НАБОРУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ГРОМАДЯН У ЗОНАХ КОНФЛІКТІВ ТА ДЛЯ ПОВСЯКДЕННОГО ЖИТТЯ

Показано значущість наявності та практичності використання засобів з індивідуальних медичних комплектів під час надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу цивільним населенням. Перераховано основні засоби, враховуючи такі показники як ефективність, вартість, зручність, доступність і необхідність.

Проведено порівняння цих засобів з аналогами та здатність їх виконувати покладені на них функції. Передовсім це стосується нових засобів, що раніше не використовувалися в вітчизняній медицині для проведення заходів спрямованих на порятунок життя і здоров'я постраждалих при пораненнях. Визначено переваги і недоліки конкретних засобів та розглянуто можливість і зручність їх використання в місцевих умовах.

Розглянуто оптимальний перелік устаткування для набору індивідуального медичного спорядження як для рядового складу силових відомств, що беруть участь у військових діях так і для цивільного населення. Рекомендований набір є базовим і може бути значно розширений та доповнений з урахуванням багатьох факторів, в тому числі таких як ситуація в районі перебування користувача, доступність медичних послуг, тощо. Також в роботі не розглядалося питання комплектації набору засобами для зашивання поранень, ліками від хронічних захворювань та невідкладних станів, які можуть додатково додаватися до цього набору.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Останні події в нашій державі яскраво продемонстрували нам необхідність наявності набору засобів індивідуального медичного захисту у власності усіх громадян України. Будь-які надзвичайні ситуації, а в першу чергу військового характеру, призводять до зменшення рівня захищеності цивільного населення і росту рівня загроз їхньому життю і здоров'ю. Ця робота, є спробою дати практичні рекомендації для цивільного населення, дії якого мають бути спрямовані на збереження життя і здоров'я громадян в разі поранень під час ведення бойових дій та в разі терористичних актів. Автори провели огляд відкритих джерел, і з урахуванням останніх рекомендацій військовослужбовців збройних сил України, волонтерів та парамедиків окреслили мінімальний набір індивідуальної аптечки.

Аналіз досліджень та публікацій. Під час надзвичайних ситуацій як мирного так і воєнного часу [1-3], у тому числі в разі здійснення сепаратистами терористичних актів, виникає загроза життю і здоров'ю не лише військовослужбовців ЗСУ, МВС чи бійців добровольчих з'єднань а й цивільного населення як в окремії територіальній одиниці зокрема, так і в межах усієї держави взагалі. Такі ситуації супроводжуються різким зростанням рівня травматизму, кількості поранених та погіршенням рівня забезпечення населення медичною допомогою. При цьому

зростає потреба громадян у навичках захисту власного життя і здоров'я та наданні невідкладної допомоги постраждалим і собі в разі поранення.

Визначення потенційних небезпек, що можуть загрожувати життю і здоров'ю громадянина та розподіл їх за можливістю настання допоможе спланувати заходи, спрямовані на мінімізацію можливих негативних наслідків надзвичайних ситуацій.

Для цивільного населення найбільш актуальним буде вивчення основних способів надання першої долікарської допомоги та підбір оптимального індивідуального медичного набору.

Постановка завдання. Необхідно встановити перелік з основних засобів індивідуального захисту необхідних для збереження життя і здоров'я в разі поранення. Основний акцент, при виборі цих засобів, ми будемо робити як на доцільність їх використання цивільним населенням в його повсякденному житті так і доступності цих засобів пересічному громадянину.

Викладення матеріалу та результати. В силу загострення ситуації на сході нашої держави, можливого розростання зони конфлікту, та терористичної загрози, з'являється нагальна необхідність в оволодінні нашими громадянами знань з надання першої домедичної допомоги постраждалим під час бойових дій і терористичних актів. За даними відкритих джерел [4], при вогнепальних пораненнях найбільша кількість жертв помирає внаслідок втрати крові і больового шоку.

При цьому локалізація поранень в 48 % випадків - в тулуб, у 31% - у верхні та нижні кінцівки, у 21% - в шию чи пахові ділянки, де проходять магістральні кровоносні судини [5,6].

Аналіз причин загибелі військовослужбовців під час ведення бойових дій вказує на те, що значну їх частину можна було б врятувати при своєчасному та якісному наданні домедичної допомоги [4]. Ця кількість коливається від 9 % (Чеченська кампанія) до понад 25 % (війна в Іраку та Афганістані).

Пошкодження, які виникають у сучасних збройних протистояннях, значно обмежують час надання домедичної допомоги на полі бою:

При кровотечі з магістральних судин кінцівок (стегнова, плечова) поранений гине до 2 хв. (локалізація рани - ділянка плеча (пахвова ямка) або стегна (пахова ділянка). Причина смерті - швидка втрата значної кількості крові.

При кровотечі із судин шиї (сонна артерія, яремна вена) смерть настає теж до 2 хв. (локалізація рани - ділянка шиї). Причини смерті - швидка втрата значної кількості крові, засмокування повітря в крупні вени і закупорка ним судин.

При кровотечі із судин голови поранений може загинути від декількох секунд до однієї години (локалізація рани - волосиста частина голови). Причини смерті - швидка втрата значної кількості крові, засмокування повітря в крупні вени і закупорка ним судин.

При зовнішній артеріальній кровотечі з ран передпліччя, гомілки чи тулуба смерть може настати до однієї години. Причини смерті - швидка втрата значної кількості крові, розвиток шоку.

При виникненні непрохідності верхніх дихальних шляхів через западання язика за умов втрати свідомості (травма голови, шок) в положенні на спині поранений гине до 5 хв. Причина смерті - зупинка серця внаслідок недостатнього надходження кисню.

При раптовій зупинці серця унаслідок ударної хвилі, закритої травми грудної клітки, сильного стресу смерть настає через 5 хв. Причини смерті - зупинка діяльності серця і, як результат, припинення транспортування кисню до клітин.

При проникаючому пораненні грудної клітки смерть настає від 10-15 хв. до однієї години (локалізація рани - ділянка грудної клітки). Причини смерті - виключення легені з боку поранення з акту дихання, втрата значної кількості крові.

У даній роботі не будуть розглядатися способи надання першої домедичної допомоги постраждалим. Що до цього питання, існує величезна кількість матеріалів як із закордонних так і з вітчизняних джерел. То ж розглянемо лише питання комплектації індивідуального медичного набору, виходячи із загроз життю і здоров'ю та ефективності тих чи інших медичних засобів.

Так можна взяти за основу комплектацію аптечки від сайту «Тактическая Медицина» [7] (але автори залишають за собою право рекомендувати використання більш дешевих і доступних аналогів тих засобів):

1. *Кровостинний джгут сучасної конструкції.* Мінімум один, норма - два. Як відомо, причина значної кількості смертей на полі бою - кровотечі кінцівок. Масивна артеріальна кровоте-

ча може привести до смерті всього за кілька хвилин. Джгути сучасної конструкції дозволяють зупинити кровотечу максимально швидко і надійно не тільки товаришеві а й собі, в тому числі однією рукою. Рекомендація: CAT Tourniquet (NA Resque USA) або аналог вітчизняного виробництва (рис. 1).

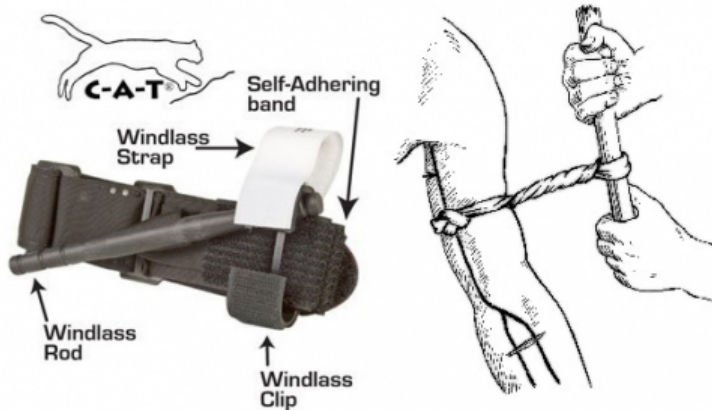


Рис. 1. Кровоспинний турнікет і принципова схема його дії

2. Бинт для тампонади просочений гемостатиком. Не порошок і не аплікатор, а саме бинт. Плюс один два простих бинта для тампонажу без просочення. Вітер, дощ, незручні положення, відсутність гарного візуального контролю в процесі надання допомоги - це ті чинники, які часто присутні.

Ефективність застосування гемостатичних порошоків в таких умовах

набагато нижче, ніж бинтів просочених тим же складом. Рекомендація : Chito Gauze Pro Z-fold (рис. 2).



Рис. 2. Бинт просочений гемостатиком

3. Сучасний биндаж на основі еластичного бинта. Мінімум один, але краще два. Основна перевага - зручність користування, швидкість накладення, універсальність використання, наявність спеціальних аплікаторів для створення додаткового тиску, компактність в упаковці. Рекомендація: Israel Emergency Bandage.

Значним недоліком є порівняно висока вартість биндажу (11.00 USD), тому рекомендуємо використовувати звичайний еластичний бинт (7-50 грн. залежно від довжини й еластичності)

(рис. 3).



Рис. 3. Еластичні бинти

4. Оклюзійна плівка. Краще подвійна + декомпресійна голка.

Статистика стверджує що 33% смертей при збройних зіткненнях настає внаслідок травм грудної клітки, порушеннях дихання, пневмотораксу. Уміле використання оклюзійної плівки і декомпресійних голок підвищує шанси вашого виживання на третину. Рекомендація: HyFin vent Twin Pack

або HyFin Xtreme+ARS For Needle Decompression. Проте і в цьому випадку значна ціна (29.00 USD.) змушує нас рекомендувати для таких цілей широкий пластир (вартістю від 70 до 200 грн. залежно від виробника, матеріалу і розмірів) + міцну поліетиленову плівку (рис. 4).



Рис. 3. Пластирі

5. Назальна трубка

Третьою за величиною загрозою є непрохідність дихальних шляхів внаслідок різних причин. Це приводить до смерті 6 % потерпілих. Назальна трубка - найпростіший спосіб вирішити цю проблему. Рекомендація: Nasopharyngeal Airways with Lubricant. Або її аналоги місцевого виробництва.

6. Одноразові рукавички, 2-3 пари.

Ніколи не забувайте про свою безпеку. Ви не знаєте чим хворіє потерпілий а небезпечні для життя і здоров'я хвороби передаються в т.ч. і через кров. Завжди одягайте рукавички перед наданням допомоги.

7. Медичні ножиці з плоским кінцем для швидкого доступу до рани.

При тампонажу і багатьох інших маніпуляціях необхідно мати прямий доступ до рани. Медичними ножицями це можна зробити швидко і безпечно для потерпілого (рис. 4).



Рис. 4. Ножиці

8. Незмивний маркер.

Які і коли отримані медикаменти, коли накладено джгут - все це потрібно відображати на обличчі постраждалого чи на його тілі, для медиків, які працюватимуть над постраждалим згодом.

9. Підсумок для набору.

Весь набір має бути запакований в одному підсумку або в якійсь барсетці. Це дозволить не загубити щось із набору і збільшить швидкість надання першої допомоги постраждалим. Приклад такого підсумку і розміщення в ньому набору приведено на рис. 5 [8].

Рис. 5. Підсумок у розкритому вигляді



Комплектація набору протишоковими засобами, та медичними препаратами від гострих і хронічних захворювань, розглянемо в наступних роботах. Єдине що можна відмітити - використання знеболюючих препаратів більш доцільне у вигляді ін'єкцій а не у вигляді пігулок.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі виконано огляд основних причин смерті потерпілих від поранень. Проведено огляд необхідних засобів для надання першої допомоги із визначенням переваг і

недоліків кожного з них.

Вибір конкретного комплекту буде залежати як від поточної ситуації в регіоні, так і від фінансових можливостей конкретної людини. Використання мережі Інтернет (зокрема мережевих магазинів та аукціонів) дозволить підібрати необхідний набір за порівняно невисоку ціну.

Надано посилання на електронні ресурси, що дозволять отримати певні знання з «екстремальної» медицини та підібрати собі медичний набір за власним уподобанням.

Автори залишають відкритим питання комплектації аптечки іншими засобами у т.ч. знеболюючими, протишоковими препаратами та ліками від хронічних захворювань.

Список літератури

1. Стеблюк М.І. Цивільна оборона і цивільний захист: Підручник. - К.: Знання-прес, 2007. – 487 с.
2. Майстрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях . Изд. 5-е, перераб. М. : Академия, 2008. - 334 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебн. пособие / А.Т. Смирнов, М.А. Шахраманьян, Р.А. Дурнев, Н.А. Крючок. - М.: Дрофа, 2009. - 375 с.
4. Домедична допомога в умовах бойових дій [Електронний ресурс] міністерство охорони здоров'я України, http://www.moz.gov.ua/docfiles/Pre-Medical-Aid_WEB.pdf
5. Diedof wound sonth ebattlefield: causation andimplications forimpro vingcom batcasualty care / **B. J. Eastridge, M. Hardin, J. Cantrell** [etal] // **J. Trauma**. – 2011. Vol. 71 (1 Suppl.). – P. 4-8.
6. En-rout ecarecapability frompo into finjury mortality afterse verew artimein jury / **J. Morrison, J. Oh, J. Dubose** [etal] // **Ann. Surg.** – 2013. – № 2. – P. 330-334.
7. Концепція спасення - тактическая медицина [Електронний ресурс] Сайт RC Tacmed 2014 <http://rctacmed.com.ua/>
8. Индивидуальная аптечка [Електронний ресурс] Живий журнал «Записки боевого библиотекаря» <http://bratgoblin.livejournal.com/90735.html>.

Рукопис подано до редакції 06.03.14

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА НА ТЕМПЫ СООРУЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК В КРЕПКИХ ПОРОДАХ

Разработано соответствующее программное обеспечение и исследовано влияние крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факторы. Отмечено, что коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, что особенно наглядно в весьма крепких породах, где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров. Указано, в частности, что при возрастании скорости проходки выработки с 25 м/мес. до 50 м/мес., т.е. в 2 раза, требуемая для обеспечения такой скорости эксплуатационная производительность бурового оборудования должна увеличиться более интенсивно, в зависимости от условий, в 3,55-3,67 раза. Установлено также, что производительности средств погрузки оказывает в горизонтальных выработках менее сильное влияние на скорость проходки выработки. При двукратном возрастании производительности погрузочного оборудования скорость проходки выработки растет только в 1,09-1,19 раза.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Реконструкция железорудных шахт для поддержания их производственной мощности требует своевременного ввода в эксплуатацию большого объема различных горных выработок. В этой связи соблюдение заданных темпов проходки выработок является важной задачей организации работ.

Анализ исследований и публикаций. Проблеме развития Криворожского бассейна уделялось, в частности, внимание в работах [1,2]. Однако в них непосредственно не рассматривались вопросы организации проходческих работ.

Постановка задачи. С учетом отмеченного выше является актуальным исследование зависимости скорости проведения выработки от таких факторов, как крепость пересекаемых горных пород, производительность бурового и погрузочного оборудования. Целесообразно также разработать соответствующие методику и программное обеспечение для автоматизации исследований.

Изложение материала и результаты. Для эффективного хода процесса исследования нужно иметь программное обеспечение высокого качества, которое соответствует, в частности, следующим требованиям, связанным с характеристиками и атрибутами качества согласно ISO 9126:2001 [3,4]:

функциональность - способность программного обеспечения (ПО) решать задачи, нужны пользователям;

надежность - способность ПО поддерживать определенную работоспособность в заданных условиях.

удобство или практичность - способность ПО быть удобным в обучении и использовании, а также привлекательным для пользователей;

производительность - способность ПО при заданных условиях обеспечивать необходимую работоспособность относительно выделяемого для этого ресурсов. Можно определить ее и как отношение получаемых с помощью ПО результатов к затрачиваемых на это ресурсов всех типов;

удобство сопровождения - удобство проведения всех видов деятельности, связанных с сопровождением программ;

переносимость - способность ПО сохранять работоспособность при переносе из одного окружения в другое, включая организационные, аппаратные и программные аспекты окружения.

Таким образом, наиболее важной чертой создаваемого программного обеспечения является его функциональность, обусловленная сложностью и разнообразием решаемых задач горного производства, важное значение имеет и надежность продукта. Такие черты, как удобство, эффективность, удобство сопровождения, переносимость, также определяют качество программного обеспечения, являются важными, но менее значимыми в иерархии требований.

Возможность широкого использования программного обеспечения при решении задач горного производства является важным условием его эффективного функционирования, а степень такой эффективности в немалой степени зависит от качества программного обеспечения.

Для автоматизации исследований нами разработаны компьютерная программа на языке Java (рис. 1).

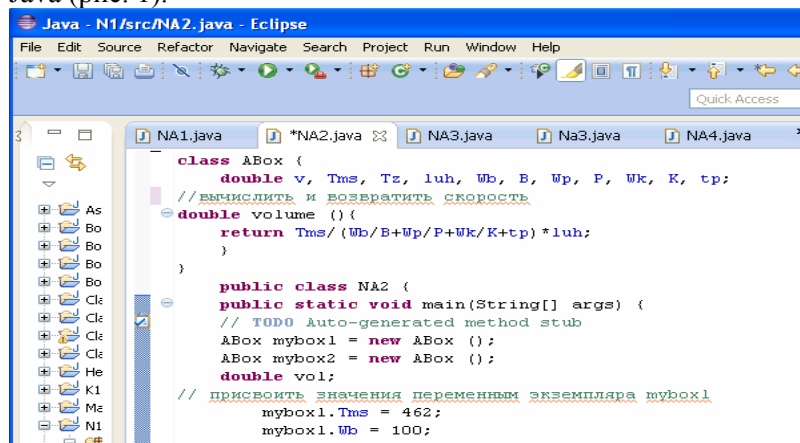


Рис. 1. Программа, включающая метод

Для исследования влияния крепости пород на темпы проходки горизонтальных выработок примем следующие условия. Проходка выработки, площадью поперечного сечения (здесь и далее) вчерне 16 м^2 , производится в обычных условиях буровзрывным способом. Бурение шпуров осуществляется буровой кареткой

СБКН-2М, погрузка породы - погрузочной машиной ППН-3 в вагоны емкостью до 4 м^3 с откаткой их электровозами. Крепление выработки - комбинированное, предусматривающее сочетание набрызгбетона и анкеров. Наибольшая скорость проходки выработки (рис. 2) наблюдается при минимальном значении коэффициента крепости пород, в рамках нами рассмотренного, и составляет $45,94\text{ м/мес.}$ (примем за 100%) при соответствующей глубине шпуров $2,61\text{ м}$. Рост коэффициента крепости пород приводит к уменьшению скорости проходки выработки, например, при крепости 9 она составит $36,26\text{ м/мес.}$ ($78,9\%$), при крепости 12 - $27,81\text{ м/мес.}$ ($60,54\%$). При возрастании коэффициента крепости пород до 15 скорость проходки будет составлять уже менее половины базового уровня, а именно $21,3\text{ м/мес.}$ ($46,36\%$), а при достижении значения крепости 17 сократится до $18,13\text{ м/мес.}$ ($39,46\%$).

Таким образом, при изменении коэффициента крепости пород от 6 до 17 , расчетная скорость проходки горной выработки, как интегральный показатель различных факторов, сократится в $2,5$ раза, что позволяет считать крепость пород определяющим параметром при организации работ.

В общем виде зависимость скорости проходки выработки v от коэффициента крепости пород f по шкале проф. М.М. Протодяконова с учетом величины достоверности аппроксимации R^2 может быть описано следующим выражением $v = -2,54f + 59,6$.

Исследуем далее зависимость скорости строительства выработки от изменения эксплуатационной производительности бурового оборудования. Проходка осуществляется в породах с коэффициентом крепости 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова.

Согласно полученным результатам (рис. 2) при изменении эксплуатационной производительности бурового оборудования с 7 до 14 м/ч скорость проходки выработки возрастает соответственно с $17,6$ до $28,34\text{ м/мес.}$ (в $1,61$ раза), при изменении с 14 до 21 м/ч скорость увеличится до $36,26\text{ м/мес.}$ (в $1,28$ раза), а при изменении с 21 до 28 м/ч скорость возрастет до $42,06\text{ м/мес.}$ (в $1,16$ раза).

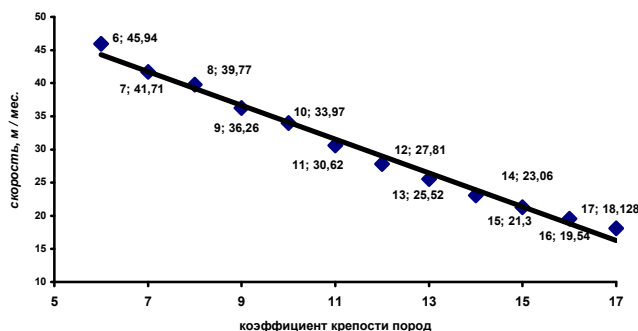


Рис. 2. Зависимость скорости проходки выработки от коэффициента крепости пород

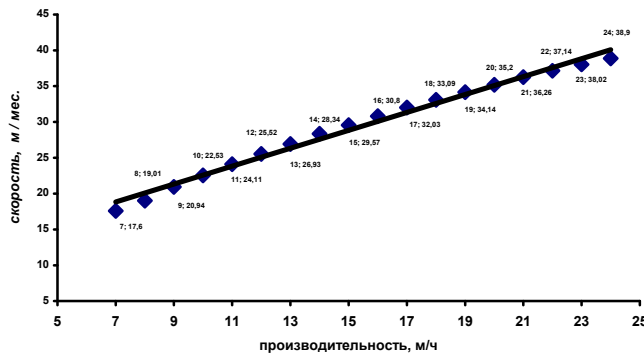
По отношению к скорости проходки, наблюдающейся при эксплуатационной производительности бурового оборудования 7 м/ч , скорость проходки при эксплуатационной производительности 14 м/ч составит 161% , при 21 м/ч - 206% , при 28 м/ч - 239% .

Для достижения скорости проходки выработки 25 м/мес. в данном случае требуется эксплуатационная производи-

тельность бурового оборудования порядка $11,7\text{ м/ч}$ в то время как для скорости 50 м/мес. - 42 м/ч , т.е. для увеличения скорости проходки выработки в 2 раза требуется увеличить эксплуатационную производительность бурового оборудования в $3,59$ раза.

Зависимость скорости проходки выработки от эксплуатационной производительности бурового оборудования при проведении ее в породах с коэффициентом крепости 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова может быть описана выражением $v=1,25f+10,06$.

Рис. 3. Зависимость скорости проходки выработки от производительности бурового оборудования



пород с 12 до 20 по шкале проф. М.М. Протодяконова эксплуатационная производительность бурового оборудования, необходимая для поддержания скорости проходки выработки на уровне 25 м/мес, возрастает в 1,6 раза, а скорости 50 м/мес - в 1,56 раза.

Рассмотрим далее влияние эксплуатационной производительности погрузочного оборудования на скорость проходки (рис. 4).

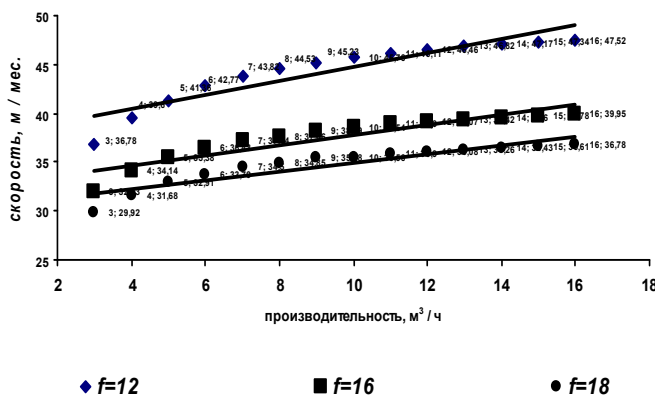


Рис. 4. Зависимость скорости проходки выработки от производительности погрузочного оборудования

При $f=12$ и эксплуатационной производительности погрузочного оборудования 3 м³/ч имеет место скорость проходки выработки 21,65 м/мес. При увеличении эксплуатационной производительности погрузочного оборудования происходит рост скорости проходки выработки. Например, при эксплуатационной производительности 6 м³/ч имеет место скорость проходки выработки 25,87 м/мес, при 12 м³/ч - соответственно 28,51 м/мес., а при производительности 15 м³/ч скорость составит 29,22 м/мес.

Зависимость скорости проходки выработки от эксплуатационной производительности погрузочного оборудования может быть описана следующими выражениями: при $f=12v=0,51f+22,1$; при $f=16v=0,39f+19,56$; при $f=18v=0,37f+18,3$.

При увеличении эксплуатационной производительности погрузочного оборудования в 2 раза по отношению к принятому нами базовому уровню, т.е. до 6 м³/ч, скорость проходки выработки возрастает на 19,5 %. При росте в 3 раза скорость проходки выработки возрастает на 27,6 % по отношению к базовой. Дальнейшее возрастание эксплуатационной производительности погрузочного оборудования, в 4 и 5 раз применительно к базовой приводит к росту скорости проходки соответственно на 31,7 и 35 %. Очевидно, что, по мере роста уровня эксплуатационной производительности средств погрузки, интенсивность возрастания скорости проходки выработки заметно снижается.

При увеличении f до 16 по шкале проф. М.М. Протодяконова скорость проходки выработки при соответствующих значениях эксплуатационной производительности погрузочного оборудования уменьшается. Так, например, при эксплуатационной производительности 3 м³/ч скорость проходки выработки сократилась до 19,18 м/мес, это в 1,129 раза меньше, по отношению к скорости, имевшей место при коэффициенте крепости пород $f=12$. Такое происходит из-за общего снижения скорости проходки, в первую очередь, за счет увеличения продолжительности буровзрывных работ.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, исследование влияния крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факто-

ры, позволяет сделать, в частности, следующие выводы: коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, особенно в весьма крепких породах, где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров.

В ходе исследования зависимости скорости проходки протяженных выработок горизонта от производительности бурового оборудования установлено роль этого фактора как наиболее значимого. Отмечено, в частности, что при возрастании скорости проходки выработки с 25 м/мес до 50 м/мес, т.е. в 2 раза, требуемая для обеспечения такой скорости эксплуатационная производительность бурового оборудования должна увеличиться более интенсивно, в зависимости от условий, в 3,55-3,67 раза.

Установлено также, что производительности средств погрузки оказывает значительно менее сильное влияние на скорость проходки выработки. При двукратном возрастании производительности погрузочного оборудования скорость проходки выработки растет только в 1,09-1,19 раза.

Дальнейшие исследования целесообразно распространить на изучение влияния различных факторов на производительность проходческого оборудования.

Список литературы

1. Колосов В.А., Близиюков В.Г., Салганик В.А. Этапы и проблемы развития Криворожского бассейна // Металлургическая и горнорудная промышленность.– 2000.– №6.– С. 55-57.
2. Воловик В.П., Домничев В.Н., Протасов В.П. Современное состояние и перспективы развития предприятий с подземным способом разработки железорудных месторождений Кривбасса // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2000. - № 5. – С.69 – 73.
3. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iso.org>.
4. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.wikibooks.org/wiki/Programming>.

Рукопись поступила в редакцию 04.02.14

УДК 621.313

О.М. СІНЧУК, д-р техн. наук, проф., Ю.Г. ОСАДЧУК, канд. техн. наук,
І.А. КОЗАКЕВИЧ, викладач, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ СТРУМУ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ БЕЗДАТЧИКОВОГО КЕРУВАННЯ

Бездатчикове векторне керування дозволяє отримати високі показники якості керування без встановлення на вал машини додаткових вимірювальних засобів. Основою функціонування подібних систем є способи непрямої ідентифікації кутової швидкості та потокозчеплення двигуна. В залежності від застосовуваних методик проектування ідентифікуючої частини приводу змінюються показники точності у заданому діапазоні керування. Існуюча класифікація передбачає наявність двох підходів, перший з яких базується на використанні ідеалізованої математичної моделі двигуна, а другий – на використанні анізотропних властивостей. Використання ідеалізованої математичної моделі не дозволяє реалізувати високу точність ідентифікації кутової швидкості при роботі у нижній частині діапазону керування, що призводить до необхідності його обмеження. У статті розглянуто спосіб бездатчикового векторного керування з ідентифікацією невимірюваних змінних стану на основі використання струму нульової послідовності для асинхронних двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник. Сигнал струму нульової послідовності дозволяє визначати кутові положення основної анізотропної властивості двигуна, а відслідковування цього положення у часі дозволяє ідентифікувати кутову швидкість без її безпосереднього виміру. Шляхом всебічного дослідження розробленої системи доведено, що такий спосіб дозволяє створювати системи, що мають високий діапазон керування частоти обертання двигуна.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Бездатчикове векторне керування [1] асинхронними двигунами передбачає відсутність будь-яких датчиків на валу та всередині машини, використовуючи оцінювання відповідних змінних стану приводу на основі математичної моделі. При цьому більшість існуючих способів бездатчикової оцінки базуються на використанні ідеалізованої математичної моделі асинхронного двигуна, що призводить до суттєвих проблем при роботі на низьких частотах обертів. Саме через це для синтезу систем з

широким діапазоном керування є необхідність застосовувати оцінювання з використанням анізотропних властивостей двигуна.

Аналіз досліджень та публікацій. У літературі [2] представлено спосіб діагностики несправностей двигуна на основі аналізу струму нульової послідовності для випадку з'єднання обмоток двигуна у трикутник. Тому є доцільним проаналізувати можливість використання струму нульової послідовності для аналізу положення вісі анізотропії асинхронного двигуна.

Постановка задачі. Розширення діапазону керування частоти обертання бездатчикових приводів можливе лише за рахунок покращення характеристик способів оцінювання поточного стану та частоти обертів ротора двигуна при роботі на частотах обертів, що є близькими до нуля. Модель ідеалізованого асинхронного двигуна не здатна задовольнити цим вимогам. Способи бездатчикової ідентифікації, що базуються на анізотропних властивостях машини передбачають введення високочастотної напруги або тестових векторів до основної напруги, що живить двигун. При цьому аналізується струмовий відгук на введену додаткову напругу та визначається положення вісі анізотропії. Оскільки у двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник, наявність анізотропій призводить до появи струму нульової послідовності, то слід дослідити можливість використання цього сигналу для бездатчикової оцінки невимірюваних змінних стану.

Викладення матеріалу та результати. Рівняння електричної рівноваги статорних ланцюгів асинхронного двигуна можуть бути записані так [1]

$$v_A = L_{\sigma A} \frac{di_A}{dt} + i_A R_A + \frac{d\psi_A}{dt}; \quad (1)$$

$$v_B = L_{\sigma B} \frac{di_B}{dt} + i_B R_B + \frac{d\psi_B}{dt}; \quad (2)$$

$$v_C = L_{\sigma C} \frac{di_C}{dt} + i_C R_C + \frac{d\psi_C}{dt}, \quad (3)$$

де v_A, v_B, v_C - напруги живлення обмоток двигуна; i_A, i_B, i_C - фазні статорні струми; $L_{\sigma A}, L_{\sigma B}, L_{\sigma C}$ - індуктивності розсіяння обмоток; R_A, R_B, R_C - активні опори обмоток; $d\psi_A/dt, d\psi_B/dt, d\psi_C/dt$ - проти ЕРС двигуна.

Неоднорідність асинхронної машини, що викликана наявністю насичення сталі або наявністю дискретних роторних стержнів призводить до змін індуктивностей розсіяння в залежності від положення вісі відповідної анізотропії. Допускаючи припущення щодо синусоїдального характеру модуляції індуктивності, що створюється анізотропією, можемо записати

$$L = \begin{bmatrix} l_a(t) & 0 & 0 \\ 0 & l_b(t) & 0 \\ 0 & 0 & l_c(t) \end{bmatrix}; \quad (4)$$

$$l_a(t) = l_0 + l_{an} \cos 2\theta_{an}; \quad (5)$$

$$l_b(t) = l_0 + l_{an} \cos\left(2\theta_{an} - \frac{2\pi}{3}\right); \quad (6)$$

$$l_c(t) = l_0 + l_{an} \cos\left(2\theta_{an} + \frac{2\pi}{3}\right), \quad (7)$$

де L - матриця власних індуктивностей машини; l_0 - постійна складова індуктивності обмоток машини; l_{an} - складова індуктивності обмоток, що модулюється наявністю анізотропією машини; θ_{an} - положення вісі анізотропії відносно вісі обмотки А двигуна.

З метою визначення положення вісі анізотропії використовується введення високочастотного сигналу до напруги статора двигуна або використання тестових векторів.

Введення високочастотного сигналу є небажаним з огляду виникнення додаткових втрат енергії, виникнення акустичних шумів та поява пульсацій електромагнітного моменту.

Тому більш раціональним рішенням є введення двох тестових векторів на періоді широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Оскільки у більшості сучасних частотно-керованих приводах застосовується автономний інвертор напруги, то доцільно використати в якості тестових векторів ті, що відповідають базовим векторам схеми. Такі вектори представлені на рис. 1.

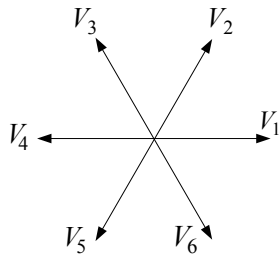


Рис. 1. Тестові вектори напруги

При цьому на кожному періоді ШІМ слід застосовувати вектори, що є протилежні за напрямком (наприклад, V_1 та V_4).

Прикладаючи їх на однакові відрізки часу, можна досягти відсутності жодного впливу на вихідну напругу інвертора за рахунок рівності нулю середньої за період ШІМ напруги.

Знаходження положення вісі анізотропії не викликає жодних ускладнень за умови, що у вимірних значеннях індуктивності розсіяння спостерігається вплив лише однієї анізотропної властивості.

Але виконання цієї умови є досить складним для реальної асинхронної машини, що має дві значні анізотропні властивості: та, що пов'язана зі зміною індуктивності внаслідок насичення сталі під впливом основного потоку, а також та, що пов'язана з наявністю на роторі дискретних стержнів.

Для зменшення впливу стержнів ротора на роботу машини передбачено використання скошених пазів, але, як показують дослідження [4], це не дозволяє знизити модуляцію до рівня, на якому можна було б знехтувати нею.

Зміна індуктивності розсіяння за умови одночасного впливу анізотропії, що пов'язана з насиченням, та анізотропії роторних стержнів може бути записана так

$$L_{\sigma A} = L_{\sigma c} + L_{\sigma n} \cos(2\omega_n t) + L_{\sigma pc} \cos(n\omega_{pc} t + \varphi_o); \quad (8)$$

$$L_{\sigma B} = L_{\sigma c} + L_{\sigma n} \cos\left(2\omega_n t - \frac{2\pi}{3}\right) + L_{\sigma pc} \cos\left(n\omega_{pc} t - \frac{2\pi}{3} + \varphi_o\right); \quad (9)$$

$$L_{\sigma C} = L_{\sigma c} + L_{\sigma n} \cos\left(2\omega_n t + \frac{2\pi}{3}\right) + L_{\sigma pc} \cos\left(n\omega_{pc} t + \frac{2\pi}{3} + \varphi_o\right), \quad (10)$$

де $L_{\sigma c}$ - середнє значення індуктивності розсіяння; $L_{\sigma n}$ - складова індуктивності розсіяння, що модулюється наявністю анізотропії насичення машини; $L_{\sigma pc}$ - складова індуктивності розсіяння, що модулюється наявністю роторних стержнів машини; ω_n - частота обертання вісі анізотропії, що викликана наявністю анізотропії насичення, що відповідає частоті обертання поля машини; n - кількість роторних стержнів машини; ω_{pc} - частота обертання ротора двигуна; φ_o - початковий кут положення анізотропії, що пов'язана з наявністю роторних стержнів.

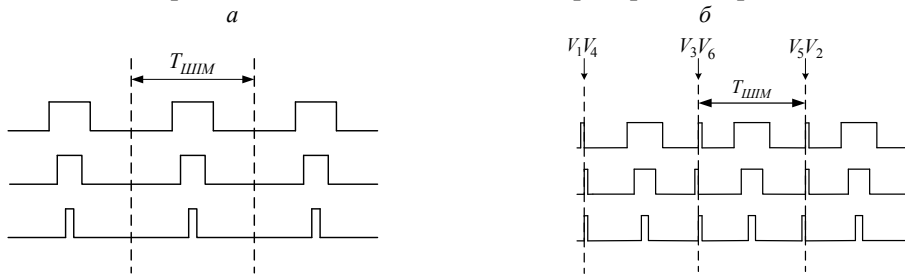


Рис. 2. Форма сигналів керування інвертором без введення тестових векторів а та з введенням тестових векторів б

Розглянемо рівняння стану асинхронного двигуна при прикладанні тестового вектора V_1 . Еквівалентна схема системи зображена на рис. 3.

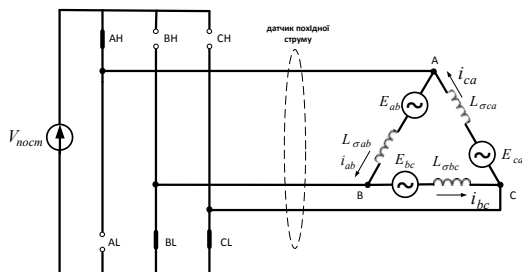


Рис. 3. Схема заміщення системи частотно-керованого приводу при прикладанні тестового вектора V_1

Систему рівнянь можна записати так

$$\begin{cases} V_{nocm} = E_{ab} + L_{\sigma ab} \frac{di_{ab}}{dt}; & 0 = E_{bc} + L_{\sigma bc} \frac{di_{bc}}{dt}; \\ -V_{nocm} = E_{ca} + L_{\sigma ca} \frac{di_{ca}}{dt}. \end{cases} \quad (11)$$

Струм нульової послідовності для такого ви-

падку можна виразити з системи (11) так

$$\frac{di_o}{dt} = \frac{V_{nocm}}{L_{\sigma ab}} - \frac{V_{nocm}}{L_{\sigma ca}} - \frac{E_{ab}}{L_{\sigma ab}} - \frac{E_{bc}}{L_{\sigma bc}} - \frac{E_{ca}}{L_{\sigma ca}}. \quad (12)$$

При роботі в зоні низьких частот обертів проти ЕРС двигуна є малою порівняно з напругою ланки постійного струму інвертора, тому нею можна знехтувати

$$\frac{di_o}{dt} = \frac{V_{nocm}}{L_{\sigma ab}} - \frac{V_{nocm}}{L_{\sigma a}} \quad (13)$$

Підставивши (8)-(10) в (13) маємо. Виконавши спрощення та нехтуючи складовими з малими амплітудами отримуємо

$$\begin{aligned} \frac{di_o}{dt} &\approx V_{nocm} \frac{-\sqrt{3}L_{\sigma n} \sin\left(2\omega_n t + \frac{\pi}{3}\right) - \sqrt{3}L_{\sigma pc} \sin\left(n\omega_{pc} t + \frac{\pi}{3} + \varphi_o\right)}{L_{\sigma}^2} = \\ &= k \left(L_{\sigma n} \sin\left(2\omega_n t + \frac{\pi}{3}\right) + L_{\sigma pc} \sin\left(n\omega_{pc} t + \frac{\pi}{3} + \varphi_o\right) \right). \end{aligned} \quad (14)$$

Отже, рівняння (14) доводить, що сигнал похідної струму нульової послідовності представляє собою суму двох складових: перша модулюється анізотропією насичення $L_{\sigma n} \sin\left(2\omega_n t + \frac{\pi}{3}\right)$, а друга - наявністю дискретних роторних стержнів $L_{\sigma pc} \sin\left(n\omega_{pc} t + \frac{\pi}{3} + \varphi_o\right)$. При цьому актуальною є проблема розділення цих складових для створення можливостей окремого оцінювання положення ротора двигуна та напрямку основного потоку.

З метою аналізу була складена дискретно-польова модель у середовищі Ansoft Maxwell 3D. Результати моделювання роботи системи представлено на рис. 4-5.

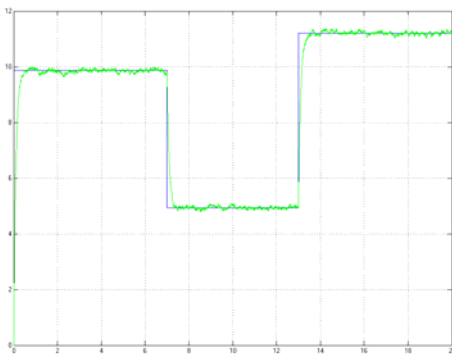


Рис. 4. Графік сигналу завдання частоти обертів двигуна та оцінка частоти обертів, отримана за допомогою досліджуваного способу

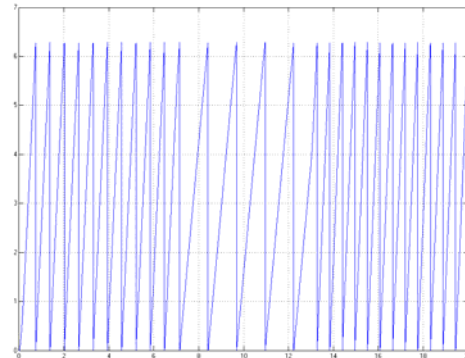


Рис. 5. Графік кута повороту ротора двигуна, отриманий досліджуваним способом

З них видно, що при роботі на низьких частотах обертів похибка оцінки величини частоти обертів досліджуваним способом не перевищує 3%, що є задовільним для використання цього сигналу в системі бездатчикового векторного керування асинхронними двигунами.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведене дослідження підтвердило можливість використання сигналу струму нульової послідовності для визначення положення вісі анізотропії і, як наслідок, положення вектора основного потоку машини або ротора двигуна в залежності від характеру анізотропії. При цьому для досягнення задовільних характеристик щодо точності оцінки невимірюваних змінних стану є необхідність застосування датчика похідної струму. Перевагою даного способу перед відомими є можливість застосування лише одного датчика замість трьох. У подальшому слід вдосконалити досліджуваний спосіб за рахунок покращення можливостей розділення впливу анізотропій різного типу.

Список літератури

1. Vas P. Sensorless vector and direct torque control. – Oxford: Oxford University Press, 1998. – 356 p.
2. Gyftakis K.N., Kappatou J.C. The zero-sequence current as a generalized diagnostic mean in Δ -connected three-phase induction motors // IEEE Transactions on Energy Conversion, vol.29, №1, 2014.

3. **Briz F., Degner M.W., Fernandez P.G., Diez A.B.** Rotor and flux position estimation in delta-connected AC Machines using the zero-sequence carrier-signal current / IEEE Transactions on industry applications, vol. 42, no. 2, 2006, pp. 495-503.
4. **Caruana C., Asher G.M., Clare J.C.** Sensorless flux position estimation at low and zero frequency by measuring zero-sequence current in delta-connected cage induction machines // IEEE Transactions on industry applications, vol. 41, no. 2, 2005, pp. 609-617.
5. **Staines C.S., Asher G.M., Sumner M.** Rotor-position estimation for induction machines at zero and low frequency utilizing zero-sequence currents // IEEE Transactions on industry applications, vol. 42, no. 1, 2006, pp. 105-112.
6. **Пересада С.М., Дымко С.С.** Прямое векторное управление моментом асинхронных двигателей с максимизацией соотношения момент-ток // Электромеханические и энергосберегающие системы. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вип 3/2011 (15). – С. 16-20.
7. **Пересада С.М., Ковбаса С.Н., Бовкунович В.С.** Экспериментальное тестирование адаптивного к вариациям активного сопротивления роторной цепи наблюдателя потокосцепления асинхронного двигателя // Праці Інституту електродинаміки НАН України, -- 2010, №25. С. 68-71.
8. **Пересада С.М., Ковбаса С.Н., Глушенков В.А., Бовкунович В.С.** Повышение эффективности векторно-управляемых электроприводов за счет робастификации и адаптации к вариациям активного сопротивления ротора // Промэлектро. – Киев, 2010. -- №5. С. 49-55.
9. **Пересада С.М., Ковбаса С.Н., Малько М.П.** Робастный алгоритм идентификации параметров асинхронного двигателя при неподвижном роторе // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені М. Остроградського. – 2010, №1. С. 121-125.
10. **Сінолиций А.П., Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А.** Дослідження спостерігача Льюенбергера для бездатчикового векторного керування при роботі на низькій швидкості // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2011. – №3. – С. 38-39.

Рукопись поступила в редакцию 18.03.14

УДК 658.011.56

В.А. КОНДРАТЕЦ, канд. техн. наук., проф., А.Н. МАЦУЙ, канд. техн. наук, доц.
Кировоградский национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПУЛЬПЫ В УЛИТКОВОМ ПИТАТЕЛЕ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ПЕСКОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ДВУХСПИРАЛЬНОГО КЛАССИФИКАТОРА

Установлено, что изменение уровня пульпы в приемном устройстве улиткового питателя представляет собой стационарный случайный процесс, интенсивность которого различна по его ширине и возрастает с уменьшением уровня. Длительность участков с неизменным значением уровня пульпы сокращается с его уменьшением. Они не являются строго фиксированными по длине реализации, которая равна 1,56 с.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Две третьих рудного сырья черной металлургии Украины составляют продукты обогащения. Значительная часть из них измельчается в циклах с двухспиральным классификатором, пески которого перерабатывает шаровая мельница, несущая основную нагрузку. Из-за отсутствия средств автоматической стабилизации разжижения пульпы в мельнице, она работает с неполной отдачей, перерасходуя электрическую энергию, шары и футеровку, снижая производительность по готовому продукту. Это не соответствует основным положениям Государственной научно-технической программы «Ресурсосберегающие технологии нового поколения в горнометаллургическом комплексе». Учитывая это, тема статьи, которая посвящена решению задач автоматизации разжижения пульпы в мельницах при измельчении песков механического двухспирального классификатора, является актуальной.

Материалы данной публикации получены при выполнении научно-исследовательской темы «Система компьютерной идентификации соотношения твердое/жидкое при измельчении песков классификатора» (государственный регистрационный номер 0107U005470).

Анализ исследований и публикаций. В автоматизацию измельчения руд значительный вклад сделали работы ученых: Азаряна А.А., Барского Л.М., Бунька В.А., Воронова В.А., Гринмана И.Г., Качана Ю.Г., Козина В.З., Кочуры Е.В., Марюты А.Н., Моркуна В.С., Назаренка М.В., Поркуян О.В., Процута В.С., Тихонова О.Н., Тропа А.Е., Хорольского В.П., Ватсона Д., Гилберта Д., Линча Л. и др. Однако их работы в основном посвящены автоматизации

мельниц с циркулирующей нагрузкой, которые невозможно адаптировать к условиям измельчения песковой нагрузки. Предложенное средство [1], как было установлено, может забиваться посторонними предметами, которые попадают в технологический поток. Авторами данной публикации предложен алгоритмический подход идентификации соотношения твердое/жидкое в улитковом питателе [2], который позволяет решить задачу обеспечения необходимого разжижения пульпы в шаровой мельнице, однако это связано с учетом динамики жидкой среды, которую в такой постановке никто не исследовал.

Постановка задания. Целью данной работы является исследование динамики пульпы в улитковом питателе при измельчении песков механического двухспирального классификатора с обоснованием условий идентификации их разжижения.

Изложение материала и результаты. Современные улитковые питатели обычно имеют два захватных элемента. Схематическое изображение такого улиткового питателя подано на рис. 1.

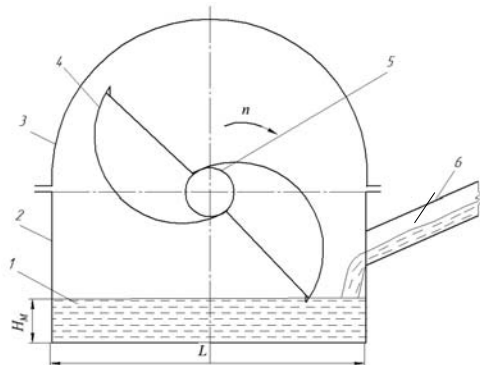


Рис. 1. Схематическое изображение улиткового питателя: 1 – пульпа; 2 – приемное устройство; 3 – кожух; 4 – улитка; 5 – пустотелый вал; 6 – песковый поток

В приемном устройстве 2 в установившемся режиме работы накапливается жидкий материал (пульпа) 1 с определенным уровнем H_M . Если бы обороты n мельницы (пустотелого вала 5) были очень маленькими, а пульпа не расслаивалась, то уровень H_M поддерживался бы на определенном неизменном значении, поскольку захватные элементы 4 отбирают за единицу времени столько материала, сколько его поступает с песковым потоком 6. При другом расходе в песковом потоке 6 в приемном устройстве 2 будет новое установившееся значение уровня H_M . Процессы взаимодействия захватных элементов улиткового питателя и пульпы повторяются. Это идеализированный режим работы улиткового питателя. В реальных условиях пустотелый вал 5 присоединен к загрузочному торцу шаровой мельницы и вращается вместе с ней. С другой стороны, скорость движения захватных элементов улиткового питателя должна быть такой, чтобы пульпа 1 в приемном устройстве 2 не расслаивалась. В реальных условиях работы захватные элементы улитки 4 движутся с достаточно большой скоростью. При этом, захватный элемент, входя в пульпу, создает штучную волну, вершины которой имеют тенденцию быть короткими и острыми, а подошвы – длинными и пологими. Еще одной особенностью данной волны есть то, что в ней не создается задняя вершина, а лишь передняя в момент выхода захватного элемента с пульпы. Кривая свободной поверхности такой волны имеет вид дуги окружности радиусом, который равен расстоянию от оси вращения до кромки захватного элемента, которое в современных улитковых питателях составляет 3 м. Непрерывные волны в приемном устройстве не создаются учитывая то, что после выхода из пульпы первого захватного элемента второй в это же мгновение не входит. Таким образом действует только одна волна, которая потом разрушается.

Днище приемного устройства существенно влияет на формирование волны. В частности, практически весь объем пульпы, которая находится в проекции ширины захватного элемента, движется вперед вместе с волной. Волна продвигается со скоростью пульпы, которая движется вместе с ней.

Это продолжается до мгновения, пока волна не достигнет преграды – стенки, установленной в конце приемного устройства [3].

Известно, что в случае волн, которые движутся непрерывно, вершины перемещаются более быстро, чем подошвы. На мелких участках крутизна переднего склона возрастает, а заднего – уменьшается. Когда вершина волны догоняет подошву, возникает прибой. Передний склон принимает отвесное положение и вершина волны падает к подошве, которая находится спереди. При этом возле переднего склона волны создается воздушный карман. Под действием большой энергии волны он сильно сжимается. Сжатый воздух выбрасывает брызги и частично растворяется в жидкой среде [3]. Учитывая то, что предыдущей волны в улитковом питателе не существует, прибой в нем возникнуть не может.

Поэтому при работе улиткового питателя воздух в пульпу практически не попадает. Активное перемещение пульпы способствует поддержанию ее гомогенного состояния.

Сформированная одиночная волна отражается под прямым углом в приемное устройство с большой энергией, совершая движение в обратном направлении, интенсивно перемешивая материал. Идеальная отраженная волна, как бы на нее не влияли оседающая и набегающая с пескового желоба пульпа, имела бы вид полной волны. В такой волне сформировались бы практически одинаковые две вершины. Однако отраженная волна действует в иных условиях. Из-за этого она меняет форму и ее следующие вершины будут проявляться сравнительно слабо. Волновые процессы в приемном устройстве улиткового питателя не отличаются неизменностью условий.

Длина волны, период колебаний и время ее частичного разрушения зависят от уровня пульпы в приемном устройстве. На входе пескового потока и возле стенки, где отражается создана волна, уровень пульпы за цикл не отвечает его среднему значению. Соответствие среднего значения уровня пульпы осредненному по волновым характеристикам значению может быть достигнуто лишь в центральной части приемного устройства улиткового питателя. На состояние пульпы в приемном устройстве улиткового питателя может значительно влиять и песковый поток.

При любых значениях уровня пульпы в приемном устройстве улиткового питателя результирующие колебания будут представлены низкочастотной составляющей, на которую наложены более высокочастотные колебания. При сравнительно небольших значениях уровня пульпы ее поверхность в приемном устройстве будет изменяться с самой высокой частотой относительно практически горизонтального среднего значения. При средних значениях уровня пульпы высокочастотная составляющая будет иметь период около 0,45 с с увеличенной амплитудой. Она будет изменяться на фоне низкочастотного колебания с периодом 10 с и определенным значением амплитуды.

В случае максимальных значений уровня пульпы песковый поток будет иметь период 12,5 с и наибольшее значение амплитуды. Колебания от улиткового питателя будут иметь наибольшую амплитуду при периоде около 0,6 с. Итак, в приемном устройстве улиткового питателя основными есть колебания уровня пульпы, возбуждаемые захватными элементами. Они осуществляются на фоне среднего значения уровня пульпы или с его плавным увеличением и спадами, которые зависят от амплитуды и периода колебаний результирующего пескового потока.

Выполненные теоретические исследования позволяют сделать представление о движении пульпы в приемном устройстве, однако окончательные выводы сделать невозможно из-за отсутствия строгого математического описания процесса. Ввиду этого дополнительно проводились экспериментальные исследования. Такой эксперимент по ряду причин в промышленных условиях провести невозможно, поэтому его осуществляли на физической модели улиткового питателя. Физическая модель улиткового питателя показана на рис. 2.



Рис. 2. Физическая модель улиткового питателя без кожуха *а* и в плане относительно улитки *б*: 1 - емкость с жидкостью; 2 - средства регулирования расхода жидкости; 3 - песковый желоб; 4 - приемное устройство; 5 - прозрачная стенка со шкалой; 6 - жидкость; 7 - улитка с двумя захватными элементами; 8 - ось вращения улитки; 9 - шариковый подшипник; 10 - электродвигатель; 11 - кожух

Она является полной копией промышленного агрегата - имеет базовый размер $L=300$ мм, осуществляет 0,275 об/с, максимальное значение уровня жидкости - 25 мм (500 мм).

Физическая модель отображает основные функциональные элементы улиткового питателя в соответствии с чертежами с уменьшением в 20 раз.

Для обеспечения установившегося потока жидкости физическая модель дополнялась резервуаром с несколькими источниками неизменного расхода, которые возможно включать в различных сочетаниях. Жидкость, поданная питателем, направлялась в отдельный сборник.

Передняя стенка приемного устройства выполнена из прозрачного материала. На ней нанесена миллиметровая шкала, которая позволяет точно фиксировать значения уровня. В качестве жидкой среды использована вода, которая подкрашивается акварельной краской. Учитывая, что волновой процесс в улитковом питателе имеет достаточно сложный характер, исследования осуществлялись с помощью цифровой видеокамеры Panasonic NV-GS230. Она в каждое мгновение фиксировала значения уровня жидкости по всей ширине приемного устройства. Съемка волнового процесса осуществлялась непрерывно, а после информация переносилась в персональный компьютер с последующей обработкой материала. В процессе обработки можно было наблюдать волновой процесс в динамике, а также фиксировать в статике любое его мгновенное положение.

На первом этапе экспериментальных исследований установлено, что при работе улиткового питателя уровень жидкости в приемном устройстве интенсивно меняется. Наибольшие изменения уровня осуществляются возле стенки приемного устройства по ходу перемещения захватного элемента, а наименьшие - на входе потока. Осредненными свойствами владеет средняя зона улиткового питателя левее и правее от его оси, которая отвечала на физической модели ± 40 мм. Исследования показали, что более интенсивные изменения происходят в левой ее части, т.е. в направлении движения захватного элемента.

При выходе захватного элемента с жидкости она сильно возмущается. Возмущения тем больше, чем меньше среднее значение уровня. После возмущения при выходе захватного элемента с жидкой среды пульпа совершает движения в режиме свободных колебаний. При вхождении следующего захватного элемента в жидкость она еще находится в возмущенном состоянии.

Возмущенное состояние проявляется больше при малых начальных средних уровнях жидкости. Интенсивность этих колебаний не одинакова по ширине приемного устройства. В целом движения имеют случайный характер, однако они отличаются закономерностью, которая вызвана периодичностью взаимодействия захватного элемента с жидкостью. Эта закономерность обеспечивает стационарность случайному процессу.

Идентифицировать состояние жидкого материала возможно по одному, двум, системно спланированной сети показаний уровня, каждое из которых будет случайным процессом, владеющим стационарностью. Учитывая то, что интенсивность изменения уровня жидкости левее и правее от вертикали, которая проходит через ось вращения пустотелого вала, разна, проводились исследования случайного процесса изменения уровня в точках, которые отвечают середине приемного устройства улиткового питателя, левее и правее от нее на 40 мм.

В процессе исследований установлено, что случайные процессы отличаются однородностью. Левее от середины приемного устройства случайные процессы отличаются наибольшей интенсивностью. Посередине улиткового питателя интенсивность изменения уровня несколько уменьшается. Правее от середины приемного устройства изменения уровня жидкости значительно меньше сравнительно с другими точками контроля. Кроме того, с данных исследований видно, что интенсивность случайного процесса зависит не только от точки контроля, а и от начального установившегося значения уровня пульпы. При уменьшении установившегося значения уровня жидкости интенсивность случайных процессов возрастает.

Из результатов выполненных исследований вытекает, что параметры жидкости наиболее просто было бы контролировать правее от средней точки приемного устройства улиткового питателя. Здесь много значений случайного процесса отвечают математическому ожиданию – установившемуся среднему значению уровня жидкости.

Однако при меньших значениях уровня жидкости случайный процесс по характеру совпадает с другими. Это означает, что при контроле правее средней точки приемного устройства улиткового питателя, выделенные преимущества касаются только больших значений уровня жидкости. Учитывая это, при контроле параметров жидкости в приемном устройстве улиткового питателя целесообразно избрать его среднюю точку, где случайный процесс имеет среднюю интенсивность и наиболее полно характеризует состояние жидкой среды.

При двух захватных элементах полный цикл изменения состояния жидкости осуществляется за поворот. Поэтому рассматривались реализации случайного процесса в пределах времени, отвечающему половине оборота улиткового питателя.

Такой отрезок времени составлял в экспериментах $0 \dots 1,56$ с. Реализации случайных процессов изменения уровня пульпы в середине приемного устройства длительностью $1,56$ с при принятых установившихся значениях показателя приведены на рис. 3.

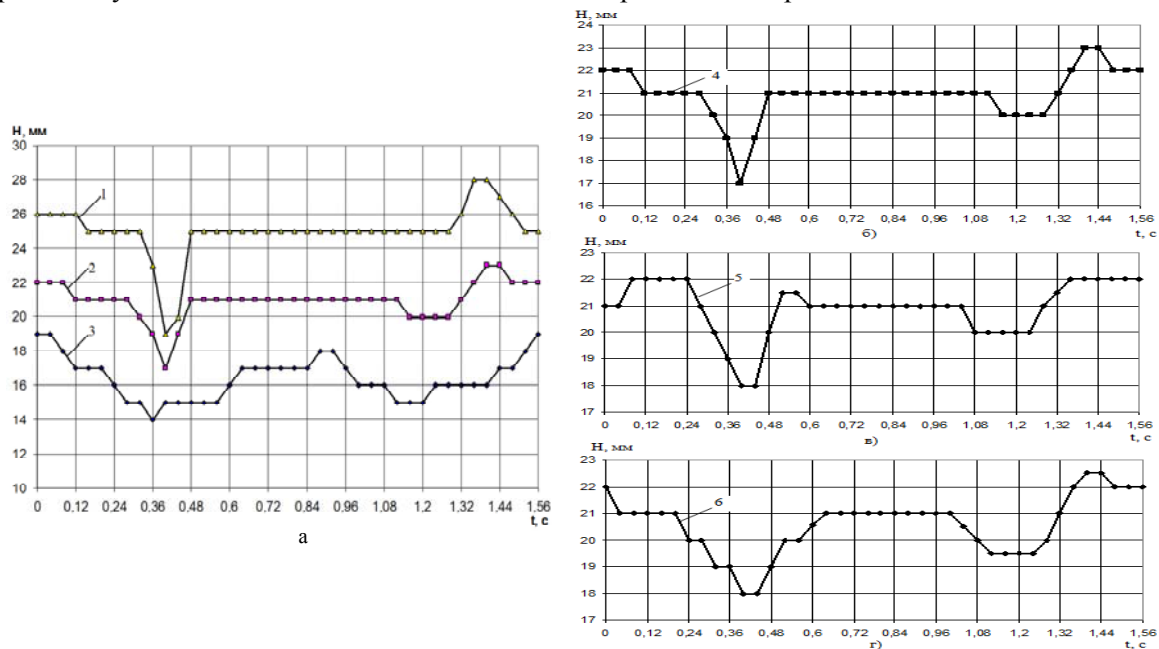


Рис. 3. Реализации случайных процессов изменения уровня жидкости в приемном устройстве по оси вращения улиткового питателя за половину оборота при различных а) и одинаковых б, в, г) средних значениях показателя, мм:
1 – 25; 2 – 21; 3 – 17; 4, 5, 6 – 21

С реализаций случайных процессов (рис. 3а) видно, что интенсивность изменения уровня пульпы зависит от установившихся его значений. При наибольшем значении уровня жидкости (зависимость 1) значительные участки процесса соответствуют установившемуся значению. При уменьшении уровня (кривые 2 и 3) длительности этих участков сокращаются. Если установившиеся значения уровня 17 мм и меньше, такие участки становятся более короткими, составляя $0,04-0,2$ с. Участки неизменного значения уровня жидкости (рис. 3б, г) не являются строго фиксированными по длине реализации, особенно это актуально для небольших уровней пульпы.

Выводы и направления дальнейших исследований. Изменения уровня пульпы в приемном устройстве улиткового питателя является стационарным случайным процессом, который отличается интенсивностью в различных точках по ширине технологического агрегата.

Интенсивность случайного процесса возрастает при снижении установившегося уровня пульпы.

Параметры технологического процесса наиболее целесообразно контролировать в средней точке по ширине приемного устройства.

Полную информацию об изменении параметров жидкости в приемном устройстве несет реализация, которая отвечает половине оборота улиткового питателя. Случайный процесс имеет участки неизменных значений уровня пульпы, которые пригодны для идентификации соотношения твердое/жидкое. Длительности таких участков сокращаются с уменьшением установившегося значения уровня пульпы.

Кроме того, участки неизменных значений уровня не являются строго фиксированными по длине реализации, что необходимо учитывать при идентификации разжижения пульпы.

Проведенные исследования открывают перспективу обоснования способа поиска точки с неизменным значением уровня пульпы на реализации случайного процесса и выбора типа преобразователей, а также разработки средств идентификации технологических параметров непосредственно в приемном устройстве улиткового питателя.

Список литературы

1. А.с. 388790 СССР, МКИ В 03 б 11/00. Устройство для автоматического контроля загрузки и стабилизации разжижения пульпы в мельнице / Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, В.И. Новохатько, Н.И. Кучма, Т.И. Гуленко (СССР). – 1420849/29-33; заявл. 30.03.70; опубл. 05.07.73, Бюл. № 29.

2. Деклараційний пат. 7741 Україна, МКВ 7 В 03 В 11/00. Спосіб автоматичного контролю розрідження пульпи в млинах, що подрібнюють піски механічних класифікаторів / **Кондратець В.О., Мацуй А.М.**; заявник та патентовласник Кіровоград. нац. техн. ун-т. - №20041007979; заявл. 01.10.2004; опубл. 15.07.2005, Бюл.№7.

3. **Триккер Р.** Бор, прибой, волнения и корабельные волны / **Триккер Р.**; пер. с англ. Г.Е. Левитиной; под ред. К.Д. Тиرون.- Л.: Гидрометеорологическое изд., 1969.- 287 с.

Рукопись постуила в редакцию 11.03.14

УДК 528.41

О.Є. КУЛКОВСЬКА, д-р техн. наук, доц., Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІЇ КРИВОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ

В статті проаналізовано стан геодезичного забезпечення території Криворізького регіону в історичній послідовності починаючи з часу освоєння і розвитку Криворізького залізорудного басейну. Розкривається зміст та склад виконаних топографо-геодезичних робіт різними організаціями. Підкреслюється великий внесок у створення топографічних планів масштабу 1:500 на об'єкти комунального і цивільного будівництва інститутів «Укржилремпроект», «Укркомунремдорпроект», Дніпропетровського філіалу інституту «УкрвостокГІИИТИЗ», ДП «Кривбаспроект», «Укргеопроект» та інших. Послідовно описано методику використання великої кількості існуючих систем координат, що створює незручності для об'єднання даних в єдину цілісну картину. Проведений аналіз показав, що існуюча планово-висотна геодезична мережа не зможе у повному обсягу задовольнити потреби користувачів за наявної виробничої структури, науково-виробничого потенціалу, технологічного забезпечення та матеріально-технічної бази, хоча певні кроки у регіоні здійснено. Для створення належних умов і потенціалу, які забезпечили б вирішення проблеми, потрібна структурна і технологічна перебудова геодезичного забезпечення у Криворізькому регіоні із створення виробничих підрозділів з цифрової картографії в існуючих підприємствах, науково-виробничих інститутах, центрах і лабораторіях; розроблення і впровадження нових технологій, формування і функціонування автоматизованих банків даних; розроблення нормативної і правової бази, які б забезпечували вирішення вище названих завдань. Оскільки геодезичні роботи відносяться до робіт, що мають загальнодержавне значення і багатофункціональне призначення, то необхідно забезпечити і фінансування (по можливості) не тільки з державного бюджету, але й з міського бюджету із залученням коштів крупних гірничодобувних підприємств регіону.

Ключові слова: геодезичне забезпечення, планово-висотне обґрунтування, системи координат, перманентна станція KRRG, гірничопромисловий комплекс.

Постановка проблеми. Освоєння й розвиток Криворізького залізорудного басейну нерозривно пов'язане із створенням і розвитком опорної планово-висотної геодезичної мережі.

Питання про належну постановку основних геодезичних задач виникло після закінчення громадянської війни, коли почали розвиватися топографо-геодезичні роботи, викликані потребами господарчого будівництва.

Вище геодезичне управління і Корпус військових топографів, розуміючи, що старі дореволюційні геодезичні мережі можуть грати роль опори тільки в невеликому числі районів країни, прийняли заходи щодо розробки схеми і програми побудови державної триангуляції, яка могла б дати єдиний звіт результатів топографо-геодезичних робіт і забезпечити опорними пунктами всякого роду зйомки.

Викладення основного матеріалу. Сьогодні на території Кривого Рогу визначено 353 пунктів триангуляційної мережі, 36 пунктів аналітичної мережі та 2950 пунктів полігонометрії. Всі ці пункти були закладені і визначені по мірі розвитку гірничопромислового комплексу Кривбасу в період із 1909 по 1978 рр.

Перша схема побудови триангуляції 1 класу, прийнята Вищим геодезичним управлінням і Корпусом військових топографів у 1924 р., передбачала побудову 14 великих полігонів, які розміщувалися на Європейській частині СРСР, розташованій на південь від 60-ї паралелі.

Одним із основних напрямів створеного у 1919 р. Вищого геодезичного управління було виконання топографо-геодезичних робіт у Кривбасі, поряд із Підмосковним кам'яновугільним басейном і Уралом [2].

Третя геодезична нарада (1928 р.) прийняла ряд дуже важливих рішень, що стосувалися постановки топографо-геодезичних робіт у країні. Було прийнято рішення про введення в СРСР єдиної системи прямокутних координат Гаусса-Крюгера [3].

Однак, широко розгорнуті роботи з побудови геодезичних мереж і топографічних зйомок, які почалися в третій п'ятирічці, незабаром були перервані війною з фашистською Німеччиною. У роки війни 1941-1945 рр. вся діяльність Головного управління геодезії і картографії.

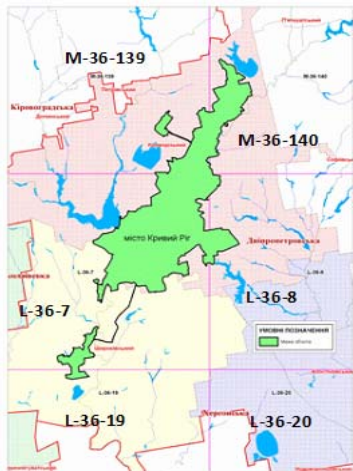


Рис. 1. Картохема адміністративно-територіального поділу на аркушах карт М 1:100000

Військово-топографічної служби була спрямована на забезпечення Радянської Армії топографічними картами й каталогами геодезичних пунктів, а також на виробництво польових геодезичних робіт у районах оборонного значення.

Відразу ж після закінчення Великої Вітчизняної війни перед державною геодезичною службою було поставлено ряд дуже важливих завдань. Військові дії, що захопили величезний простір, викликали грандіозні руйнування і зміни в зовнішності районів, що зазнали окупації, а отже й невідповідність раніше створених топографічних карт натурі. Крім того, з'явилася необхідність відновлення знищених під час війни пунктів триангуляційної і нівелірної мереж. Як показали обстеження, найбільшого знищення дістали нівелірні репери, закладені в смузі залізниць і в на-

ближених до них спорудах, а також центри триангуляційних пунктів 3 і 4 класів. Роботи з відновлення геодезичної мережі зайняли значний час і були закінчені тільки у 1954 р. Вигляд триангуляційної мережі у 1954 р. представлено на рис. 2.

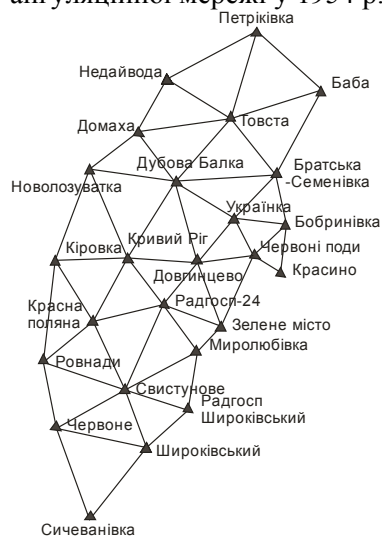


Рис. 2. Схема триангуляції 1, 2 класу Криворізького регіону у 1954 р.



Рис. 3. Фрагмент мережі триангуляції 1-4 класів південної частини Криворізького регіону у 1960 р.: 1 - Гданцевка; 2 - Войкове; 3 - Новоселівка; 4 - Високий; 5 - Рахмановка; 6-Латовка; 7-Артель; 8-Стародобровільське; 9-Земная; 10-Виноградне; 11-Надія; 12-Радичев; 13-Микола-Козельськ; 14-Глиняний; 15-Радичев1; 16-Електролінія; 17-Чорногірка; 18-Руднична

До організації в інституті «Кривбаспроект» у 1949 р. топографо-геодезичної служби, роботи зі створення планово-висотних мереж, знімальних об'єктів і самі зйомки на території Криворізького залізничного басейну виконувалися розрізнено, силами маркшейдерських служб шахт і рудників. Як правило, вибиралася умовна система координат по розташуванню покладів корисних копалин (маркшейдерські осі) або, у разі будівництва підприємства, умовною системою координат служила будівельна сітка.

Прикладом цього може служити територія Криворізького металургійного комбінату, де до початку будівництва заводу була прийнята будівельна (заводська) система координат і система висот - рівень Азовського моря. Це було викликано, насамперед, зручністю використання для свого підприємства і, можливо, простотою використання умовних систем координат, так як застосування державної системи координат обмежувало доступ до матеріалів, ускладнювало заходи збереження інформації на цих матеріалах.

Розвиток міста, регіону вимагало зв'язку між собою всіх розрізнених підприємств, шахт і рудників однією системою координат. Для втілення грандіозних планів післявоєнного відновлення промисловості Кривбасу, цивільного будівництва необхідно було виконувати топографо-геодезичні роботи в єдиній міській системі координат з тим, щоби ці матеріали можна було систематизувати і виключити «паралелізм», коли різні проектно-вишукувальні організації виконують однакові роботи на одному і тому ж майданчику для різних «замовників». Таким «систематизатором» на території Кривбасу виступив інститут «Кривбаспроект».

Для розвитку планово-висотного обґрунтування в регіоні використовували державну мережу триангуляції різних класів. Подальший розвиток планово-висотного обґрунтування виконувався методом згущення існуючої опорної мережі триангуляційної мережею 3 класу, аналітичними мережами (вставки в трикутники, прямі засічки шпилів шахт, димарів котелень і підприємств, зворотні засічки на надбудовах висотних будівель і споруджень). Великий внесок у розвиток опорних геодезичних мереж Криворізького залізничного басейну поряд з інститутом «Кривбаспроект» внесли такі підприємства: «ЛенГІДЭП» (Ленінград, сьогодні Санкт-Петербург), «Геотопосъемка»(Харків).

Починаючи з 1960 р. склалася задовільна за щільністю опорна геодезична мережа (ОГМ) в регіоні, були зроблені спроби взаємного зрівнювання мережі, виконаної різними підприємствами. Результати цих обчислень були оброблені і зведені в «Каталог координат пунктів триангуляції», який служив вихідним опорним обґрунтуванням для розвитку геодезичного планово-висотного обґрунтування і знімальної основи для будівництва цілого ряду великих підприємств, Центрального, Північного, Південного, Новокриворізького та Інгулецького ГЗКів, будівництва нових шахт. Фрагмент триангуляційної мережі для південної частини регіону у 1960 р. представлена на рис. 3.



Рис. 3. Фрагмент мережі триангуляції 1-4 класів південної частини Криворізького регіону у 1960 р.: 1 - Гданцевка; 2 - Войкове; 3 - Новоселівка; 4 - Високий; 5 - Рахмановка; 6 - Латовка; 7 - Артель; 8 - Стародобровільське; 9-Земная; 10-Виноградне; 11 - Надія; 12 - Радичеев; 13-Микола-Козельський; 14-Глиняний; 15 - Радичеев 1; 16 - Електролінія; 17 - Черногірка; 18 - Руднична

В основному розвиток планово-висотного обґрунтування виконувався методом полігонометрії 4 класу, I і II розряду. Було прокладено близько 600 км ходів, закладено близько 4000 пунктів типу 1 ГР. Необхідно відзначити, що обґрунтування, закладене для будівництва підприємств було недовговічним, вже в перші роки забудови до 70 % пунктів було знищено, і до завершення будівництва пунктів полігонометрії залишалися одиниці, але своє призначення вони виконали.

Інститутом «Кривбаспроект», за замовленнями підприємств гірничо-металургійного комплексу, планово-висотні обґрунтування неодноразово оновлювалися на промислових майданчиках, навколо кар'єрів і хвостосховищ створювалися ОГМ, які служили обґрунтуванням зйомок різних масштабів, контрольними реперами маркшейдерської мережі та для шахтних орієнтувань.

До 1954 р. топографо-геодезичні роботи у Кривому Розі виконувалися в державній системі координат 1932 р., а з 1954 р. перейшли на нову систему координат 1942 р., прийняту для всього СРСР. Всі матеріали, розроблені з використанням системи координат 1942 р., вважалися «секретними», що сильно ускладнювало роботу з ними, використання цих матеріалів в польових умовах не сприяло забезпеченню конфіденційності. Така ситуація залишалася до 1974 р., коли на замовлення Криворізького міськвиконкому «Кривбаспроект» розробив для міста місцеву систему координат, яка мала гриф обмеження «Для службового користування». З цього часу в міськвиконкомі була створена геодезична служба, яка взяла на себе функції систематизатора і архіваріуса всіх топографо-геодезичних робіт, що виконувалися на території міста, за винятком підприємств гірничо-металургійного комплексу. Інститут «Кривбаспроект» передав всі топографічні плани (копії) міських територій у міський архів. Великий внесок у створення топографічних планів масштабу 1:500 на об'єкти комунального й цивільного будівництва внесли ін-

ституту «Укржилремпроект», «Укркоммунремдорпроект», Дніпропетровський філіал інституту «УкрвостокГІИНТИЗ». Створення нових і поповнення існуючих планів на планшетах, що зберігаються в спецчастині Управління архітектури і міського будівництва, виконувалося з обов'язковим отриманням дозволу на виконання топографо-геодезичних робіт.

З 1974 по 1978 рр. на території Кривого Рогу на замовлення Управління архітектури та міського будівництва Криворізької міської ради, підприємством № 13 Головного управління геодезії і картографії було створено планово-висотне обґрунтування. По всій території Кривого Рогу було закладено 2950 пунктів і 870 стінних реперів, по яких прокладені ходи полігонометрії 4 класу, I і II розряду та нівелювання III, IV класів загальною довжиною 822 км (рис. 4). Після виконання обчислень і зрівнювання мереж був виданий «Каталог координат і висот пунктів полігонометрії», один примірник якого зберігався в спеціальній часті геодезичної служби Криворізького міськвиконкому. Отже, м. Кривий Ріг узаконив своє планово-висотне обґрунтування, яке дотепер служить вихідним обґрунтуванням для виконання різних топографо-геодезичних вимірювань на території Кривого Рогу та ведення земельного кадастру.

На території Кривбасу визначено 52 пункти триангуляційної мережі, 36 пунктів аналітичної мережі і 2950 пунктів полігонометрії. Під час вибору місця для пункту триангуляції, одним з критеріїв була гарна видимість з пункту, тобто місце вибиралося на височині (кургани). Розташування на курганах не тільки забезпечувало хорошу видимість між пунктами триангуляції, а й другий критерій закладки пунктів – це забезпечення тривалого їх збереження. З 2008 р., за запитом Криворізької міської ради, підприємством «Укргеопроект» виконуються роботи з складання топографічного плану території Криворізького регіону в масштабі 1:2000. Перелік раніше виконаних топографічних зйомок у Криворізькому регіоні представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Перелік виконаних топографічних зйомок у Кривому Розі

Назва об'єкта (ділянки робіт)	Назва організації, що виконувала роботу	Роки виконання	Метод топографічної зйомки	Масштаб зйомки	Висота перерізу рельєфу, м	Рік видання картографічних матеріалів
м. Кривий Ріг	Підприємство №13	1975	Стереокмбінований	1:5000	1	1977
м. Ингулець	УкрДПГВІЗ	1975	Контурно-комбінований	1:5000	1	1975
Ингулецький р-н	Підприємство №13	1982-1984	Стереотопографічний	1:10000 1:25000	1 5	1985
м. Кривий Ріг	ДНВП Укрінжгеодезія	2006	Стереотопографічний	1:1000	1	2006
м. Кривий Ріг	ГНИНТИЗ	1980-1988	Наземні методи	1:500	0,5	1988
ПАТ «ЦГЗК»	Укрінжгеодезія	2002	Стереотопографічний	1:1000	1	2003

Впровадження супутникових та комп'ютерних технологій стало революційним кроком у геодезичному виробництві. Багаторазове підвищення точності геодезичних вимірювань стало можливим за рахунок застосування високоточних двочастотних GPS-приймачів. Вихідними пунктами для створення супутникових мереж слугували пункти існуючої Державної геодезичної мережі, побудовані відповідно до вимог [8], основних положень про Державну геодезичну мережу та основних положень про Державну нівелірну мережу [6]. Щільність пунктів ДГМ-1 складала один пункт на 1000-1300 кв. км.

За 13 років, що минули після прийняття рішення про створення на території України системи координат УСК-2000, були витрачені величезні кошти та виконано великий обсяг вимірювань і обчислень на всю територію України, але оголошений термін впровадження системи координат УСК-2000 все відкладається [2].

Не вщухає полеміка про методи створення нової системи на конкретне місто або район. Метод перерахунку з існуючої системи координат СК-42, за формулами переходу і коефіцієнтами масштабування призведе до того, що недоліки СК-42 перейдуть і в нову систему. За три роки супутникових спостережень приймачами GRS-1, виконаних фахівцями ДП «ДПІ Кривбаспроект» на пунктах державної мережі, визначених у системі координат СК-42, була встанов-

лена нерівномірність точності визначення координат в межах Кривого Рогу. Інший метод створення системи координат УСК-2000 на територію міста, метод безпосереднього спостереження на кожному пункті, занадто витратний, і його теж можна виключити [7].

Отже, координати пунктів супутникової геодезичної мережі 1 класу та триангуляції 2-4 класів Державної геодезичної мережі та координати пунктів полігонометрії 3 і 4 класів та 1 і 2 розрядів геодезичної мережі міста обчислені у місцевій системі координат та системі координат СК-42. Нормальні висоти всіх пунктів визначені у Балтійській системі висот 1977 р. Прямокутні координати всіх пунктів обчислені в проекції Гауса-Крюгера на еліпсоїді Красовського (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика сучасних пунктів триангуляції в Криворізькому регіоні

Назва	Клас	Клас нівелювання	Висота над рівнем моря, м	Назва	Клас	Клас нівелювання	Висота над рівнем моря, м
Товста	1	IV	123	Червоне	2	III	113
Дубова балка	1	IV	111	Довгинцево	2	IV	120
Брато-Семенівка	1	IV	103	Баба	2	IV	120
№ 6149	2	I	119	Радгосп Широ-ківський	2	IV	113
Радгосп № 24	2	II	111	Красине	2	IV	118
Петриково	2	II	138	Ровнади	2	IV	118
Кривий Ріг	2	III	112	Українка	2	IV	120
Зелене поле	2	III	107	Червона Поляна нов.	2	IV	103
Домаха	2	III	120	Кіровка	2	IV	103
Новолозуватка	2	III	118	Миролюбівка	2	IV	115

Незважаючи на велику площу Криворізького регіону, на його території знаходиться лише 1% пунктів від загальної кількості пунктів ДГМ України (рис. 5).

Триангуляція, яка існує на території Кривбасу була закладена і визначена паралельно із розвитком гірничо-промислового комплексу. Порівнюючи пункти триангуляції, які знаходяться на території сучасного Криворізького регіону з пунктами, які були закладені в період з 1909 по 1978 рр., можна отримати результати, що представлено на рис. 6.

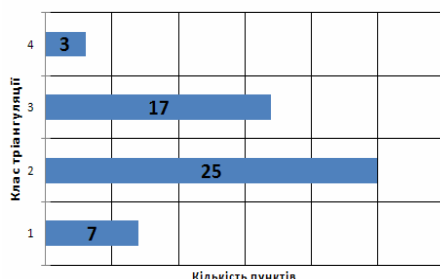


Рис. 4. Кількість пунктів ДГМ у Криворізькому регіоні станом на 2014 р.

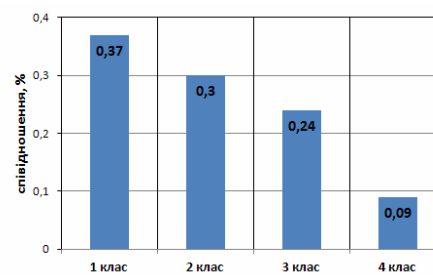


Рис. 5. Співвідношення кількості пунктів Криворізького регіону до загальної кількості пунктів ДГМ України

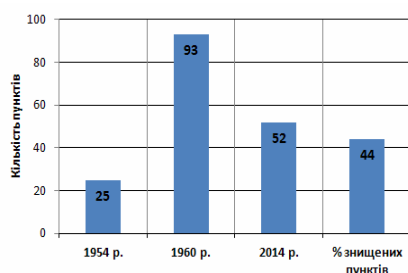


Рис. 6. Зміна кількості пунктів у Криворізькому регіоні за роками

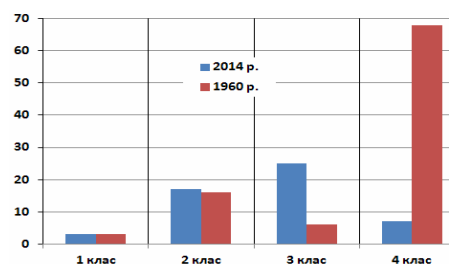


Рис. 7. Порівняльна характеристика зміни кількості геодезичних пунктів за роками та класами точності

Триангуляція, яка існує на території Кривбасу була закладена і визначена паралельно із розвитком гірничо-промислового комплексу.

Порівнюючи пункти триангуляції, які знаходяться на території сучасного Криворізького регіону з пунктами, які були закладені в період із 1909 по 1978 рр., можна отримати результати, що представлені на рис. 6.

З даного графіку видно, що більшість пунктів була закладена в 1960 р. Нажаль, відношення до пунктів, останнім часом, просто безщадне.

Чорні «гробокочачі» розкопують кургани, знищують пункти. Зовнішні знаки ще раніше зрізані на металобрухт, збереглися одиниці, як правило, на охоронюваних територіях підприємств.

На рис. 6 показано, що 44 % пунктів Криворізького регіону було знищено.

Найбільші зміни відбулися в 4 класі триангуляції, адже було знищено 90 % пунктів (рис. 7).

Аналіз також засвідчив нестабільність великої кількості пунктів планово-висотного обґрунтування через значні деформації на території сучасного Криворізького регіону.

Використовуючи такі пункти при вирішенні інженерних задач не можна розраховувати на достовірні результати [4,5].

Останніми роками в Україні створена Українська перманентна мережа спостережень Глобальних навігаційних супутникових систем (УПМ ГНСС) [9].

Всього планується розгорнути в Україні близько 100 перманентних станцій. Вони оснащуються референтними приймачами «північного» типу з веб-доступом GR10 Reference Server, що дозволяють приймати широкий спектр сигналів від глобальних навігаційних супутникових систем GPS, ГЛОНАСС, Compass, Galileo, а також від регіональних систем: SBAS: WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS.

Для використання GNSS технологій в забезпеченні вирішення завдань комунального і промислового будівництва міста необхідно створення мережі референтних GNSS станцій.

Вирішити це завдання, можна тільки об'єднавши бажання і можливості міської влади та підприємств гірничо-металургійного комплексу, що знаходяться на території міста (тим більше, що всі гірничо-збагачувальні комбінати, розташовані на території міста, придбали сучасне супутникове обладнання, але використовується воно не зовсім ефективно).

Вихідної офіційно затверженої міської системи координат немає.

Підприємства гірничо-металургійного комплексу, чисельні вишукувальні та кадастрові фірми використовують самі різні вихідні координати, продовжуючи накопичувати матеріали, які все одно, рано чи пізно, доведеться приводити до однієї системи координат.

Таблиця 2

Характеристика сучасних пунктів триангуляції в Криворізькому регіоні

Назва	Клас	Клас нівелювання	Висота над рівнем моря, м	Назва	Клас	Клас нівелювання	Висота над рівнем моря, м
Товста	1	IV	123	Червоне	2	III	113
Дубова балка	1	IV	111	Довгинцево	2	IV	120
Брато-Семенівка	1	IV	103	Баба	2	IV	120
№ 6149	2	I	119	Радгосп Широ-ківський	2	IV	113
Радгосп № 24	2	II	111	Красине	2	IV	118
Петриково	2	II	138	Ровнади	2	IV	118
Кривий Ріг	2	III	112	Українка	2	IV	120
Зелене поле	2	III	107	Червона Поляна нов.	2	IV	103
Домаха	2	III	120	Кіровка	2	IV	103
Новолозуватка	2	III	118	Миролобівка	2	IV	115

У Кривому Розі створена перманентна станція TNT-TPI GNSS Network, що знаходиться за адресою Світлогорська, 74.

Вже більше трьох років TPI GNSS Network надає послуги GNSS корекції для всіх користувачів на території України на безкоштовній основі (табл. 3). Карта покриття мережі представлена на рис. 8.

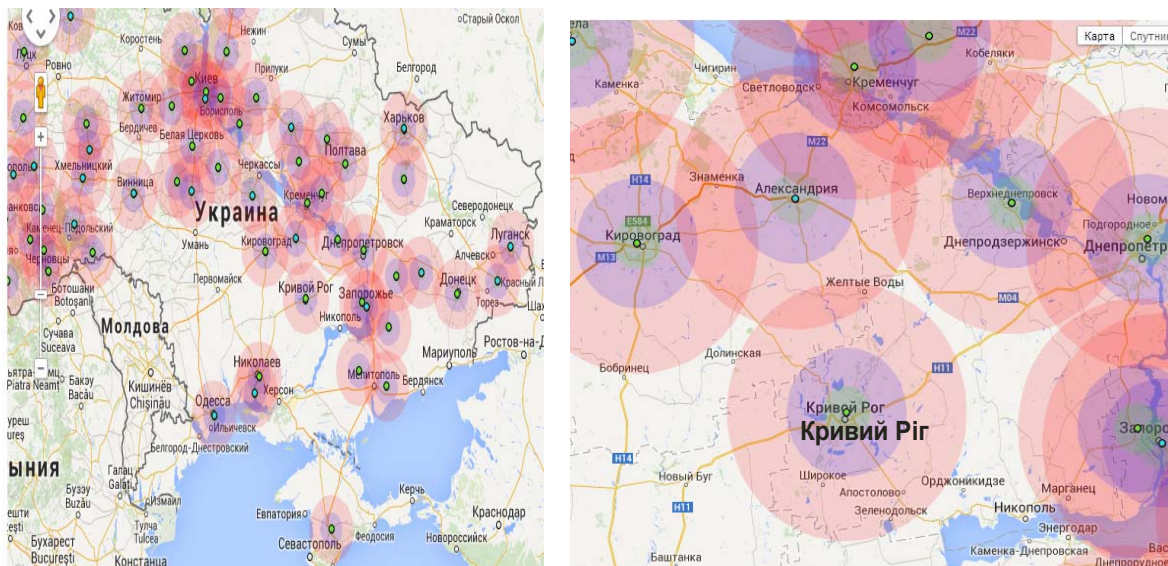


Рис. 8. Карта покриття мережі GNSS Network [1]

Таблиця 3

Характеристика станція TNT-TPI GNSS Network KRRG [1]

Код станції	KRRG	Радіус покриття для роботи одночастотними приймачами в режимі «Статика», км	25
Супутникова система	GPS+GLONASS	Радіус покриття для роботи двочастотними приймачами, км	50
Приймач	TPS GB1000	Радіус покриття для роботи одночастотними приймачами, км	10
Тип антени	TPSPG_A1	Вартість послуг	
Інтервал запису, сек	1	RTCS(KRRG2000), грн/хвилина	0,36
Прямокутна координата УСК-2000, X, м	5311548,296	RTCS(KRRG3), грн/хвилина	0,36
Прямокутна координата УСК-2000, Y, м	6529972,357	RAW Data Service, грн/год.	9,00

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проведений аналіз показав, що існуюча планово-висотна геодезична мережа не зможе у повному обсягу задовольнити потреби користувачів за наявної виробничої структури, науково-виробничого потенціалу, технологічного забезпечення та матеріально-технічної бази, хоча певні кроки у регіоні здійснено.

Для створення належних умов і потенціалу, які забезпечили б вирішення проблеми, потрібна структурна і технологічна перебудова геодезичного забезпечення у Криворізькому регіоні із створення виробничих підрозділів з цифрової картографії в існуючих підприємствах, науково-виробничих інститутах, центрах і лабораторіях; розроблення і впровадження нових технологій, формування і функціонування автоматизованих банків даних; розроблення нормативної і правової бази, які б забезпечували вирішення вище названих завдань.

Оскільки геодезичні роботи відносяться до робіт, що мають загальнодержавне значення і багатофункціональне призначення, то необхідно забезпечити і фінансування (по можливості) не тільки з державного бюджету, але й з міського бюджету із залученням коштів крупних гірничодобувних підприємств регіону.

Список літератури

1. Торсон [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: <http://www.tnt-tpi.com>.
2. Бондар А.Л. Стан та основні напрямки розвитку Державної геодезичної мережі України / А.Л. Бондар, І.М. Засць, О.В. Кучер // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – № 3. – С. 17–23.
3. Геодезія // С.Г. Могильний, С.П. Войтенко та ін. – Чернівці: Чернівецькі береги, 2002. – 408 с.
4. Долгих В.Н. Влияние геомеханических процессов на состояние пунктов планово-высотного обоснования / В.Н. Долгих, Л.В. Долгих, В.Д. Сидоренко // Разраб. рудн.месторожд., 1999. – Вып. 67. – С. 53–56.
5. Долгих Л.В. Дослідження території зони провалля від впливу гірничих робіт шахти ім. Орджонікідзе / Л.В. Долгих, О.В. Долгих // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2011. – Вип. 27. – С. 3 – 5.

6. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до джерела: http://www.gki.com.ua/files/page/0003028_file.pdf.

7. Постанова КМУ № 470-2004-п від 14.04.2004 «Про затвердження Положення про державну мережу моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем і Програми забезпечення функціонування і розвитку державної мережі моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем на період до 2010 року».

8. Топографо-геодезична та картографічна діяльність (законодавчі та нормативні акти). – К.: Антекс «Вінниця», 2000. – 405 с.

9. Яцків Я.С. Українська мережа станцій космічної геодезії та геодинаміки (Укргеокосмомережа) // Я.С. Яцків, О.В. Болотіна, С.Л. Болотін, М.М. Медведський, О.О. Хода, О.С. Вольвач. – К.: ВАІТЕ, 2005. – 62 с.

Рукопись поступила в редакцию 11.03.14

УДК 620.9-97: 621.482

В.В. СУРТАЄВ, канд. техн. наук, доц., В.С. ОСИПЧУК, студент
Криворізький національний університет

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Геотермальна енергія дозволяє отримувати необхідну людству енергію завдяки теплоті надр Землі. Чим більше віддалений від центра Землі певний внутрішній шар, тим нижче його температура. Але навіть самий верхній шар Землі (біля 10-ти км) містить кількість теплоти, якої достатньо для забезпечення всіх енергетичних потреб людини. Через розлами в корі тепло проникає на поверхню планети. Потенціал геотермальної енергії величезний і невичерпний. Залишається лише навчитися використовувати те, що так великодушно дарує природа.

Для ефективного використання теплоти надр Землі необхідно мати докладні й достовірні відомості про переваги й недоліки даного типу альтернативних джерел енергії. До безумовних переваг геотермальної енергії варто віднести її фактичну невичерпність і стабільність дії. Теплоту надр Землі можливо отримувати постійно, на відміну від енергії вітру або Сонця [1-3].

Використання підземних вод може становити небезпеку для здоров'я людини, оскільки останні можуть містити токсичні з'єднання.

Використовувати підземну енергію для опалення людство почало відносно недавно, перший випадок був зафіксований тільки в XIV сторіччі. Вперше отримувати електричну енергію за рахунок геотермальної винайшли в Італії на початку XX століття. «Батьком» світової геотермальної енергетики взагалі, і італійської зокрема, варто вважати Джинорі Конті, що провів вдалий науковий експеримент і довів реальність даного процесу. Розвиток геотермальної енергетики, як і багатьох інших альтернативних джерел енергії, було вповільнено через низьку вартість нафти в 70-х роках XX століття. Згодом інтерес до даного питання відновився, оскільки необхідність у надійному й екологічно чистому джерелі енергії стала занадто очевидною. Великий внесок розвиток даного наукового напрямку належить Росії і Україні, хоча найбільш перспективним використанням геотермальних джерел енергії виглядає в сейсмічно активних районах планети. Тобто в країнах, на території яких розташовані вулкани (діючі або погаслі) або гейзери [1].

Швидкий прогрес технологій дозволяє сподіватися, що рішення всіх даних проблем буде незабаром знайдене [1,4].

Аналіз досліджень і публікацій. Оцінювати загальні перспективи розвитку геотермальної енергетики можливо лише з огляду перспективи розвитку в кожній конкретній країні.

Кожний регіон характеризується власними природними умовами що вимагає відмінних підходів до рішення даного завдання. Тому вибір на користь того або іншого джерела альтернативної енергії є справою кожної держави, що пов'язана з врахуванням величезної кількості факторів.

З упевненістю можливо стверджувати тільки одне - геотермальна енергетика вже протягом 100 років перебуває під пильною увагою кращих вчених світу і змушує говорити про себе все більше й частіше, а тій енергетичній кризі, що витає над планетою, буде тільки сприяти збільшенню популярності даного джерела [1-3].

Зауважимо також, що в зонах сучасного вулканізму, високотемпературні джерела вже значною мірою освоєні як у технологічному відношенні (стандартні методи буріння, парові турбіни з тиском 5-7 атм), так і за обсягами промислового використання (до 50-70 % розві-

даних запасів у розвинених країнах), існують більші запаси середньо-температурних термальних вод (100-200 °С), освоєння яких лише тільки починається [1,2].

Викладення матеріалу та результати досліджень. Унаслідок об'єктивних факторів України загрожує енергетичний вакуум. Залежність від імпортованих енергоносіїв призвела до того, що Україна на протязі останніх 20-ти років за енергоємністю внутрішнього валового продукту (ВВП) приблизно у 3-5 разів перевищує показники розвинених країн, таких як, наприклад: США, Японія, Німеччина та ін. Використання викопних органічних палив у великих кількостях і відсутність достатніх засобів для поліпшення стану навколишнього середовища також має наслідком погіршення екологічної ситуації [4]. Саме тому, для надійного забезпечення споживачів паливом і електроенергією, необхідно, крім органічного палива і атомної енергетики, включати в паливно-енергетичний баланс країни екологічно чисті нетрадиційні джерела енергії. Перспективним і підготовленим для практичного використання, у науковому і технічному відношеннях, видом нетрадиційної енергії є тепло надр Землі. Геотермальна енергія широко використовується у світі для господарських потреб, але головним чином з відкритих джерел, таких як на Камчатці, в Ісландії та інших місцях планети [1-3].

Ідея замкненого контуру - забирати із земних глибин гарячу воду, відбирати теплоту й закачувати охолоджену воду в іншу свердловину (на відстані 300 м, на таку ж глибину) - була висловлена вже більше тридцяти років тому академіками О.Н. Щербанем і О.О. Кремньовим. Уперше цей метод застосовано у Франції. Він так і називався «український спосіб отримання геотермальної енергії». Нажаль ідея й теоретичні розробки в Україні у той час не були реалізовані на практиці. Проте, кілька десятків країн світу успішно виробляють геотермальну енергію використовуючи «український спосіб». Україна ж за реалізацією на сьогоднішній день займає десь 20-те місце у світі по використанню теплоти надр Землі [1-3,5].

Протягом декількох років вітчизняні вчені відпрацьовували методики і технологію відбору теплоти високо-мінералізованих теплоносіїв (надзвичайно засолених вод) камчатських відкритих джерел геотермальних вод. Підсумком даних успішних робіт стало будівництво на Камчатці Паужетської і Мутновської геотермальних електростанцій. Внесок українських учених у будівництво геотермальних станцій у Росії значний, їх продовжують залучати до подальших розробок станцій, подібних до Паужетської. Останнє обумовлено ще й тим фактом, що провідне місце у проведенні фундаментальних досліджень у галузі використання геотермальної енергетики серед країн колишнього Союзу належить Україні [1-3,5].

В Україні на території Кримського півострова побудовано 20 подібних станцій. Остання, прийнята міжвідомчою комісією як типова, розрахована на 5 МВт теплової потужності і дозволяє обігріти 2 тисячі квартир - велике селище з теплими басейнами і ін. На ній відпрацьовано багато режимів роботи, апробовані матеріали для покриття поверхні труб. У результаті тривалих спостережень за роботою станції зроблені досить цінні висновки для розвитку галузі геотермальної енергетики в цілому. По-перше, не було помічено спаду температури в шарі-накопичувачі, по-друге, створена працею вітчизняних вчених система підтвердила свою повну працездатність, і, по-третє - отримано практичні докази того, що геотермальна енергія найдешевша (у 4-5 разів дешевше, ніж на інших теплових станціях). До того ж в екологічному плані геотермальна станція - найбільш чисте джерело енергії [4]. Метод апробований в Україні, на вітчизняному устаткуванні і за рубежом отримав високі схвальні оцінки [1,4].

Розвідані ресурси геотермальних вод, оцінені й затверджені Держкомгеології України, становлять близько 50000 МВт. Освоєння тільки розвіданих ресурсів термальних вод і парогідро-терм дозволить покрити більше 10 % потреб України в тепловій і електричній енергії, і зменшити завезення з інших країн мільйонів тонн органічного палива [1-3].

Наявні в Україні ресурси оцінюються еквівалентно до запасів палива у кількості $3.4 \cdot 10^{11}$ т у.п. Потенційна потужність ГеоТЕС з урахуванням вичерпності запасів і ККД перетворення геотермальної енергії складає 230 ГВт. Дані щодо районування прогнозних джерел геотермальної енергії в Україні наведено на рис. 1. Серед перспективних для розвитку Геотермальної енергетики районів України слід виділити Закарпаття де за геологічними даними на глибині до 6 км температури гірничих порід досягають 230-275 °С [1-3,5].

У наш час досліджено тільки близько 45 % відсотків території України і це результати не спеціалізованої розвідки, а випадкові виявлення геотермальних джерел, зроблені геологами при розвідці корисних копалин.

Карта рис. 1 постійно оновлюється і коректується. Зараз вже приблизно третя частина території України з півночі на південь визнана перспективною для освоєння геотермальної енергії.



Рис. 1. Районування прогнозних джерел геотермальної енергії в Україні [1]: 1 - багатообіцяючі території з розвіданими запасами геотермальних вод; 2 - обіцяючі території з нерозвіданими запасами геотермальних вод; 3 - перспективні території з виявленими запасами геотермальних вод; 4 - території з невідомим потенціалом; 5 - великі міста - потенційні споживачі геотермальної енергії

До перспективних для освоєння територій потрапили: Київ, Дніпропетровськ, Полтава, Харків, Донецьк і ін. Найбільш перспективна територія Західної України,

де зосереджені аномально високі температури на невеликій глибині і відносно чистий носій теплоти - вода. Відзначимо і південь України, що примикає до Криму, і особливо Крим. Передбачається що дві станції на ділянках будівництва Керченський і Тарханкутський, будуть давати майже половину тієї потужності, що намічалось отримати за допомогою АЕС [1, 5].

Потрібно відмітити, що здебільшого температура води з надр досягає 100 °С. Для того, щоб отримати електроенергію при таких параметрах теплоносія, необхідна проміжна рідина з низькотемпературним кипінням. У світовій практиці використовується бутанол, що кипить при температурі нижче 100 °С. У замкненому контурі він, перетворюючись у пару, подається на парогенератор, що виробляє електроенергію. Пара, конденсується, і у вигляді рідини повертається на повторний розігрів і т.ін. Отримувати електроенергію доцільніше при використанні більш високих температур. Наприклад, під Полтавою, є джерело з температурою більше 200 °С. Такі джерела є на заході і на півдні України та у Криму.

Перспективний план передбачає протягом 12 років охопити 42-45 % території України 1500 геотермальними станціями по виробництву як теплоти, так і електроенергії. Вартість цих станцій коливається в межах 1,5-2,0 млрд дол. Окупність витрат, за розрахунками економістів, досягається вже через 2-3 роки, що також визначає перевагу над іншими способами. Нагадаємо, що окупність витрат у сонячній енергетиці близько 100 років. Потенціал впровадження геотермальних станцій дозволить на 12 % скоротити споживання органічного палива і збільшити приблизно на 25-30 % власні ресурси енергетики [1-3, 5-7].

Якщо видобуток термальних вод, зазвичай, не пов'язаний з технологічними труднощами, то ефективне перетворення теплової енергії в електричну вимагає створення спеціального тепломеханічного устаткування. Традиційні енергоустановки на водяній парі не придатні для джерел теплоти з вказаними температурами через малу щільність пари й, відповідно, неприйнятно великі габарити турбін. Крім того, практично вся турбіна й конденсатор повинні працювати у вакуумній зоні, що спричиняється значну корозію устаткування через присмоктки повітря [1-7].

Нагадаємо, що застосування низько-киплячих робочих тіл (РТ) дозволяє зробити розміри турбіни прийнятними й уникнути надходження повітря в робочий контур двоконтурної енергоустановки.

Для комерціалізації ГеоТЕС на низько-киплячих робочих тілах (РТ) потрібно значно знизити вартість обладнання, що можливо досягти лише збільшенням серійності, що в свою чергу обумовлює необхідність в уніфікації обладнання [1-3, 5-7].

Перший великий крок в даному напрямку було зроблено ізраїльською фірмою «Ормат», що розробила серійний енергомодуль номінальною потужністю 1,2 МВт з уніфікованою турбіною і системою автоматики.

При зміні температури термальної води найбільша виробка електроенергії досягається підбором робочого тіла й застосуванням каскадних теплових схем зі ступеневим спрацюванням теплового потенціалу. До недоліків такого підходу слід віднести [2-3, 5-10]:

відсутність оптимальних РТ для кожного інтервалу температур термальних вод (по 15-20°С);

зниження ККД турбіни, необхідність заміни генератора і змін у конструкції теплообмінного обладнання при переході на інше РТ і змінах температури термальних вод.

Тим не менше, в наш час тільки модульні установки застосовуються у промислового масштабі. Розглянемо далі детальніше технологічні аспекти вироблення електроенергії на ГеоТЕС. ГеоТЕС зазвичай будуються на геотермальних покладах пароводяної суміші і обладнуються протитисковими турбінами. Поклади пароводяної суміші можливо зустріти у районах (в Росії це переважно Камчатка та Курильські острова). Найпростішим способом виробництва електроенергії є використання протитискових парових турбін [5-11].

На рис. 2 зображено просту схему ГеоТЕС, що працює наступним чином: пароводяна суміш із геотермального резервуара по підйомній свердловині 1 спрямовується у сепаратор 2, де і відбувається поділ на рідку (вода з розчиненими солями і газами) і газову (водяна пара і пласти неконденсованих газів) фази.

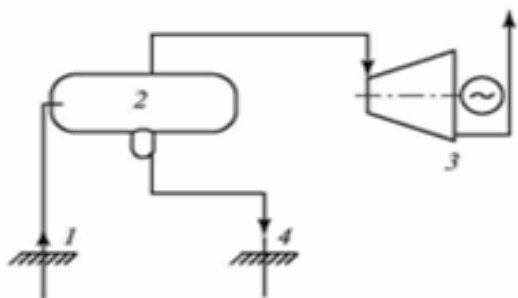


Рис. 2. Проста схема ГеоТЕС [5]: 1 - підйомна свердловина; 2 - сепаратор; 3 - парова турбіна з генератором; 4 - нагнітальна свердловина

Потім парогазова суміш потрапляє на протитискові турбіну з генератором 3, відпрацьований пар з неконденсованими газами скидається у атмосферу, а сепарована вода після можливого використання для теплозабезпечення повертається у геотермальний резервуар по нагнітальній (реінжекційній свердловині 4. При низькому солемісті можливий скид відпрацьованої води у

відкриті водойми [5].

Енергоблоки з протитисковими турбінами прийнято використовувати при надто високому вмісті у газовій фазі неконденсованих газів (від 12 до 15 % від маси), коли їх видалення з конденсатору стає економічно і екологічно не вигідним [5-11]. Якщо з геологічних причин час експлуатації геотермальних покладів недостатній для окупності конденсаційних енергоблоків, то розробку аж до вичерпання покладів провадять протитисковими енергоблоками.

Крім того, енергоблоки з протитисковими турбінами інколи використовують при розробці геотермальних родовищ для приводу бурових верстатів замість дизелів, а також як пускові комплекси ГеоТЕС із наступною можливою заміною на конденсаційні блоки. Такі турбіни випускаються в Японії, США, Італії, а їхня потужність звичайно не перевищує 10 МВт [5-9]. У Росії енергоблоки з протитисковими турбінами встановлені і експлуатуються на о. Кунашир, розроблені і виробляються на Калузькому турбінному заводі енергоблоки Омега-500, Туман-2 і Туман-2,5 (див. табл. 1, наведено дані технічних характеристик енергоблоків) [5].

Таблиця 1

Основні характеристики геотермальних турбін Калузького турбінобудівного заводу [5]

Показник	ГеоТЕС малої потужності				ГеоТЕС середньої потужності			
	Омега-500	Туман-2	Туман-2,5	Туман-4к	6,0	12,0	20,0... (25,0)	23,0
Потужність, МВт	0,5	1,7	2,5	4,0	6,0	12,0	20,0... (25,0)	23,0
Тиск на вході, МПа	0,7	0,5	0,7	0,8	0,2	0,6	0,7	0,7
Тиск за турбіною, МПа	0,1	0,1	0,1	0,011	0,01	0,0085	0,012	0,012
Витрата пари, т/год.	10,0	38,0	44,0	32,0	75,0	90,0	147,0	170,0
Частота, Гц	50	50	60	50	50	50	50	60

Оскільки протитискові турбіни по своїй конструкції значно простіше конденсаційних, їхня ціна помітно нижча. Якщо для конденсаційних енергоблоків типові питомі капіталовкладення 1000-1200 дол. за 1 кВт встановленої потужності (без урахування витрат на розвідку родовища, буріння свердловин і облаштування родовища), то для протитискових блоків капіталовкладення знижуються до 600-700 дол. за 1 кВт встановленої потужності. Однак різниця в собівартості електроенергії значно менше, тому що питома витрата пари на одиницю потужності в протитискових турбін приблизно вдвічі вище, ніж у конденсаційних [5].

ГеоТЕС з конденсаційними турбінами на покладах пароводяної суміші застосовують у більшості випадків. Останнє зумовлено більшою ефективністю теплової схеми з протитисковими турбінами.

На рис. 3 показано схему ГеоТЕС з конденсаційною турбіною, що діє наступним чином: геотермальна пароводяна суміш чи волога пара з неконденсованими газами (НКГ) із підйомної свердловини 1 подається у сепаратор 2, звідки пара потрапляє на вхід конденсаційної турбіни 3, а мінералізована вода спрямовується на реінжекційну свердловину 8 для повернення у пласт.

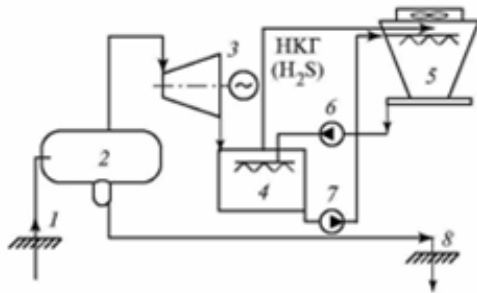


Рис. 3. Схема ГеоТЕС з конденсаційною турбіною [5]: 1 - підйомна свердловина; 2 - сепаратор; 3 - конденсаційна турбіна; 4 - конденсатор; 5 - градирня; 6 - циркуляційний насос; 7 - конденсатний насос; 8 - нагнітальна свердловина

Відпрацьована пара подається у змішувальний конденсатор 4. Оскільки у більшості випадків на геотермальних покладах відсутні джерела охолоджуючої води (річки, пруди охолоджувачі), застосовується зворотна система відводу скидної теплоти, що включає циркуляційний насос 6, баштову градирню 5 і конденсатний насос 7. Неконденсовані гази, що за-

звичай містять велику кількість сірководню, видаляються з конденсатора ежекторами і подаються на верхній зріз градирні для розсіювання у атмосфері разом з паровим факелом. Обладнання таких ГеоТЕС випускається у ряді країн, в тому числі у: Італії, США, Японії [1-3].

Максимальна потужність конденсаційного енергоблоку (див. схему рис. 3) складає 100 МВт (ГеоТЕС Гейзери, США), але звичайна потужність енергоблоків знаходиться у межах 12-50 МВт.

У Росії освоєно випуск усього основного устаткування, в цілому не поступається, а по деяких показниках і переважає кращі світові зразки. На Калузькому турбінному заводі розроблено малий конденсаційний енергомодуль повної заводської готовності Туман 4 (Камчатка, Верхньо-Мутновська ГеоТЕС - три модулі по 4 МВт), і турбіни середньої потужності на вологій парі (Верхньо-Мутновська ГеоТЕС, перша черга потужністю 50 МВт, перший блок 25 МВт, сумарна з другою чергою потужність складе 100 МВт) [5-11].

Висновки і шляхи подальших досліджень. Виходячи із зазначеного і на основі оцінки технічних можливостей Неотес, обмежень по екологічних і економічних причинах, можливо зробити висновки про розвиток геотермальної електроенергетики:

1. Пріоритетом з точки зору практичного впровадження є створення досить великих ГеоТЕС на базі високотемпературних геотермальних родовищ із температурою більше 1500 °С і одиничною потужністю блоків 10-50 МВт.

2. Також доцільно розвивати мережі дрібних ГеоТЕС і комбінованих електростанцій з використанням як теплоти геотермальних вод, так і теплоти, отриманої в результаті спалювання органічних видів палива (нафти, газу, вугілля), а також комбінованих енерготехнологічних вузлів для отримання електроенергії, теплоти і корисних компонентів із геотермальних теплоносіїв.

3. Продовжувати дослідження існуючих геотермальних джерел енергії і виявляти нові джерела в раніше не досліджених чи мало досліджених районах країни.

Список літератури

1. Геотермальная энергетика - Википедия: http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%E5%EE%F2%E5%F0%EC%E0%EB%FC%ED%E0%FF_%FD%ED%E5%F0%E3%E5%F2%E8%EA%E0
2. Гетермальная энергетика. http://ru.wikipedia.org/wiki/Гетермальная_энергетика.
3. LGE http://www.eninnet.ru/lge/geotes_r.htm
4. Охрана окружающей среды // Учебник для технических специальностей вузов / Под ред. **С.В. Бегова** - М.: Высшая школа, 1991.
5. Геотермальные электростанции (ГеоТЭС): <http://gisee.ru/regionsupport/articles/low-energy/19412/>
6. Гетермальное энергоснабжение. www.esco.co.ua/journal/2005_11/art07_28.htm.
7. Геотермическая электростанция. БСЭ, т. 6.
8. **Выморков Б.М.** Геотермальные электростанции. – М.-Л., 1966. **Конечников А.** Энергия тепла Земли // Конечников А., Остапенко С. Электропанорама. – 2003. – №7-8.
9. **Поваров О.А., Васильев В.А., Томков Ю.П., Томаров Г.В.** Геотермальные электрические станции с комбинированным циклом для северных районов России. <http://www.transgasindustry.com>.
10. **Занин А.И.** Паровые турбины. / **А.И. Занин, А.С. Соколов** - М.: Высшая школа, 1988.
11. **В.И. Кирюхин** Парові турбіни малої потужності КТЗ // **В.И. Кирюхин, Н.М. Тараненко, Е.П. Огурцова** и др. // М.: Энергоатомиздат, 1987.

В.І. ЄФІМЕНКО, д-р техн. наук, проф., В.М. ЧИРВА, канд. техн. наук, доц.,
А.А. САВЧЕНКО, О.П. СУХАН, ст. викладачі,
Т.Ю. ГРИШКОВЕЦЬ, І.О. ВОЗІЯН, магістри, М.О. НАУМОВА, студентка,
Криворізький національний університет

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ВІДНОВЛЕНИХ ПОЛІМЕРБЕТОННИМИ РЕМОНТНИМИ СУМІШАМИ

У роботі наведено результати експериментальних досліджень двоетапного випробовування залізобетонних балок доведених до руйнування на першому етапі дослідження, потім посилені FRP-матеріалами у розтягненій зоні ламелями MEGAPLATE THR-3000 і заанкерованих на припорних ділянках мононаправленими вуглецевими полотнами MEGAWRAP-200 з використанням двокомпонентного епоксидного клею EPOMAX-PL.

Зруйновані ділянки бетону у стисненій зоні розчищені і відновлені до початкової геометрії перерізу встановленням ремонтної пломби з полімербетонного розчину по контактному шару з двокомпонентної епоксидної смоли. Використаний полімер бетонний розчин, виконаний на основі епоксидних смол та з заповнювачем з доменного гранульованого шлаку. У дослідженні експериментально визначені фізико-механічні характеристики використаного полімербетонного розчину. На другому етапі дослідження балки були доведені до руйнування за стандартною методикою випробування. Характер руйнування досліджуваних балок схожий на роботу переармованих залізобетонних конструкцій. Під час експериментального дослідження визначено, що розглянутим методом можливо відновлювати несучу здатність та деформативність раніше посилені і зруйновані будівельних конструкцій. Експериментально доведено раціональну доцільність використання такого методу відновлення будівельних конструкцій з їх багаторазовим використанням у практиці будівництва.

Ключові слова: Полімербетон, FRP-матеріали, залізобетон, ламель, підсилення, несуча здатність.

Окремі конструкції будівель та споруд впродовж тривалої експлуатації пошкоджуються та руйнуються. Тому постає питання про їх заміну, відновлення та реконструкцію. Так як заміна на нові конструкції є досить вартісною, тому необхідно розробляти більш дешеві способи відновлення пошкоджених конструкцій. Також доцільним є використання методів багаторазового підсилення одних і тих же конструкцій зі збереженням або, навіть, поліпшенням їх міцнісних характеристик.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Тематика посилення залізобетонних конструкцій є дуже актуальним питанням. Розробкою цієї теми займалися багато авторів, роботи яких представлені у багатьох виданнях, дисертаційних роботах та патентах на корисні моделі. Цим питанням займалися Коваленко О.В., Вітковський Ю.А., Голишев А.Б. та багато інших. Окремі питання стосовно до розглянутого дослідження представлені у працях [2...15].

Постановка завдання. Довести раціональну доцільність використання залізобетонних конструкцій відновлених полімербетонним розчином, що попередньо були зруйновані та посилені FRP-матеріалами.

Основний матеріал і результати. Для експериментального дослідження були використані зразки залізобетонних балок з розмірами поперечного перерізу 100×200 мм.

Номинальна довжина всіх зразків складала 2000 мм. Фізико-механічні характеристики бетону були отримані при випробуванні кубів розміром 150×150×150 мм на стискання та розколювання і призм розміром 150×150×600 мм на стискання.

Середня міцність бетону складала $f_{c,cube}=31,3$ МПа, $f_{c,tn}=2,1$ МПа, $f_{ck,prism}=21,52$ МПа [1].

У кожній з балок встановлено по два арматурних стержня Ø10 класу А400 з межею текучості $f_y=398,7$ МПа та тимчасовим опором $f_{tk}=598$ МПа поздовжньої арматури у розтягненій зоні.

Поперечна арматура виготовлена у вигляді хомутів встановлених з кроком 50 мм на припорних ділянках до місця прикладення навантаження з арматурної сталі класу А400 Ø8 мм.

Дане армування повинне виключати можливість руйнування зразків по похилим перерізам на всіх етапах навантаження. Схема армування досліджуваних балок наведена на рис. 1.

Підсилення балок було виконано приклеюванням вуглецевополімерних ламелей MEGAPLATE THR-3000 з міцністю на розтяг $f_{FRP}=2800$ МПа та розмірами поперечного перерізу 1,2×100 мм.

Роботи виконувались за нижчеописаною технологією і наведені на рис. 2.

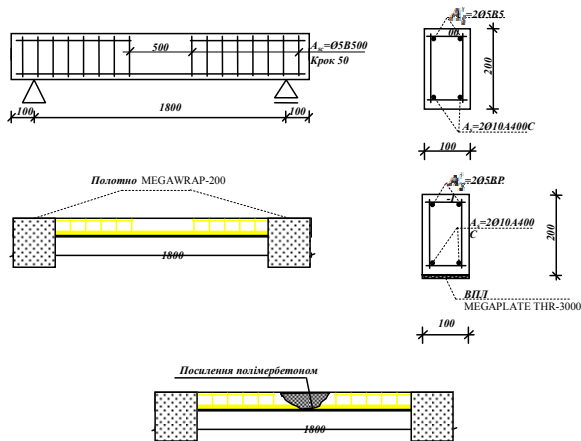


Рис. 1. Армування та розташування елементів підсилення

На підготовлену поверхню підсилюваних балок був нанесений шар двокомпонентної епоксидного клею ЕРОМАХ-PL і приклеєна ламель.

Додатково на приопорних ділянках було улаштовано анкерування за допомогою мононаправлених вуглецевих полотен MEGAWRAP-200 шириною 300 мм у вигляді П-подібної обійми на всю висоту балки.

Орієнтація волокон у полотні – перпендикулярно до поздовжньої осі балки.

Усі використані для підсилення матеріали грецької фірми «ISOMAT»[2].



Рис. 2. Приклеювання елементів підсилення (1 етап)

Відновлення балок було виконане з видаленням зруйнованої частини бетону з подальшим заповненням утвореної порожнини полімербетонним розчином. До складу полімербетонного розчину входить епоксидний клей ЕД разом з затверджувачем та наповнювач. Як наповнювач було використано гранульований доменний шлак. Відношення епоксидного клею до наповнювача складо 1:2 [3].

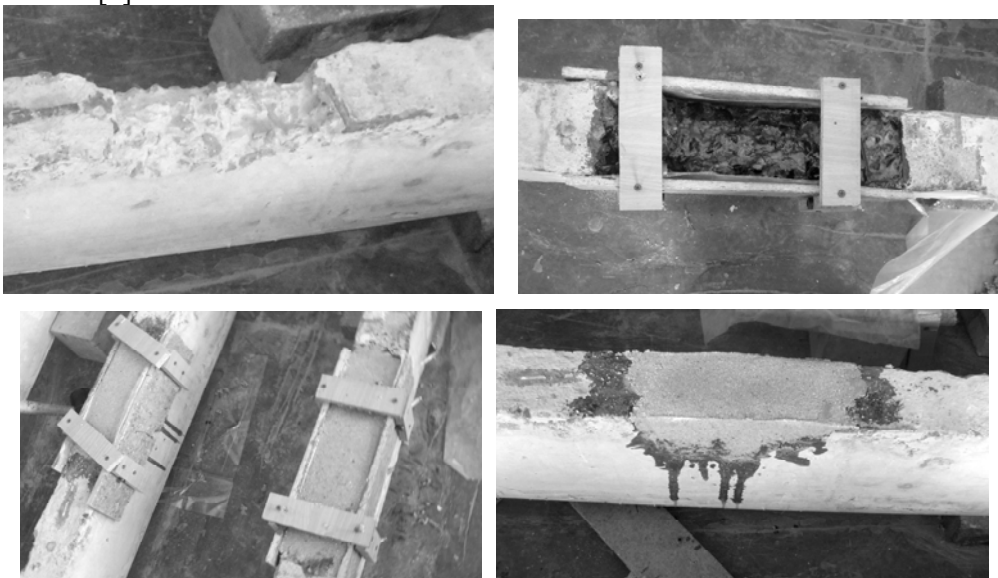


Рис. 3. Відновлення полімербетоном (2 етап)

Фізико-механічні характеристики полімербетону були отримані при випробуванні кубів розміром 100×100×100 мм на стискання та розколювання і призм розміром 100×100×400 мм на стискання (рис. 4).

Середня міцність полімербетону складала $f_{c,cube}=32,75$ МПа, $f_{c,tn}=2,1$ МПа, $f_{ck,prism}=24,5$ МПа.

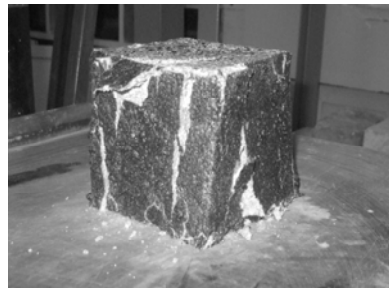


Рис. 4. Випробування кубів та призм

Випробування балок проводилось за схемою однопрогонової шарнірно-опертої балки з утворенням зони чистого згинання при значенні прольоту між опорами 1800 мм, наведена на рис. 5. Прогин в середині балки вимірювався за допомогою прогиноміру Максимова. Конструкція траверси і розташування прогиноміру на траверсі виконано таким чином щоб виключити вплив зміщення опор траверси.

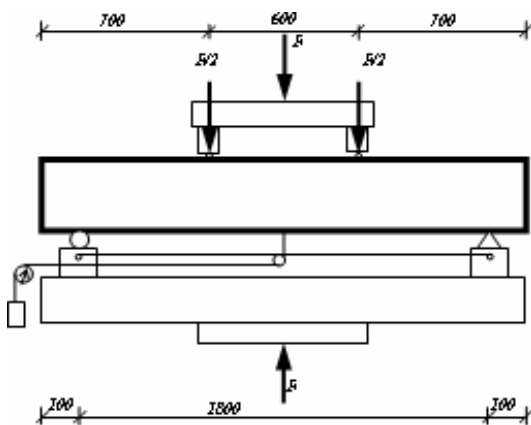


Рис. 5. Схема прикладання навантаження до балок

Завантаження елементів поперечним статичним навантаженням здійснювалося за допомогою гідравлічного пресу ступенями 5% від руйнівного з витримкою 10 хвилин на кожному ступені навантаження.

Руйнівне навантаження балок без підсилення складало для БКС-1 - 48кН та 51,9кН для БКС-2. Руйнування відбулося в зоні чистого згину при досягненні арматурою межі текучості та бетоном стиснутої зони граничних деформацій з подрібненням бетону стиснутої зони.

Підсилені балки завантажувались ступенями по 5 % від теоретичного руйнівного навантаження з витримкою між кожними кроками навантаження 10 хв.

Руйнівне навантаження балок з підсиленням складало 82,5 кН для БУП-1 та 102,5 кН для БУП-2. Характерні пошкодження досліджуваних балок наведено на рис. 6.

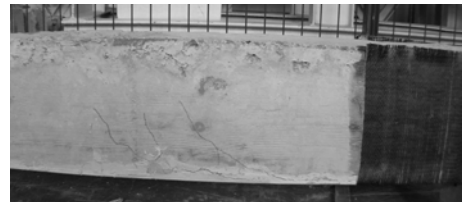
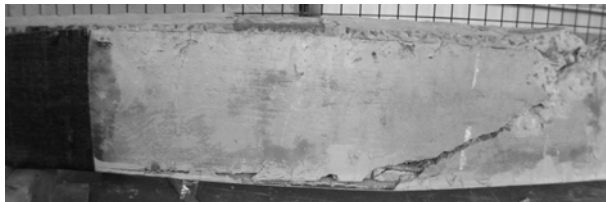


Рис. 6. Характерні пошкодження БУП-1 (вгорі) та БУП-2 (знизу)

Відновлені балки також завантажувались ступенями по 5% від теоретичного руйнівного навантаження з витримкою між кожними кроками навантаження 10 хв. Руйнівне навантаження відновлених балок з підсиленням складало 110 кН для Б-1 та 115 кН для Б-2. Пошкодження відновлених балок наведені на рис. 7.



Рис. 7. Характерні пошкодження Б-1(ліворуч) та Б-2(праворуч)

Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок наведено в табл. 1 та рис. 8.

Таблиця 1

Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок

	Залізобетонна балка, БКС	Залізобетонна посилена вуглецевополімерними ламелями MEGAPLATE THR-3000 балка, БУП	Залізобетонна посилена вуглецевополімерними ламелями MEGAPLATE THR-3000 та відновлена полімербетонним розчином балка, Б
Середнє значення руйнівного навантаження, кН	49,95	92,5	112,5

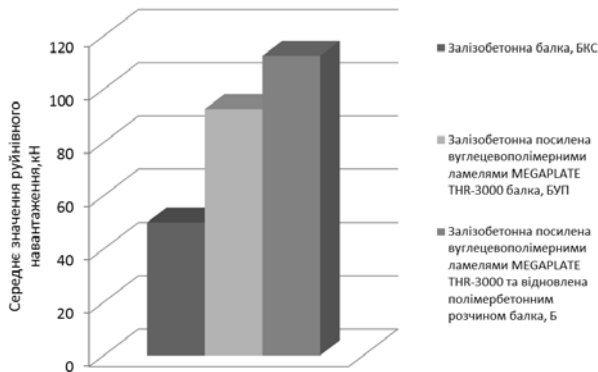


Рис. 8. Порівняння руйнівних навантажень випробуваних балок

При навантаженні 20-30 % від руйнівного починають розкриватися старі тріщини (0,15-0,3 мм).

При подальшому збільшенні навантаження до 60-70 % від руйнівного з'являються нові тріщини в розтягнутій зоні.

При навантаженні в 80-90 % від руйнівного відбувається відшарування окремих волокон в полотні підсилення, починає руйнуватися стиснена зона, а також зростають тріщини (0,6 мм).

Руйнування відбулося в стисненій зоні поряд з відновленою полімербетонною обіймою. На контактній зоні полімербетону з бетоном відриву не відбулося.

Подрібнення бетону стиснутої зони при досягненні ним граничних деформацій привело до втрати несучої здатності.

Характер руйнування можна пояснити тим, що підсилення призвело збільшення відсотка армування, напруження в арматурі та ламелі не досягли граничних значень, стиснена зона була замінена полімербетонним розчином (полімербетонна плomba), а бетон біля пломби досягнув граничних деформацій.

Висновки. Відновлення раніше зруйнованих та посилених FRP-матеріалами залізобетонних елементів за допомогою полімербетонних розчинів дозволяє значно збільшити несучу спроможність при зменшенні трудомісткості та часу на виконання ремонтних робіт, зменшенні ваги самих елементів підсилення.

Цей метод є перспективним для подальшого багаторазового використання конструкцій без їх заміни на нові.

Список літератури

1. Чирва В.М., Савченко А.А., Сухан О.П., Гришковець Т.Ю. Експериментальні дослідження несучої здатності залізобетонних балок, посилених FRP-матеріалами, та обґрунтування економічної доцільності їх використання у практиці будівництва і реконструкції // 36. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво). Вип.4(39). Т.1 – 2013. – ПолтНТУ. - С. 278-284.
2. <http://rosmaks-servis.ibud.ua/ua/polnaya-statya-companii/usilenie-stroitelnykh-konstruktsiy-64542>.
3. <http://msd.com.ua/polimerbetony/raschet-sostavov-polimerbetonov>.
4. Бабич Є.М., Мельник С.В. Розрахунок несучої здатності похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів, підсиленних вуглепластиковими матеріалами з врахуванням впливу мало циклового навантаження // Збірник наукових праць (ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди). Вип. 25. – 2013. – НУВГП. Рівне . С.212-220.
5. Мельник С.В. Дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок, підсиленних наклеєним вуглепластиковими матеріалами // С.В. Мельник / 36. наук. пр. Полтавською національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. - Полтава, 2012. - Вип. 2(32), Том I. -С. 151.
6. Борисюк О.П. Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій сучасними матеріалами/ О.П. Борисюк, Мельник // Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди: і Якових праць"- Рівне, 2010. - Вип. 20. - С. 459 – 465/

7. ДСТУ Б В.2.6-56: 2010 [Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування /] Мінрегіонбуд України, Київ, 2010. - 166 с.

8. Чернявський В.Л. Руководство, по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В.Л. Чернявський, Ю.Г. Хаютин, Е.З. Аскельрод, В.А. Клевцов, Н.В. Фаткуллин. - І 000 «ИнтерЛкв», 2006. 113 с. 9. Шилин А.Л. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / А.А. Пшеничный, Д.В. Картузов // М: Стройиздат, 2007.

10. Хаютин Ю.Г. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций / Ю.Г. Хаютин, В.Л. Чернявський, Е.З. Аскельрод // Бетон и железобетон. - М., 2002. - № 6. - С. 17 - 20; - 2003. - №1. - С. 25 – 29.

11. Валовой О. І. Міцність контактних швів підсилених залізобетонних конструкцій / О.І. Валовой, Д.В. Попруга // Дороги і мости : 36. наук. пр. - К. : ДерадорНДІ, 2009. - Вип. 11. - С. 57-64.

12. Микульський В. Г. Склеивание бетона / В. Г. Микульський, В. В. Козлов. - М. : Стройиздат, 1975. - 236 с.;

13. Кваша В.Г. Розрахунок міцності похилих перерізів залізобетонних балок, підсилених наклеєними композиціями. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: 36. наук. праць. Рівне: Вид. НУВГП, 2011. - Випуск 22 - С. 801 – 807.

14. Борисюк О.П. Методика випробовування підсилених згинальних залізобетонних елементів при малоциклових навантаженнях / Борисюк О.П., Коночук О.П. // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). Вип. 74: В 2-х книгах: Книга 2. Київ, ДП НДІБК, 2011. - С. 709-718;

15. Гольшев А. Б. Проектирование усиленной железобетонных конструкций производственных зданий й сооружений / А. Б. Гольшев, Й. Н. Ткаченко. - К. : Логос, 2001. - 172 с.

Рукопис подано до редакції 28.03.14

УДК 658.012.23

В.В. НАЗИМКО, д-р техн. наук, проф., Донецький національний технічний університет,
А.В. МЕРЗЛІКІН, канд. техн. наук, доц., Донецький національний технічний університет,
Л.М. ЗАХАРОВА, канд. техн. наук, Донецький державний університет управління,
Є.М. АРЕФ'ЄВ, канд. техн. наук, доц., Донецький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВІДПОВІДНОСТІ ПРОГРАМИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ ПРОЕКТНО-ОРІЄНТОВАНОМУ СТИЛЮ УПРАВЛІННЯ

Проектні ризики вугільних шахт практично не досліджувались, хоча їх частка є найбільшою з приводу специфіки підземних умов роботи та високого ступеню геологічної невизначеності вугільного родовища. В таких умовах адекватна оцінка ризиків невиконання програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт є критично важливою. Аналіз структури програм розвитку гірничих робіт сучасних високопродуктивних вугільних шахт свідчить про те, що вони мають майже всі складові основних фаз проекту протягом його життєвого циклу. В роботі проведено аналіз структури програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт. Розглянуті всі стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку. Встановлено, що на стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку наочно проявляється проектно-орієнтований характер програми розвитку гірничих робіт, оскільки всі проекти без виключення складаються як проекти унікальних процесів та об'єктів, а узгодження проектів здійснюється індивідуально для кожного об'єкту. Доведено, що незважаючи на поточний характер вуглевидобутку, програма розвитку гірничих робіт на вугільній шахті має всі основні риси проекту.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Вугільна промисловість є гарантом енергетичної незалежності України. Враховуючи зростаючу нестабільність світової економіки, вичерпання запасів нафти і газу, а також політичні проблеми, пов'язані з поставкою зазначених ресурсів з-за кордону, слід зробити висновок про стратегічне значення власного вугілля для забезпечення енергетичних і сировинних потреб економіки нашої держави.

Україна займає 3-4 місце у світі за промисловими запасами вугілля, хоча вони характеризуються певними особливостями.

Так середня глибина розробки на вугільних шахтах України досягла 740 м, а ряд сучасних високопродуктивних підприємств досягли глибин 1200 м і більше.

Пласти, що відпрацьовуються на глибині більше 800-900 м схильні до газодинамічних явищ і містять високу кількість вибухонебезпечного газу метану.

Майже всі шахтопласти пошкоджені малоамплітудними порушеннями, поблизу яких підвищується ймовірність газодинамічних явищ, різко зменшується стійкість покривлі гірничих виробок.

При переході таких порушень гірничими роботами часто виникають аварії, в результаті яких виходить з ладу гірничошахтне обладнання. Зазначені фактори підвищують проектні ризики вуглевидобутку, знижуючи їх темпи у кілька разів.

Це негативно позначається на фінансовому стані вугільних шахт і утруднює підготовку і виїмку нових запасів.

Аналіз досліджень та публікацій. Згідно класифікації [1-6, 8-10] проект вуглевидобутку є монопроектом, який має обмежені ресурсні та часові рамки і єдину мету забезпечення заданого видобутку при обмежених фінансових і людських ресурсах.

Аналіз структури програм розвитку гірничих робіт сучасних високопродуктивних вугільних шахт свідчить про те, що вони мають майже всі складові основних фаз проекту протягом його життєвого циклу. Передінвестиційна фаза починається з задуму інвестора або господаря підприємства, в результаті чого починається вивчення прогнозів розвитку енергетичного ринку та ринку металу. Далі аналізуються умови для реалізації початкового задуму і розробляється концепція проекту.

Зокрема оцінюються запаси енергетичного і коксівного вугілля у межах шахтного поля, уточнюється категорія запасів по достовірності.

Саме на цьому етапі в переважній більшості випадків виявляється низька достовірність характеристик малоамплітудних порушень, які є основним джерелом невизначеності та ризиків програми розвитку гірничих робіт.

Характерно, що зазначену проблему невизначеності ніхто поки не вирішує і по суті залишають поза увагою не тільки на вітчизняних вугільних шахтах, але й на шахтах високорозвинених країн (США, Австралії, Канади).

Аналогічна реакція на високий рівень невизначеності параметрів малоамплітудних порушень відзначається і на зарубіжних шахтах, в тому числі й у високорозвинених країнах. У переважній кількості випадків додаткову розвідку запасів здійснюють «на ходу» по мірі підготовки запасів, які можуть, в кінцевому рахунку, виявитися непривабливими для інвесторів

Викладення матеріалу та результати. Вирішення проблеми розвідки запасів скидають на головного геолога шахти, у якого немає достатньої кваліфікації і, головне, засобів для реалізації цієї вельми складної проблеми.

Так економлять на проектно-пошукових роботах, для виконання яких необхідно здійснювати додаткову геофізичну або геологічну розвідку виїмкових стовпів. Згідно зі стандартами управління проектами витрати на зазначені роботи необхідно закладати в бюджет проекту, хоча це ніхто і ніколи не робить. У підсумку всі наступні фази проекту будуються на ненадійній геологічній базі знань, що практично завжди серйозно підвищує ризики невиконання програми.

Після цього здійснюється попереднє обґрунтування інвестицій і визначається життєздатність проекту. Потім встановлюється місце реалізації проекту. Саме на цьому етапі яскраво проявляється проектно-орієнтований характер проекту підземного вуглевидобутку.

Якщо у роки державного управління і фінансування вугільних шахт принаймні формально декларувалось раціональне використання народних надр і в якості пріоритету встановлювалось повне відпрацювання родовища, на окремих фазах якого могли спочатку вибирати не найкращі запаси вугілля, то в ринкових умовах кожний проект вуглевидобутку намагаються реалізувати на найбільш вигідних ділянках шахтного поля.

В обов'язковому порядку здійснюється екологічне обґрунтування програми розвитку гірничих робіт і її експертиза на відповідність правилам безпеки. Зокрема вже кілька сучасних вугільних шахт Донбасу розробляють, впроваджують або вже деякий час експлуатують системи з видобутку та утилізації метану як супутнього цінного енергетичного ресурсу [7,11,12].

Це одночасно вирішує кілька екологічних, економічних і соціальних проблем: зменшує викиди метану в атмосферу, що дозволяє отримувати додатковий прибуток за угодами Кіотського протоколу, дає додаткову економію за рахунок покриття власних витрат на електричну та теплову енергію, а також підвищує безпеку підземних робіт, оскільки зменшується концентрація вибухонебезпечного метану, який породжує найбільш масштабні аварії з загибеллю людей у вугільних шахтах.

Проектний відділ розробляє детальні проекти прохідницьких і очисних робіт для кожного підготовчого і очисного вибою, а також проекти дегазації, транспорту, вентиляції і інших допоміжних процесів. При необхідності, особливі проекти замовляють спеціалізованим організа-

ціям. Зокрема провідним інститутам і фірмам замовляють проектні та дослідницькі роботи для вироблення рекомендацій по раціональним видам кріплення, охороні і підтримці підготовчих виробок в умовах інтенсивного гірського тиску.

Маркшейдерський відділ складає календарний план підготовки та відпрацювання запасів і програму розвитку гірничих робіт (по суті планограму Гантта), в якій зазначається склад робіт, обсяг і терміни їх виконання, а також бригади виконавців.

Саме на стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку наочно проявляється проектно-орієнтований характер програми розвитку гірничих робіт, оскільки всі проекти без виключення складаються як проекти унікальних процесів та об'єктів, а узгодження проектів здійснюється індивідуально для кожного об'єкту.

Потім приймається остаточне рішення про інвестування та складається бюджет проекту. Якщо необхідно, відводиться земля під будівництво на земній поверхні (наприклад для буріння дегазаційної свердловини з поверхні і прокладки трубопроводу) і оформляється дозвіл на будівництво.

Після цього починається основна або інвестиційна фаза проекту, в ході якої проводяться тендери на постачання устаткування і укладаються контракти. Характерно, що у даний час досить часто підприємства віддають перевагу зарубіжним видобувним комплексам, очисним і вугільним комбайнам, які мають у кілька разів вище надійність і продуктивність незважаючи на більш високу ціну.

Одночасно проводяться тендери і укладаються контракти з підрядними організаціями. Як правило до послуг підрядників вугільні шахти і компанії вдаються для виконання допоміжних робіт по перекріпленню гірничих виробок, установці спеціалізованого устаткування і кріплень (наприклад канатних анкерів) і т.п.

На сучасних вугільних шахтах в обов'язковому порядку розробляються плани і графіки постачання матеріальних ресурсів. Далі розробляються оперативні плани проведення гірничих виробок, монтажу гірничо-шахтного устаткування, вентиляційних мереж, системи дегазації, пожежогасіння, здійснення протиаварійних захистів.

За виконанням прохідницьких і монтажних робіт ведеться постійний моніторинг, результати якого регулярно обговорюються на оперативних нарадах та вживаються заходи щодо усунення затримок і порушень.

Як правило, в процесі підготовки запасів до відпрацювання здійснюється дорозвідка пласта в межах підготовлюваних виїмкових стовпів. У переважній кількості випадків виявляється, що малоамплітудна порушеність пласта набагато інтенсивніша в порівнянні з тією, яка прогнозувалася на початковій стадії проекту. Проте навіть ця додаткова інформація не дає повної картини порушеності виїмкового стовпа, а тільки злегка її відкриває.

Тому уточнити проект на підставі отриманої часткової інформації неможливо. Після монтажу очисного обладнання виконуються пусконаладжувальні роботи і лава здається в експлуатацію. Часто представники виробника механізованого комплексу або очисного комбайна присутні певний час після пуску очисного вибою в роботу для контролю неполадок і оперативного їх усунення. Обов'язковість такої присутності прописується в контрактах.

У процесі відпрацювання очисних вибоїв здійснюється регулярне обстеження вибійного устаткування, стану покрівлі в лаві й прилеглих підготовчих виробках, оцінюється надійність вентиляції, транспорту і дотримання техніки безпеки.

Ця стадія проекту в умовах вугільної шахти є найбільш насиченою, а її компоненти опрацьовуються у найдрібніших деталях, що обумовлено специфікою підземного видобутку вугілля і в першу чергу безпрецедентно високою небезпекою підземних робіт. Зазначена стадія проекту здійснюється згідно з низкою галузевих інструкцій і керівних документів, спеціальними службами нагляду.

Велику увагу на вугільній шахті приділяють управлінню якістю вугілля, що видобувається (але не якістю управління проекту вуглевидобутку в цілому!). Досить сказати, що зольність рядового вугілля, що надходить із шахти досягає 40-45 %, тоді як зольність товарного вугілля не повинна перевищувати 9%.

На видалення зайвої породи витрачаються великі кошти, що підвищує собівартість продукції. Тому управлінню якістю продукції вугільної шахти завжди приділялася особлива увага.

При завершенні програми розвитку гірничих робіт також застосовується стандартний набір робіт, характерний для проектно-орієнтованого стилю управління виробництвом.

Так після відпрацювання виїмкових стовпів здійснюється згідно спеціальним проектам демонтаж механізованого комплексу, погашення підготовчих виробок, витягання рамного кріплення та ізоляція відпрацьованих ділянок.

Як бачимо, більшість компонентів програми розвитку гірничих робіт на вугільній шахті відповідає проектно-орієнтованому стилю управління. Певним винятком є людський аспект управління проектом, в якому віддається перевага командному стилю. Це обумовлено високою персональною відповідальністю за прийняття рішень та пояснюється специфікою підземних робіт, що характеризуються досить високим рівнем небезпеки.

Мабуть, одним з найбільш суттєвих недоліків програми розвитку гірничих робіт є повна відсутність управління ризиками виконання самого проекту.

Компонента ризиків проекту підміняється ризиками аварій і нещасних випадків, які є окремим видом ризиків проекту в цілому.

Разом з тим найбільш масово трапляється невиконання календарного плану розвитку гірничих робіт у плановий термін, що тягне за собою зниження ефективності інвестицій і ставить шахту в складне фінансове становище.

Складання календарного плану вуглевидобутку здійснюється на детермінованій основі, коли в програму вводяться конкретні терміни виконання окремих робіт, дати їх початку та закінчення. Практика виконання проектів вуглевидобутку показує, що практично завжди реальні строки виконання планових завдань істотно відстають від проектних, що свідчить про необхідність врахування ризиків невиконання або затримки строків виконання календарного плану.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, незважаючи на поточний характер вуглевидобутку, програма розвитку гірничих робіт на вугільній шахті має всі основні риси проекту. Так всі очисні вибої відпрацьовують виїмкові стовпи скінчених розмірів. Іншими словами робота кожного очисного вибою має початок і кінець. Те ж саме стосується і роботи підготовчих вибоїв, а також об'єктів, які виконують допоміжні функції (наприклад підйомна машина, бункер, дегазаційна система, тощо).

Для реалізації вказаних процесів і об'єктів у практиці складаються індивідуальні проекти, що мають унікальні риси, оскільки гірничо-геологічні умови розробки відпрацювання запасів характеризуються специфічними рисами, особливостями, які обговорюються у проектах і враховуються календарними планами й бюджетами.

Основні роботи календарного плану (підготовка і виїмка запасів) завжди проходять всі характерні фази проекту: передінвестиційну, власне інвестиційну і фазу затухання проекту, яка завершується демонтажем обладнання, видаленням металевого кріплення, ізоляцією виробленого простору і іншими специфічними операціями, які повинні гарантувати безпеку подальшого розвитку гірничих робіт поряд з відпрацьованим простором, наприклад убезпечити поточні роботи від прориву підземних вод.

Нагляд за втіленням проекту вуглевидобутку здійснюється настільки ретельно, що аналогічного моніторингу або контролінгу неможливо знайти у інших галузях промисловості. Це обумовлено занадто високим рівнем небезпеки підземних робіт вуглевидобутку.

У процесі моніторингу часто здійснюються суттєві корекції або зміни до проекту, які потребують схвалення менеджерів проекту, тому що потребують значної корекції бюджету.

Характерною особливістю вуглевидобутку є те, що програма розвитку гірничих робіт komponується з окремих проектів (відпрацювання окремих очисних вибоїв, проходки конкретних підготовчих та нарізних виробок, монтажу систем дегазації і тому подібне), час виконання яких не співпадає з терміном виконання програми, яка як правило складається і фінансується щорічно. Основним недоліком проекту вуглевидобутку є відсутність системи управління проектними ризиками, обґрунтування і розробка якої є предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Управління проектами / Під ред. С.К.Чернова і В.В.Малога. Навчальний посібник / [Малий В.В., Мазуркевич О.І., Чернов С.К., та ін.]. - Миколаїв: НУК.-2010. - 354 с.
2. Чимшир В.И. Проект как система [Монографія] / В.И.Чимшир, П.А.Тесленко. - Одеса : Інститут креативних технологій, 2011. - 159 с.

3. Руководство к своду знаний по управлению проектами. Четвертое издание (Руководство РМВОК®)/ Американский национальный стандарт ANSI/PMI 99-001-2004. - 388 с.
4. **Мазур И.И.** Управление проектами. Справочное пособие / **И.И.Мазур, В.Д.Шапиро, Н.Г.Ольдерогге.** –М.: Высшая школа. -2001.-875с.
5. **Клиффорд Ф.** Управление проектами: практическое руководство / **Ф. Клиффорд Грей, Эрик У. Ларсон.** Пер. с англ. - М.: Издательство «Дело и Сервис», 2003. - 426 с.
6. Управління проектами та програмами: Підручник/ [Бушуєв С.Д., Бушуєва Н.С., Казарєзов А.Я., та ін.]. – Миколаїв: видавництво Тору бари О.С., 2010. - 352 с.
7. Эколого-технические проблемы безопасности отработки угольных месторождений/ **С.С. Гребенкин, Сфремов И.О., В.В.Радченко.** – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 254 с.
8. **Kelly J.E.** Critical path planning and scheduling / Proc. Eastern Joint Computer Conference. - Michigan, 1969. - Pp. 121-123.
9. **Fishberg M.C.** Least cost estimating and scheduling/ IBM 650 Program Library. File #10.3.005.
10. **Anderson, S.D.** Project quality and project managers, International Journal of Project Management 10 (3) (2002), pp. 138–144.
11. **Benner M.J. and Tushma, M.L.** Exploitation, exploration, and process management: the productivity dilemma revisited, Academy of Management Review 28 (2) (2003), pp. 238–256.
12. **Khng D.B. and Myin Y.M.** Time, cost and quality trade-off in project management: a case study, International Journal of Project Management 17 (4) (1999), pp. 249–256.

Рукопис подано до редакції 19.03.14

УДК 622.647.2.001.76

А.М. ДРАБЧУК, аспірант Ю.П. КАЛІНІЧЕНКО, канд. техн. наук, доц..
Криворізький національний університет

ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ УЛОВЛЮВАЧІВ КОНВЕЄРНИХ СТРІЧОК ЧЕРЕЗ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕС ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено державні документи у відповідності до яких проводиться дослідження, перелік факторів, що впливають на стан конструкції конвеєра та чинники, що можуть порушити робочий стан агрегатів та призвести до аварій.

Основними тезами статті є : потреба підвищення експлуатаційних характеристик конвеєрних агрегатів задля забезпечення зростання обсягів видобування сировини у відповідності до державних програм розвитку галузі; огляд досліджень, що вже проведені за даним питанням; огляд інноваційних технологій та світової практики їх впровадження.

Окреслено подальші шляхи розвитку дослідження, необхідність розроблення нових методик проведення натурних дослідів та використання сучасних інформаційних систем для підвищення точності і покращення якості отриманих практичних даних. У якості інноваційних технологій виокремлено: модернізація існуючих конструкцій уловлювачів стрічок та поєднання їх з напрацюваннями у сфері комп'ютерного моделювання транспортування сипучих матеріалів конвеєрами.

Проблема та зв'язок з науковими та практичними задачами. Продуктивність процесу видобування та збагачення залізних руд значною мірою залежить від надійності та довговічності стрічкових конвеєрів. Найбільша кількість відмов у цих агрегатах припадає на ролики та транспортуючу стрічку, що піддаються інтенсивному зносу та утомному руйнуванню. Цим зумовлено необхідність та економічну доцільність розроблення методів запобігання аварій, а також більш ґрунтовне вивчення та дослідження чинників, що впливають на частотність виникнення та серйозність наслідків надзвичайних ситуацій.

У державних програмах розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу та розвитку сировинної бази України, що затверджені постановою Кабінету Міністрів України №967 від 28.04.2004 [1] та Законом України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р.» від 21 квітня 2011 р. № 3268-VI [2], у яких серед багатьох інших положень, зазначено збільшення обсягів видобування руди. Для цього потрібно підвищити ступінь використання конвеєрів, а це приведе до необхідності збільшення швидкості руху конвеєрної стрічки, зміни її геометричних параметрів, що приведе до підвищення навантажень, як у стрічці, так і в роликоопорах. Технологічний процес транспортування, видобування та хімічний склад транспортованої сировини також впливає на термін служби стрічки і зміну її фізико-технічних параметрів. Очевидно, що під час транспор-

тування сировини стрічка конвеєра піддається впливу не тільки вищенаведених чинників руйнування, а зазнає від нерівномірності завантаження, провисання між підтримувальними роликоопорами, внутрішніх сил натягу від приводного барабана та барабана натяжної станції, неоднорідності складу та внутрішньої форми стиків.

Проте найголовніший чинник, що впливає на частотність та характер пориву стрічки на похилих конвеєрах, - є сила тяжіння, що діє на всю конструкцію загалом та на вантаж зокрема. Слід акцентувати увагу на тому, що відносно проблеми, котра порушена в дисертації вже є низка досліджень, однак у них неповною мірою відображено: дослідження поведінки стрічки після моменту пориву, поведінку, реакції, напруження та сили у вантажі після пориву стрічки, реакції, сили та напруження на контактних та інших поверхнях уловлювачів під час уловлювання стрічки та інші фактори, що можуть вплинути на процес уловлювання стрічки, якість уловлювання та поведінку конструкції і цей момент.

Постановка задачі. Оптимізація місця розміщення уловлювачів конвеєрних стрічок, а також розроблення їх нової конструкції має ґрунтуватися лише на системному та комплексному аналізі чинників та навантажень, що діють на вищезгадані вузли механізму. Оптимізація місця розміщення уловлювачів та їх конструкції дозволить підвищити вірогідність успішного спрацювання уловлювачів до гранично високих показників, а також звести до мінімуму пружну реакцію в стрічці та максимально зменшити напруження в місцях контакту стрічки та робочих поверхонь уловлювачів. Існуючі конструкції уловлювачів стрічок наведена на рис. 1.

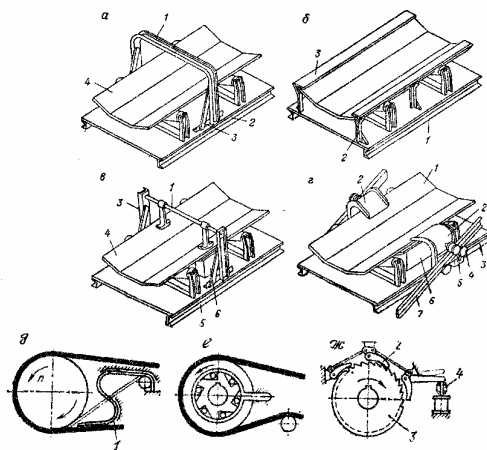


Рис. 1. Конструкції уловлювачів конвеєрних стрічок

Викладення матеріалу. На теперішній час немає жодних відомостей про моделювання процесу пориву стрічки конвеєра в лабораторних умовах. Усі наявні роботи по цій темі ґрунтуються на статистичних даних підприємств, де використовуються конвеєри, або на свідченнях робітників тих же підприємств. Зазвичай, такі свідчення містять приблизний опис характеру пориву стрічки, приблизне місце пориву, а також кінцеві наслідки. Нажаль, за допомогою такої інформації неможливо встановити чи мала місце пружна реакція стрічки під час спрацювання уловлювачів, як себе поводить вантаж в цей момент, які перевантаження виникають в ролико опорах підтримуючих роликів, які напруження та перевантаження виникають

на контактних поверхнях уловлювачів та у місці їх торкання до стрічки.

Також, усі наявні конструкції уловлювачів мають недоліки. Так, для найдосконалої конструкції уловлювачів за патентом В.А. Мелашенка SU 1646961 [3] (рис. 2) недоліком є вірогідність проковзування стрічки між уловлюючими лижами через потрапляння на контактні поверхні речовин, що зменшують коефіцієнт тертя, завдяки якому і спрацює уловлюючий пристрій. Це може бути вода, мастильні матеріали, очищення контактних зон стрічки за рахунок природного тертя об інші поверхні конвеєра, що не задіяні у процесу уловлювання.

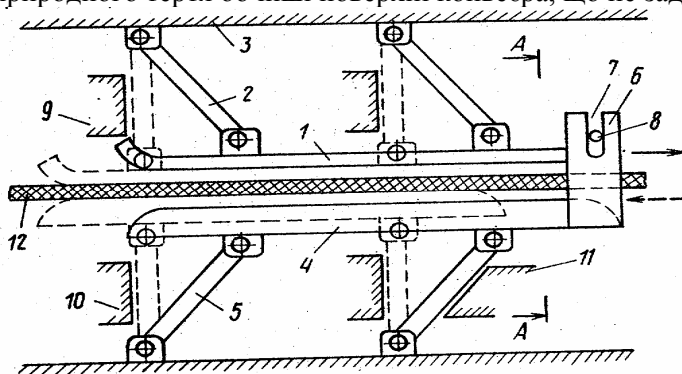


Рис. 2. Схема уловлювача стрічки за патентом Мелашенко В.А.

Також, недоліком зазначеної конструкції є вірогідність пізнього спрацювання пристрою через те, що порив стрічки може відбуватися до ефективної зони уловлювання, відносно натяжного барабана в голові конвеєра. У такому випадку навантажена частина стрічки сходить до низу з вантажем та спричиняє руйнування

конструкції натяжного пристрою та попередніх конвеєрних ділянок, а також загрожує конвеєрну галерею. У той же час, майже порожній кінець стрічки продовжує свій рух у бік

натяжного барабану та вільно проходить крізь башмаки встановленого пристрою для уловлювання стрічок конвеєрів. При цьому, можливе падіння обірваного хвоста стрічки на башмаки уловлювача.

У свою чергу це може спричинити затискання стрічки між башмаками, її пластичні деформації, перевантаження в опорах маятників уловлювача, проковзування та надмірний знос стрічки у натяжному барабані, можливість пожежі.

У контексті вищеперерахованих недоліків існуючої конструкції уловлювача конвеєрних стрічок, передбачається її удосконалення шляхом введення в конструкцію існуючої роликоопори роликову рамку попереднього реагування. Це збільшить загальну швидкодію системи уловлювання, а також забезпечить «попереднє спрацювання» у разі обриву стрічки.

Але, розробка якісної системи уловлювання конвеєрних стрічок неможлива без комплексного підходу.

Якщо приділити увагу тільки конструкції уловлювача, але не звернути увагу на місце його розміщення, тип, характеристики поверхні контактних зон уловлювача та стрічки не можливо якісно покращити систему вловлювання конвеєрних стрічок.

Урахування зазначених параметрів та багатьох інших дозволить краще розуміти фізичні процеси, що проходять у момент пориву, краще зрозуміти та спрогнозувати поведінку стрічки та вантажу, з більш високою точністю розрахувати й виконати роликоопори у підтримуючих роликах стрічки, з'єднання несучої конструкції конвеєра, а також багатьох інших важливих вузлів, що піддаються перевантаженням у момент пориву та уловлювання.

Однак, з розвитком високих технологій та швидким темпом їх впровадження у всі галузі виробництва доцільно використати напрацювання у цій сфері для досягнення гранично високих показників надійності та швидкодії системи уловлювання конвеєрних стрічок у разі їх пориву.

Сучасні комп'ютерні системи мають високу швидкодію, потужність, продуктивність та відносно малу енергозатратність, що робить їх використання дуже вигідним для побудови та розрахунків математичних моделей поведінки стрічки, вантажу, опор конвеєра, роликоопор підтримуючих роликів та інших вузлів агрегату, що піддаються перевантаженням та іншим видам зносу та руйнування у момент пориву та уловлювання стрічки.

Як зразки можна використовувати математичні моделі прорахунку зносу конвеєрних стрічок, їх кордів, гумових покриттів та інших параметрів у реальному часі.

Комп'ютерна програма в реальному часі автоматично здійснює прорахунок заданих параметрів та порівнює їх з еталонними величинами. У разі відхилення одних параметрів від інших програма може виводити рекомендації щодо покращення, ремонту чи заміни стрічки, що використовується в даний момент.

Але в даному випадку доцільно використовувати комп'ютерне моделювання для розроблення математичної моделі розрахунку статичних та динамічних напружень у стрічці, пружних та пластичних деформацій в ній під час пориву та уловлювання, перевантажень в інших важливих вузлах системи, а також, що не менш важливо, можливо прорахувати поведінку вантажу та вплив можливої перевантаженості конвеєра на надійність системи уловлювання.

Цей параметр є особливо важливий в якості критерія вибору систем уловлювання між нашою розробкою та іншими подібними системами.

Також, максимально можлива уніфікація розрахункової моделі дозволить використовувати її не тільки для прорахунків поведінки вузлів конвеєра, а й для інших подібних задач.

Аналіз досліджень та публікацій. Над згаданими моделями працювали такі вчені як Алекс Харрісон (США) [4-7], Мітеш Кадакія (США) [8], Ші Пенгюан, Сонг Яндонг (Китай) [9] та ін.

Тому доцільно використовувати їх доробки як основу для розроблення комп'ютерної моделі поведінки стрічки конвеєра в момент її уловлювання після пориву.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Як висновки можна зазначити, що комплексний підхід до якісного покращення систем уловлювання конвеєрних стрічок у випадку їх пориву неможливий без застосування всіх можливих засобів інженерії.

Для найкращого результату потрібно поєднувати інженерно-технічні інновації з передовими методами комп'ютерного моделювання.

Це дозволить знаходити оптимальні рішення поставлених питань за технічним та економічними показниками.

Список літератури

1. Про затвердження Державної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу на період до 2011 р. - Затверджено законом України від 28 липня 2004 р. № 967-2004-п [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/967-2004-%D0%BF>. - Назва з екрану. - (Дата звернення 12.03.2014).
2. Загальнодержавна програма розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 р. - Затверджено Законом України від 21 квітня 2011 р. № 3268-VI [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3268-17>. - Назва з екрану. - (Дата звернення: 11.03.2014).
3. Устройство для улавливания ленты конвейера : пат. 1214556 СССР : ГК В 65 G 43/06 / **В.А. Мелашенко, И.П. Кудряшов, В.С. Замыцкий, В.Д. Федосеев**, заявитель и патентообладатель **В.А. Мелашенко**. – SU 1646961 A1.
4. **Harrison A.** (1979), A new development in conveyor belt monitoring, Mach. & Prod. Eng'g, Vol 32, p 17.
5. **Harrison A.** (2007), Remote NDT monitoring of belt damage and safety factor analysis, 9th ICBMH, Newcastle, NSW, Australia.
6. (2008). Non-Linear Belt Transient Analysis. Bulk Solids Handling. Vol. 23, No.4, pp 240-245 (in press)
7. (1992), Modern Belt Take-ups and Their Dynamic Motion. Bulk Solids Handling, Vol. 12., No.4, pp 581-584 (1992).
8. **Mitesh Kadakia** (2007), Wear Resistance of Rubber Conveyor Belt, NIBA Education / Technical Committee, Belt-line Reprint December 2007.
9. Dynamic Simulation on the Belt Conveyor on Emergency Braking, Xi Pingyuan ; Sch. of Mech. Eng., Huaihai Inst. of Technol., Lianyungang, China; Song Yandong, Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. ICICTA '09. Second International Conference on (Volume:2).

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 691: 692: 620: 624.01

В.В. СУРТАЄВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ БУДИНКІВ З ПІДВИЩЕНИМ ТЕПЛОЗАХИСТОМ

Виконано історичний огляд, проведено аналіз стану енергозбереження при будівництві і експлуатації промислових і громадських будівель, наведені проблемні питання в даному аспекті досліджень. Окреслені основні шляхи підвищення ефективності використання теплоізоляційних матеріалів в сучасному будівництві, зокрема, на прикладі використання панелей «Сендвич», матеріалів на мінеральній основі «Rockwool», газонаповненого бетону та бетонів з теплоізоляційними наповнювачами, «теплої» цегли та інших матеріалів. Теплоізоляційні матеріали на неорганічній основі, а до них, безумовно, відносяться й волокнисті теплоізоляційні матеріали з мінерального й скловолокна, є основними в рішенні питань теплозахисту будинків і устаткування. Вітчизняний рівень техніки, технології, теоретичні і прикладні знання про процес дозволяють стверджувати, що в будівництві будинків з підвищеним теплозахистом, матеріали, унікальні по своїх властивостях і сферам застосування, будуть затребувані в усе більшій мірі.

Ключові слова: панелі «Сендвич», «тепла» цегла, теплоізоляція, бетон, газонаповнений бетон, теплоізоляційні наповнювачі, «тепла» штукатурка

Проблема та зв'язок з науковими та практичними задачами. Протягом сторіч наші предки накопичили великий досвід збереження теплоти в будинках. У дерев'яних будинках, які були широко поширені в Росії до середини ХХ-го століття, по периметру зовнішньої стіни влаштувалися додаткові дерев'яні стінки висотою до 1 м і відстанню до 0,4 м від зовнішньої стіни будинку. Цей простір заповнювався сухою землею і щільно закривався кришкою з дощок. Така конструкція додаткового утеплення будинку одержала назву "призьба". "Призьба" також була місцем відпочинку й прийняття їжі, у російському фольклорі є безліч згадувань про неї.

У конструкціях будинків приймалися різні заходи щодо зниження тепловтрат, у тому числі значної товщини цегельні стіни (більше 0,5 м), навіть для будинків не вище трьох поверхів. Крім того в конструкціях вікон застосовувалися подвійні рами з відстанню між ними 0,25 м. У теплі періоди року внутрішні рами, так звані «зимові» рами, знімалися й зберігалися в приміщеннях, а перед настанням холодів ці рами встановлювалися у віконні прорізи.

У простір нижньої частини, між подвійними рамами, укладалась вата або сухий мох, а зверху вони закривалися кольоровим папером із прикрасами.

Використання подвійних рам з теплоізолюваною нижньою частиною вікна й значним повітряним прошарком між рамами дозволяли скоротити більшу частину тепловтрат будинку [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Нагадаємо деякі основні визначення даного напрямку. Відповідно до сучасних уявлень огороджувальні конструкції, будинків і споруд (будівельні

конструкції: стіни, перекриття, покриття, заповнення прорізів, перегородки і т. ін.) обмежують об'єм будинку (споруди) і розділяють його на окремі приміщення. Їхнє основне призначення полягає у захисті (огороженні) приміщень від температурних впливів, вітру, вологи, шуму, радіації й т.ін., у чому властне і складається їхня відмінність від несучих конструкцій, що сприймають силові навантаження. Зазначена відмінність є досить умовною, тому що часто огорожувальні і несучі функції об'єднуються в одній конструкції (стіни, перегородки, плити перекриттів і покриттів і ін.) [2-4].

Огороджувальні конструкції поділяють на внутрішні й зовнішні. Внутрішні, в основному, служать для поділу внутрішнього простору будинку й звукоізоляції, а зовнішні, головним чином, для захисту від атмосферних впливів [2-4]. За способом виготовлення огорожувальні конструкції поділяють на збірні (що монтуються з готових елементів заводського виготовлення) і ті що зводяться на місці будівництва. В останньому випадку для цегельних, бетонних і залізобетонних огорожувальних конструкцій, застосовують термін «монолітні». Залежно від конструктивного рішення огорожувальні конструкції бувають простими й комплексними (складовими). Прості («одношарові») огорожувальні конструкції, виготовляють із одного матеріалу або з однорідних штучних виробів (цегельні стіни, легко бетонні панелі, гіпсові перегородки й т.ін.). Комплексні («багатошарові») огорожувальні конструкції, складаються з декількох елементів або шарів, наприклад: несучі, ізоляційні, оздоблювальні [2-4].

Огороджувальні конструкції, визначають архітектурний вигляд будинку, тому їм часто надають особливого значення, матеріал зовнішніх стін характеризує і конструктивний тип будинку: великоблочне, великопанельне, дерев'яне (рублене або щитове), або цегельне. Стіни виконують також функцію вертикальних діафрагм твердості. Експлуатаційні якості зовнішніх огорожувальних конструкцій, повинні відповідати місцевим кліматичним характеристикам і забезпечувати необхідні санітарно-гігієнічні й комфортні умови в приміщеннях. До внутрішніх огорожувальних конструкцій пред'являються вимоги належної ізоляції від повітряних і ударних шумів, від теплоти й вологи суміжних приміщень. Необхідними вимогами до огорожувальних конструкцій є: висока міцність, твердість, стійкість, вогнестійкість, вони також повинні сприяти досягненню будинками їхньої архітектурної виразності (фактура, колір та ін.). Ще однією важливою їхньою властивістю є довговічність, ступінь якої встановлюється залежно від класу будинку й застосованих матеріалів, з урахуванням реальних умов їх зрощування в результаті зовнішніх впливів [2-4].

Викладення матеріалів і результати досліджень. Прогрес, у будівельній галузі, тісно пов'язаний із застосуванням огорожувальних конструкцій з матеріалів із поліпшеними теплоізоляційними властивостями [2-4]. Одним з перших прикладів значного підвищення теплоізоляції залізобетонних панелей, що випускалися в 70-х роках, є закінчене в 1983 р. будівництво адміністративного будинку Держбуду СРСР у Москві по вул. В. Дмитровка, буд. 26 (нині в цьому будинку розташована Верхня палата Російського парламенту - Рада Федерації) [1].

При розробці проекту будинку в 1978 р. ставилося завдання застосувати енергозберігаючі заходи для демонстрації можливостей зниження витрат теплоти на опалення й вентиляцію. Вітчизняна промисловість випускала в ті роки тільки одношарові залізобетонні стінові конструкції із зовнішньою декоративною обробкою. З таких залізобетонних плит побудована більшість житлових і суспільних будинків у період 1960-1995 рр. [1]. Товщина залізобетонної стінової панелі в той час дорівнювала $\delta=0,3$ м, а коефіцієнт теплопровідності матеріалу: $\lambda=1,51$ Вт/(м·°С), обчисливши термічний опір залізобетонної панелі, отримаємо $R=\delta/\lambda=0,3/1,51=0,198$ м²·°С/Вт.

Для підвищення термічного опору зовнішніх стін було ухвалено рішення після зборки каркасу будинку нанести способом напилювання на внутрішню поверхню зовнішніх стін шар теплоізоляційного матеріалу типу «Ізополі» товщиною $\delta=0,04$ м з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,0197$ Вт/(м·°С) [1]. Матеріал має вогнестійкість і стійкість хімічного складу, не дає випарів у приміщення шкідливих газів. Нанесення напилюванням тонкого шару теплової ізоляції «Ізополі» забезпечило термічний опір цього шару $R_{i3}=\delta/\lambda=0,04/0,0197=2,03$ м²·°С/Вт. Поверхні бетонних панелей, покритих тепловою ізоляцією, однакові і загальний термічний опір теплоізолюваних зовнішніх стін у цьому адміністративному будинку склав $R_{к.і3}=R_{к.}+R_{i3}=0,198+2,03=2,228$ (м²·°С)/Вт.

Якби у побудованому адміністративному будинку зовнішні стіни збереглися в первісному вигляді заводського виготовлення, то коефіцієнт термічного опору теплопередачі дорівнював

$R_{0.із} = \delta/\lambda = 1/8,7 + 0,198 + 1/23 = 0,356 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. З урахуванням площі поверхні зовнішніх стін $F = 4180 \text{ м}^2$, трансмісійні теплові потоки через них склали б: $Q_{\text{пот. тр.}} = 4180 \cdot (20+26)/0,356 = 540 \text{ кВт}$, у результаті застосування покриття типу «Ізополі» опір теплопередачі склав: $R_{0.із} = 1/8,7 + 2,228 + 1/23 = 2,386 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, а величина трансмісійних теплових потоків для зовнішньої стіни із шаром напиленої теплоізоляції: $Q_{\text{т.пот. тр.}} = 4180 \cdot (20+26)/2,386 = 80,6 \text{ кВт}$. Таким чином, застосування теплової ізоляції забезпечило скорочення трансмісійних втрат на величину $(540-80,6) \cdot 100/540 = 85 \%$. Досвід спорудження адміністративного будинку з тепловою ізоляцією зовнішніх стін довів, що трансмісійні втрати можуть бути скорочені на 85% [1].

В Україні й Росії, із прийняттям Закону України «Про енергозбереження» (Введений в дію Постановою ВР № 75/94-ВР від 01.07.94, ВВР, 1994, № 30, ст.284) й аналогічного Федеративного закону Російської Федерації №28-ФЗ от 03.04.1996 г. «Про енергозбереження» були розроблені місцеві норми теплотехнічного проектування цивільних будинків з урахуванням енергозбереження (ТБН, рос. ТСН), аналогічні норми були прийняті й у Республіці Білорусь. У цих нормах зафіксовані вимоги по збільшенню приведенного термічного опору теплопередачі огороджувальних конструкцій [2-13,18].

Мінімальний нормативний тепловий опір огороджувальної конструкції, у Росії вводився відповідно до вимог СНиП II-3-79* «Будівельна теплотехніка» [9] у два етапи, перший - з 1 вересня 1995 р. в проектах і з 1 липня 1996 р. в будівництві, другий - з 1 січня 2000 р. для будівництва, крім будинків висотою до 3 поверхів зі стінами з дрібноштучних матеріалів, реконструкції й капремонту.

У Республіці Білорусь нові національні норми СНБ 2.04.01-97 «Будівельна теплотехніка» [10] вступили в дію з 1 травня 1998 р. й діють дотепер. Нові енергоефективні вимоги до огороджувальних конструкцій, уперше були уведені Україною раніше інших країн СНД наказом Держбуду в грудні 1993 р. й підвищуються із квітня 2007 р. відповідно до ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд».

Теплова ізоляція будівель» [11], підтримавши загальну тенденцію підвищення нормативних вимог аналогічно з нормами Росії й Республіки Білорусь (табл. 1), нормами інших розвинених країн.

Таблиця 1
Зіставлення мінімально припустимого значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій житлових і цивільних будинків, $R_{q \text{ min}}$, (м²·°C)/Вт

По-знач-ки	Вид огороджувальної конструкції	Україна з 01.04.2007 температурна зона				Росія				Біло-русь
		I	II	III	IV	01.07.1996	с 01.07.1996			
		кількість градусо-днів								
		>3501	3001-3500	2501-3000	<2500	4000	2000	4000	2000	
1	Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0	1,6	1,2	2,8	2,1	2,0-2,5
2а*	Покриття й перекриття неопалюваних горючих	4,95	4,5	3,9	3,3					
2б		3,3	3,0	2,6	2,2	2,5	1,8	4,2	3,2	3,0
6а*	Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45					
6б		0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,3	0,45	0,3	0,6

* Прим.: відповідають значенням, уведеним у дію із січня 2008 р.

Повсюдне введення нових норм теплоізоляції спричинило застосування при будівництві промислових і суспільних будинків навісних панелей типу «Сендвич» для встановлення стін і перекриттів (наприклад, торгово-розважальних центрів, супермаркетів та ін.).

Панелі типу «Сендвич» являють собою два профільованих листа із тонколистової сталі захищеної пластмасовим покриттям товщиною 0,5 мм, зазор між ними заповнюється теплоізоляційним шаром з пінополіуретану, товщиною від 50 до 150 мм, що міняє термічний опір панелі «Сендвич» від 2,5 до 7,6 (м²·°C)/Вт.

У панелях «Сендвич» можуть також бути використані й інші теплоізоляційні матеріали.

На рис. 1 представлено фото покрівельного покриття й стін з панелями «Сендвич» на сталевих конструкціях, а на рис. 2 показано пристрій покрівельного покриття із шаром теплоізоляційних із плит «Rockwool» по залізобетонній основі.



Рис. 1. Монтаж покрівельного покриття й стін панелями "Сендвич" на сталевих конструкціях

Монтаж панелей «Сендвич» відбувається з малими витратами праці, тому що вони мають ширину 900 мм і довжину 1200 мм, а питома маса панелей 14 кг/м². Щільність швів між зібраними панелями забезпечується гумовими прокладками й герметиком типу «Макрофлекс». Наявність шарів теплоізоляції товщиною від 3 до 150 мм дозволяє виконати вимоги будівельних норм і збільшити термічний опір перекриття (наприклад, у кліматі Москви до нормованої

величини $R_{пер} = 3,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$ [1, 3].

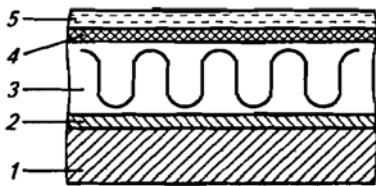


Рис. 2. Пристрій покрівельного покриття із шаром теплоізоляційних плит «Rockwool» по залізобетонній підставі [1]: 1 - несуча залізобетонна плита; 2 - прокладка поверхні гарячим бітумом, що виконує роль пароізоляції; 3 - теплоізоляційні плити «Rockwool»; 4 - шар гідроізоляційного клеючого складу; 5 - гідроізоляційний килим з рулонних направляючих матеріалів

При реконструкції масової забудови 60-их років минулого століття використовується метод нанесення теплоізоляційних плит з полістиролу й мінеральної вати. У нашій країні є великий позитивний досвід значного скорочення тепловтрат будинків завдяки нанесенню на зовнішню поверхню стіни шарів теплоізоляції й декоративної обробки [1, 3].

На рис. 3 показано теплоізоляцію зовнішніх стін існуючих будинків і графіки зміни температур по глибині будівельних конструкцій: *a* - конструктивне рішення зовнішньої стіни без ізоляції; *б* - конструктивне рішення зовнішньої стіни з ізоляцією [1]. Технологія застосування наступна, зверху, на залізобетонну плиту перекриття 1 наноситься шар гарячого бітуму 2, що виконує роль пароізоляції від проникнення вологого повітря через перекриття. Одночасно шар гарячого бітуму є шаром, що приклеює теплоізоляційні плити накладені на нього 3. Зверху теплоізоляційних плит наноситься проклеюючий гідроізоляційний шар 4, на який наноситься з рулону шар гідроізоляційного килима 5.

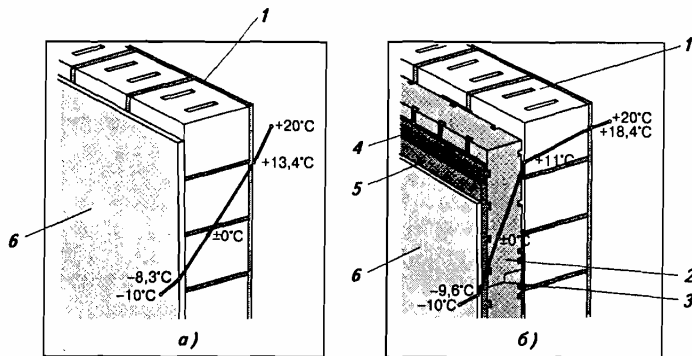


Рис. 3. Теплоізоляція зовнішніх стін існуючих будівель і графіки зміни температур по глибині будівельних конструкцій *a* - без ізоляції; *б* - з ізоляцією [1]: 1 - зовнішня стіна з щільних цегляних блоків; 2 - теплоізоляційна плита з полістиролу 3 - замкові з'єднання сусідніх плит; 4 - сітка для нанесення обробного матеріалу (штукатурка); 5 - шар гідроізоляційного килима; 6 - шар зовнішньої силікатної фарби

Для виконання вимог по теплозахисту будинків освоєне виробництво тришарових конструкцій зовнішніх стінових панелей. Як тепла ізоляція широке застосування отримали плити типу «Rockwool» (що переводиться як «кам'яна вовна»). Вони виготовляються із базальтових вулканічних порід (каменя) шляхом попереднього розплаву породи при температурі 1500 °С. З розплавленої кам'яної маси й розливу її на обертові диски, одержують волокна, які скручуються й утворюють тверді плити товщиною від 50 до 150 мм. Серед скручених волокон утримуються часточки повітря, що підвищує теплоізоляційні властивості матеріалу. Плити «Rockwool» мають малу вагу, їх щільність 140 кг/м³, низьку теплопровідність $\lambda = 0,036 \text{ Вт / (м} \cdot \text{°C)}$.

Відомий європейський виробник теплоізоляційних матеріалів - компанія «Rockwool», заснована в Данії в 1937 р., відкрила свій перший завод з виробництва продукції на основі мінеральної вати в м. Хедехузені, неподалік від Копенгагена (у наш час компанія виготовляє теплоізоляційну продукцію на 21 заводі, розміщеному в 14 країнах світу, а ще 14 представництв роз-

ташовані в країнах Європи та Північної Америки. На підприємствах компанії працюють понад 7500 чоловік) [12,13,18]. Матеріал теплоізоляції вогнетривкий і може застосовуватися для теплоізоляції трубопроводів з високою температурою (наприклад, димових каналів). Теплоізоляція «Rockwool» виробляється в Росії (м. Залізничний Московська область) і широко застосовується в будівництві.

Теплоізоляційні матеріали типу «Rockwool» (Роквул), по застосуванню умовно можна поділити на п'ять основних груп: 1 - ізоляція плоских покрівель; 2 - ізоляція зовнішніх стін; 3 - загальбудівельна ізоляція; 4 - технічна ізоляція; 5 - ізоляція для виробництва тришарових залізобетонних і «Сендвич» панелей; 3 - загальнобудівельна ізоляція; 4 - технічна ізоляція; 5 - ізоляція для виробництва тришарових залізобетонних і «Сендвич» панелей.

До важливих характеристик теплоізоляційних матеріалів типу «Rockwool» відносять:

1. Незаймистість - теплоізоляційний матеріал здатний витримати, не плавлячись, температуру понад 1000 °С (абсолютна пожежна безпека). У той час як сполучний компонент випаровується при температурі всього 250 °С, волокна залишаються неушкодженими й зв'язаними між собою, зберігаючи при цьому міцність і створюючи захист від вогню. Утеплювачі «Rockwool» (Роквул) відносять до групи незаймистих будівельних матеріалів - завдяки своїм властивостям ці матеріали дозволяють істотно сповільнити процес руйнування несучих конструкцій будинку.

2. Низька теплопровідність - утеплювачі «Rockwool» (Роквул) мають високі теплоізоляційні властивості (відповідно - низький коефіцієнт теплопровідності є одними із кращих у своєму класі, розрахунковий коефіцієнт теплопровідності від 0,042 до 0,046 Вт/(м·°К)). Навіть при використанні утеплювача «Rockwool» (Роквул) в умовах підвищених температур характеристики теплопровідності залишаються високими.

3. Гідрофобність - теплоізоляція «Rockwool» (Роквул) є гідрофобним матеріалом (не всмоктує в себе вологу). Це важлива якість, оскільки волога, проникаючи в пори матеріалу, погіршує теплозахисні властивості теплоізоляційного матеріалу.

4. Звукоізоляція - теплоізоляція «Rockwool» (Роквул) істотно знижує рівень звуку в сусідніх приміщеннях, зменшуючи ризик виникнення вертикальних звукових хвиль між поверхнями стіни й поліпшуючи повітряну звукоізоляцію приміщення.

5. Стійкість до деформацій - утеплювач «Rockwool» (Роквул) має особливу структуру, що забезпечує високу опірність механічним впливам. Структурно теплоізоляційний матеріал виглядає як перехресні вертикальні й горизонтальні волокна, що виключає однобічну спрямованість і збільшує твердість матеріалу [12,13,17-19].

Висновки й шляхи подальших досліджень. Перспектива розвитку панельних огорожувальних конструкцій, полягає у використанні збірок великорозмірних конструкцій індустріального виготовлення з високим ступенем заводської готовності: великих стінових панелей (офактурених і зашкленених), укрупнених комплексних перекриттів з готовою підлогою, об'ємних елементів (блоків) з обробкою всіх поверхонь, удосконалюванні конструкцій збірних елементів і їхніх сполучних вузлів, що пов'язане з необхідністю зниження ваги конструкції й будинку в цілому, застосуванням для виготовлення місцевих будівельних матеріалів).

Список літератури

1. Варфоломеев Ю.М. Тепловые сети. / Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я - М: ИНФРА-М, 2006, с. 480.
2. Строительные нормы и правила, ч. 2, раздел В, гл. 6. Ограждающие конструкции, М., 1964
3. Конструкции гражданских зданий, под ред. М. С. Туполева, М., 1968;
4. Конструкции промышленных зданий, под ред. А. Н. Попова, М., 1972.
5. МГСН 2.01-99 Энергобережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоснабжению: М.- Правительство Москвы 1999.
6. ТСН НТП-99 МО Нормы теплотехнического проектирования гражданских зданий с учетом энергобережения: М. – Администрация Московской области, 2001
7. Осипов Г.Л., Матросов Ю.А. Стратегия устойчивого развития строительного комплекса России. – Реконструкция жилья. Вып. 8, 2007. – К., УкрНИИпроектреконструкция. – С. 265-274.
8. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004
9. СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника».
10. Строительные нормы Республики Беларусь 265-274 2.04.01-97 «Строительная теплотехника».
11. ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель».
12. Строительные услуги : : Стальные конструкции - Украина: <http://sku.com.ua/topmenu/building-services/>
13. Rockwool - базальтовая минеральная вата продам Днепропетровск, о продукте: http://www.ati.com.ua/rockwool-bazaltovaya-mineralnaya_bbc_842902.html

14. **Bogacz J** / Z zagadnien ochrony cieplnej budynkow. – “Przegląd Budowlany”, 1972, №12, s.645-650 (польск.).
15. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99) Матеріали і вироби будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі.
16. **Соловьева Р.Ф.** Определение коэффициента теплопроводности в зависимости от потенциала влажности. - Строительные конструкции, строительная физика. Вып.9, 1978. – М., ЦИНИС Госстроя СССР.
17. **Вилнитис М.Я** Исследования процессов высыхания и теплового потока стен из газобетона AEROC / **Вилнитис М.Я., Новикс Ю.О., Паплавскис Я.М.**// Збірник Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 2007. - №24 – С.101-105.
18. Применение ROCKWOOL: http://www.atmarket.kiev.ua/primenenie_rockwool.html
19. Теплоизоляция на неорганической основе. Перлитцементные плиты и скорлупы, перлитофосфогелевые и перлитопласт-бетонные плиты. Термоперлит, вспученный вермикулит: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-126-terploizolyaciya/5.htm>.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.926: 34.16

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук., проф.,
А.В. ПИКИЛЬНЯК, главный специалист по информационным технологиям,
Н.Н. БЕРЕЖНОЙ, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
Е.И. НАЗИМКО, д-р техн. наук, проф., Донецкий национальный технический университет"

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ ПУЛЬПЫ В ПРОЦЕССЕ ФЛОТАЦИИ

Приведено описание метода, позволяющего эффективно управлять составом газовой фазы пульпы в процессе флотации с использованием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука, на базе технологии ультразвуковых фазированных решеток.

Ключевые слова: фазированная решетка, ультразвук, флотация, пульпа, газовая фаза, управление

Проблема и ее связь с практическими задачами. В настоящее время не существует единой теории, описывающей однозначно такой важный этап, как взаимодействие твердой минеральной частицы с поверхностью воздушного пузырька и образование флотационного комплекса "минерал-пузырек".

Анализ исследований и публикаций. Главной причиной различия флотационного поведения минералов является различная гидратированность поверхности, которая обусловлена энергией взаимодействия диполей воды с ионами решетки твердой фазы и определяется степенью некомпенсированности зарядов на поверхности частиц. Активность поверхности минералов по отношению к воде и флотационным реагентам определяется ее энергетическим состоянием.

Результаты взаимодействия минерала с водой зависят не только от его свободной поверхностной энергии, но и от энергии взаимодействия молекул воды между собой, т.е. от явлений адгезии и когезии.

Исследованиями **Б.В. Дерягина** и др. установлено, что свойства гидратных слоев отличаются от свойств воды в объеме. Они имеют повышенную вязкость, пониженные растворяющую способность и скорость диффузии растворенных веществ. Эти особенности связаны с высокой прочностью сцепления ориентированных диполей воды между собой и с поверхностью минерала. Гидратированность частиц определяется в основном устойчивостью гидратного слоя, а не его толщиной.

Исследованиями **А.Н. Фрумкина** установлено, что под прилипшим к твердой поверхности пузырьком воздуха остается остаточный гидратный слой толщиной от 3 до 400 Å. Остаточный слой расположен по всей площади основания пузырька и не препятствует прилипанию. Это объясняется особым состоянием молекул воды в нем. При этом образуется как бы новая пленочная фаза, отличная по свойствам от свойств воды в объеме. Толщина остаточного слоя тем меньше, чем более гидрофобна поверхность минерала. Структура и устойчивость гидратных слоев зависит также и от состояния воды.

Флотируемость минерала определяется суммарным эффектом, вызываемым гидратным слоем молекул воды и адсорбционным слоем реагента.

Взаимодействие воды и находящихся в ней ионов с минералами изменяет не только их состав, но и электрическое состояние поверхности. На поверхности частиц образуется двойной электрический слой (ДЭС). Во флотационной пульпе образование ДЭС осложняется еще и присутствием различных ионов с разными зарядами и размерами в зависимости от состава руды, наличием ионов солей в воде и ионами реагентов. ДЭС оказывает большое влияние на смачиваемость поверхности минерала, т.к. образование его внешней обкладки происходит в зоне расположения гидратных слоев. Кроме того, ионы веществ, растворенных в воде, взаимодействуют с внешней и внутренней обкладками ДЭС.

Одним из определяющих процессов является возникновение флотационного комплекса «минерал-пузырек» в ходе элементарного акта флотации. При этом формируется трехфазный периметр смачивания и минимальный краевой угол, необходимый для первоначального прилипания. Образование флотационного комплекса условно делят на три этапа, каждый из которых отличается природой преобладающих сил.

В ходе исследований получили развитие термодинамический анализ прилипания минеральных частиц к воздушному пузырьку и кинетический. При термодинамическом анализе изучались условия устойчивого существования флотационного комплекса. Получили развитие две термодинамические трактовки прилипания, которые называют адсорбционной и капиллярной теориями.

Адсорбционная теория полагает, что частица, покрытая гидратной пленкой, связана с пузырьком аполярными частями адсорбированных на ее поверхности молекул собирателя. Образование такого комплекса приводит к появлению новой единичной поверхности раздела «твердое-газ» и к уменьшению свободной поверхностной энергии в соответствии с фундаментальными положениями термодинамики.

Капиллярная теория прилипания рассматривает изменение свободной поверхностной энергии системы в процессе образования флотационного комплекса. При этом изучается изменение краевого угла смачивания как косвенной оценки разности трудно определяемых поверхностных энергий на разделе «твердое-газ» и «твердое-жидкость».

Кинетические исследования были направлены на изучение скорости и механизма отдельных этапов процесса прилипания. В камере флотационной машины на образовавшийся флотационный комплекс действует ряд сил, стремящихся оторвать частицу от пузырька: сила тяжести частицы, силы трения и инерции. Отрывающими могут быть и силы столкновения пузырьков друг с другом, с деталями машины, силы трения пузырьков о пульпу и о другие пузырьки. Наибольшее влияние имеют силы инерции, которые пропорциональны массе частиц. Чтобы флотационный комплекс не разрушился, частица должна закрепиться прочно.

При кинетическом подходе было определено критическое время индукции и влияние на его значение крупности частиц, возраста пузырька, электролитов, гидродинамики обтекания пузырька, температуры среды.

Считается, что разрушение прослойки воды осуществляется одним из трех способов:

при ударе частицы с пузырьком;

при скольжении частицы по поверхности пузырька;

при засасывании частиц вихревыми потоками в кормовой зоне пузырька с последующим их взаимным ударением.

Удар частицы о поверхность пузырька имеет большое значение для разрушения гидратной прослойки. Удар, способствуя внедрению частицы на некоторую глубину в диффузный гидратный слой, уменьшает время скольжения, необходимое для прилипания частицы к пузырьку. Вероятность прилипания при скольжении тем больше, чем меньше время контакта необходимо для разрушения гидратной прослойки. Параметры частицы при скольжении зависят от точки начального соприкосновения частицы с пузырьком [1-4].

Таким образом, определяющее значение для образования флотационного комплекса имеет скорость утончения остаточного гидратного слоя. Чем менее гидратирована поверхность частиц, тем быстрее они прилипают к пузырькам и тем меньше энергии требуется затратить при этом.

Пузырьки воздуха играют положительную роль, являясь носителями частиц флотируемого минерала. Адсорбция газов из атмосферы на поверхности минеральных частиц образует газовые пленки, гидрофобизирующие минерал. Адсорбция газов может изменять поверхностные свойства минералов, например окисление сульфидов кислородом ухудшает флотируемость.

Большое значение для флотации имеет растворимость воздуха в воде и ее изменение в зависимости от температуры и давления. Газы, активно взаимодействующие с водой (углекислый и сернистый газы, сероводород, аммиак и др.), растворяются в значительных количествах. При растворении смеси газов (например, воздуха) растворимость каждого из составляющих зависит от его парциального давления в смеси (закон Генри).

В местах перепада давлений во флотационных машинах активно выделяются воздушные пузырьки из раствора. На использовании таких пузырьков основано применение ряда типов флотационных машин. Первоначально закрепившиеся на поверхности минеральных частиц микропузырьки, выделившиеся из раствора, активируют прилипание к этим частицам крупных пузырьков и в итоге интенсифицируют процесс флотации в целом.

Для успешного ведения процесса флотации наряду с большим числом других параметров необходимо обеспечивать определенную крупность пузырьков и скорость их всплытия.

Рассмотренные выше в общих чертах основные факторы, влияющие на успешное ведение флотации, позволяют определить направления интенсификации процесса. Условно их можно разделить на технологические и конструктивные. К технологическим относятся поиск и разработка новых реагентов, исследование реагентных режимов и определение рациональных для каждого вида сырья, условия подготовки реагентов и введения их в процесс, способы обработки питания флотации реагентами и методы его подготовки и др.

Конструктивные направления предполагают разработку конструкций флотационных камер и аэраторов, обеспечивающих усреднение пульпы, необходимую степень аэрации, гранулометрический состав воздушных пузырьков, снижение отрывающих сил инерции, своевременный сьем флотационной пены, высокую производительность, снижение металло- и энергоемкости оборудования.

Цель исследований. Задачей исследований является усовершенствование способа формирования заданного распределения газовых пузырьков по размерам в процессе флотации путем воздействия на поток пульпы высокоэнергетического ультразвука на базе технологии ультразвуковых фазированных решеток.

Изложение материала и результаты. Перспективным направлением формирования функции распределения газовых пузырьков по размерам является использование регулируемого воздействия динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука.

Управление может быть реализовано путем изменения интенсивности и частоты ультразвукового воздействия. Воздействие на поток пульпы высокоэнергетическими ультразвуковыми колебаниями определенной интенсивности и частоты приводит к изменению концентрации газовых пузырьков и перераспределению их по размерам.

Характер этого перераспределения зависит от размеров самих пузырьков, частоты и интенсивности воздействующего излучения [5]. Для решения поставленной задачи удобно формировать управляющее воздействие на основе динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука с использованием технологии фазированных решеток, имеющей ряд преимуществ по сравнению с традиционными одноэлементными преобразователями.

При воздействии ультразвука на пузырек, окруженный жидкостью, он претерпевает изменения объема, соответствующие изменениям давления ультразвука.

Однако из-за вязкостных, тепловых потерь и ослабления радиационного давления на границе газ-жидкость, ультразвуковые колебания вызывают радиальные колебания пузырька, влияющие на его объем и приводят к перемещению пузырька в пространстве. Пузырек принимает трансляционное движение. На рис. 1 представлена зависимость возбуждающего давления P от времени t , которое задается в виде короткого импульса, полученная при моделировании программно-техническими средствами пакета Bubblesim (Matlab) [7]. Аналоговый импульсный сигнал давления в частотной области с помощью спектральной функции представлен на рис. 2.

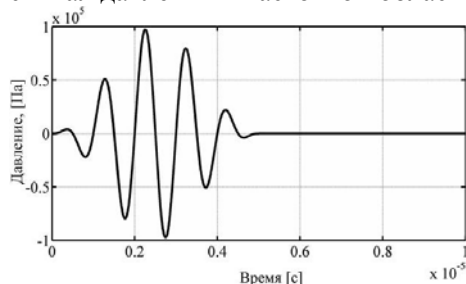


Рис. 1. Зависимость давления ультразвукового импульса от времени для амплитуды давления 100 кПа и частоты 1 МГц

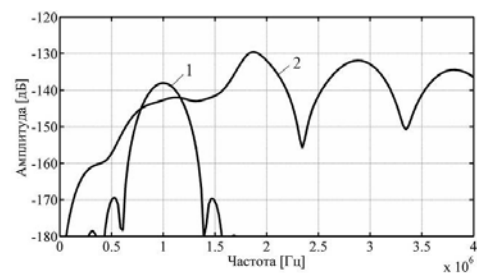


Рис. 2. Спектр мощности сигнала давления $P(t)$, как функция амплитуды A этого сигнала от его частоты f

На рис. 3 показана зависимость радиуса газового пузырька от времени для ультразвукового воздействия с амплитудой давления 100 кПа и частотой 1 МГц. На рис. 4 изображено пульсацию газового пузырька согласно уравнению Рэля-Плессета при его свободных колебаниях, и под действием ультразвуковой волны, полученную при моделировании программно-техническими средствами пакета Matlab.

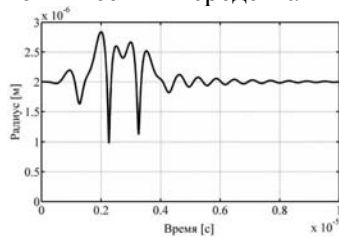


Рис. 3. Зависимость радиуса газового пузырька от времени для ультразвукового воздействия с амплитудой 100 кПа и частотой 1 МГц

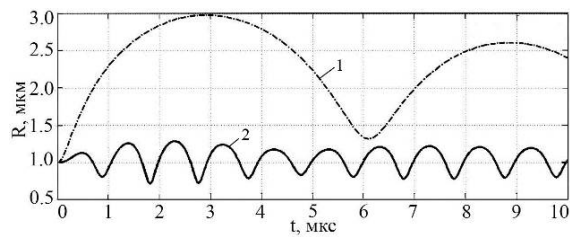


Рис. 4. Пульсации газового пузырька в воде согласно уравнению Рэля-Плессета (1 – свободные колебания, 2 – под действием ультразвуковой волны с частотой 1 МГц и амплитудой давления 25 кПа)

С учетом изложенного, для реализации способа в рабочей зоне флотационной машины, в каждый текущий момент времени, с помощью фазированной решетки формируется ультразвуковое воздействие определенной интенсивности и частоты, что позволит получить необходимую функцию распределения газовых пузырьков по размерам в потоке пульпы.

Выводы. Исследованы процессы изменения размеров газового пузырька в пульпе под воздействием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука. Результатом исследований стало описание нелинейных колебаний пузырька и сравнение полученных зависимостей изменения его размера с течением времени в обычных для него условиях и под воздействием ультразвуковой волны с заданной частотой и интенсивностью. Результаты моделирования процесса воздействия высокоэнергетического ультразвука на газовую фазу пульпы и результаты проведенных опытно-промышленных испытаний предлагаемого метода оптимизации процесса флотации свидетельствуют о том, что такой подход позволяет реализовать эффективное управление составом газовой фазы пульпы, повысить качество получаемого концентрата и энергоэффективность всего технологического процесса.

Список литературы

1. Гарковенко Е.Е. Особенности флотации и обезвоживания тонкодисперсных углесодержащих материалов / Е.Е. Гарковенко, Е.И. Назимко, А.И. Самойлов и др. // Донецк: Норд-Пресс, 2002. - 266 с.
2. А.С. Голиков, В.Г. Науменко, С.О. Федосеева, Е.И. Назимко Моделирование работы водно-шламовой системы, процессов обезвоживания и флотации при обогащении угольных шламов // ГИАБ - 2013 - №2. - С. 75-81.
3. A.N. Korchevskiy, Ye.I. Nazimko at al. Simulation of coal separation and dehydration processes // Proceedings of XVII International Congress of Coal Preparation. – Turkey. – 2013. – P. 495-501.
4. Lena Nazimko, Nataliya Zviagintseva, Alona Nad Modelowanie elementarnego aktu flotacji (Modeling of Flotation Elementary Act) // Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society - 2013. – Rocznik XIV - №1(31) - p. 43-48.
5. V. Morkun Iron ore beneficiation processes optimization / [V. Morkun, S. Goncharov, A. Pikilnyak, A. Krivenko].- ТЕКА. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 2012.- Vol. 12.- №.4.- P.162-166.
6. Kohout B., Transducer Array Calculation (TAC) GUI., <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/35657-transducer-array-calculation-tac-gui>.
7. Hoff L. Ultrasound Contrast Bubble Simulation, <http://home.online.no/fam.hoff/Bubblesim/Bubblesim.htm>

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 621: 622.276

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

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ТЕРМОСТІЙКІ ТАМПОНАЖНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО РОЗШИРЮЮТЬСЯ ПРИ ТВЕРДІННІ

Наведена характеристика чинників, що впливають на якість розмежування пластів. Проведено аналіз якості цементування обсадних колон на бурових підприємствах України. Запропоновано нові термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні, для цементування глибоких нафтових і газових свердловин.

Ключові слова: цементне кільце, термостійкий тампонажний матеріал; тампонажний матеріал, що розширюється

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. При бурінні свердловин на площах Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) трапляються випадки неякісного цементування обсадних колон. Найбільш актуальною ця проблема є для експлуатаційних колон і зумовлена тим, що кріплення геологічного розрізу експлуатаційною колоною є етапом закінчення свердловини, а неякісне цементування може звести нанівець результати всього процесу її будівництва. Від якості розмежування пластів залежать термін функціонування свердловини, тривалість її безводної експлуатації, можливість використання різних методів впливу на пласт та надійність роботи нафтових і газових свердловин.

З метою охорони навколишнього середовища в свердловині повинно виключатись сполучення продуктивних пластів з непродуктивними та з поверхнею Землі через заколонний простір. Надійність і довговічність розмежування пластів забезпечується непроникністю цементного кільця та якісним його контактом з обсадними трубами, гірськими породами розрізу свердловини, а також термо- і корозійною стійкістю цементного каменю в умовах високих температур і тисків та дії агресивних середовищ.

Наслідком неякісного цементування експлуатаційних колон є виникнення заколонних газонафтоводопроявів (ГНВП) і міжколонних перетоків. З аналізу промислових даних [1] бачимо, що від 10 до 60 % свердловин на родовищах газу в Україні мають заколонні перетоки, що свідчить про їх непридатність до експлуатації. Для ліквідації заколонних ГНВП і перетоків потрібні значні фінансові затрати. Крім того такі роботи не завжди ефективні і потребують великих затрат часу.

Заколонні перетоки, що виникають у процесі освоєння та експлуатації нафтових і газових свердловин, внаслідок неякісного цементування обсадних колон, є однією з найгостріших проблем, яка спричиняє непоправні втрати нафти і газу, забруднення надр, погіршення екологічної обстановки, створює загрозу пожеж.

Збільшення кількості свердловин із заколонними перетоками [2] свідчить про недостатню ефективність технологій їх кріплення, що застосовуються на цей час (недосконалість технічних засобів і тампонажних матеріалів), які не запобігають виникненню каналів у цементному камені та на контакті його з породою і обсадною колоною, руйнуванню цементного кільця від різних навантажень.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз якості кріплення нафтових і газових свердловин за останнє десятиріччя стандартними тампонажними матеріалами в умовах ДДЗ свідчить про недостатню якість зчеплення цементного каменю з обсадною колоною [3].

Унаслідок неякісного кріплення, у ВАТ "Укрнафта" за останні роки більшість фонду видобувних свердловин експлуатується з рівнем обводнення понад 70 %, однією із причин якого є виникнення заколонних перетоків води між пластами з різним тиском на різних стадіях розробки родовища [4].

Міжпластові тиски (МТ) виникають як в процесі закінчення, так і експлуатації свердловин. Аналіз, проведений по деяких родовищах нафти і газу за період з 1976 р. [5] свідчить, що МТ виявлені у значній кількості свердловин ще до здачі їх в експлуатацію. Так в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" 23,5 % газових свердловин, у яких МТ виникли на стадії спорудження, в ГПУ "Полтаванафтогазвидобування" таких свердловин 16,7 %.

За даними [5] в процесі закінчення свердловин на родовищах ДП "Укрбургаз" лише за п'ять років (з 1976 р.) МТ в експлуатаційних колонах зафіксовані в Шебелинському ВБР на 14 свердловинах (51, 53 Кременівська, 597, 624, 634, 638, 640 Шебелинська, 50 Новоселівська, 35, 57, 79, 90 Меліхівська, 50 Мироліобівська, 56 Дружелюбівська), Хрестищинському ВБР на 6 свердловинах (77 Розпашівська; 77 Стрілківська; 176, 213, 221, 262 Хрестищинська), Полтавському ВБР на 1 свердловині (59 Гадяцька), Лисичанській ЕГБ на 1 свердловині (14 Лобачівська).

За даними аналізу Полтавського відділення УкрДГРІ за вісім років (з 1980 р.), в ДП "ПНГГ" і ДП "ЧНГГ" на етапі закінчення свердловин в експлуатаційних колонах зафіксовано сім випадків заколонних перетоків пластових флюїдів з МТ (2 Шевченківська, 21 Куличихінська, 12,21 Матвіївська, 60 Перещепинська, 2 Мачухська, 15 Іскрівська), десять випадків негерметичності експлуатаційної колони, однією з причин якої була негерметичність цементного кільця (2 Голіковська, 1 Коробчинська, 21,22 Куличихінська, 2 Комишнянська, 2 Краснозаярська, 22 Котелевська, 13 Шевченківська, 60 Перещепинська, 422 Східно-Розумовська), у двох випадках, за даними акустичного цементоміра (АКЦ), контакт цементного каменю з експлуатаційною колоною був відсутній або частково відсутній (2 Мачухська, 11 Голіковська).

За даними [5] в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" на протязі шести років (з 1995 р.) в різний час знаходилось від 81 до 102 свердловин, в яких середній відсоток з МТ становив 6,7 %. В ГПУ "Полтавагазвидобування" ДК "Укргазвидобування" протягом п'яти років (з 1995 р.) середній відсоток з МТ склав 1,3 % від загальної кількості (від 265 до 313) свердловин. Аналіз даних по цих підприємствах свідчить, що кількість свердловин з МТ зростає внаслідок вводу в експлуатацію нових свердловин, виникнення МТ в процесі експлуатації свердловин та після невдалих ремонтних робіт по їх ліквідації.

За даними [6-8] на підземних сховищах газу (ПСГ) також спостерігаються МТ. Кількість свердловин з МТ тут коливається від 10 до 60 % [1]. З 300 свердловин на ПСГ у 25 % виявлено МТ з різними величинами (на 50 % свердловин МТ до 0,1 МПа, на 25 % - 0,1-1,0 МПа, на 20 % - 1,0-3,0 МПа, на 5 % - 3,0-5,0 МПа, на деяких свердловинах МТ вищі 5,0 МПа).

За даними аналізу промислового матеріалу [9], на усіх ПСГ Прикарпаття є свердловини здані в експлуатацію з МТ, кількість яких в середньому становить 6,6 % від загального фонду свердловин. З 96 свердловин на ПСГ, пробурених у 1986 році Стрийським ВБР у західному регіоні України, 23 % виявились негерметичними за причиною неякісного цементного кільця і негерметичності експлуатаційної колони [10].

Операції з ліквідації МТ потребують багато часу, значних матеріальних затрат і часто не ефективні. За даними [4] на протязі шести років (з 1995 р.) в НГВУ "Полтаванафтогаз" ВАТ "Укрнафта" МТ виникли повторно на 70,5 % газових свердловин, де вже проводились ремонтно-ізоляційні роботи, в ГПУ "Полтавагазвидобування" МТ виникли повторно на 41,7 % свердловин. За статистичними даними [11], в об'єднаннях "Головтюменьнафтогазу" (Росія) час на ліквідацію міжпластових перетоків на 21 % перевищував середню тривалість проводки свердловини, а затрати становили 13 % від вартості свердловин.

Необхідною умовою для якісного розмежування пластів є правильно підібрана технологія процесу цементування за колонного простору свердловини. Залишки в затрубному просторі каналів, заповнених буровим розчином з низьким значенням динамічного напруження зсуву, визначають шляхи перетоків пластового флюїду. Можливим шляхом для міграції пластового флюїду є фільтраційна кірка, при наявності якої на межі розділу гірської породи та цементного каменю можуть утворюватись порожнини внаслідок втрати води фільтраційною кіркою.

На основі аналізу промислового матеріалу встановлено, що основними причинами міжпластових перетоків є:

- тріщини, які виникають в гірському масиві в процесі буріння свердловини;
 - неповне витіснення бурового розчину в процесі цементування;
 - не змита глиниста кірка;
 - канали, утворені в тампонажному розчині на контакті з іншими поверхнями, внаслідок відділення води;
 - канали, утворені газом, що піднімається по стовпу тампонажного розчину;
 - порожнини в тілі цементного каменю, який не встиг набрати достатньої міцності, заповнені надлишковою водою замішування;
 - щільності між глинистою кіркою і гірською породою заповнені водою;
 - порожнини між глинистою кіркою і тампонажним каменем, заповнені водою, які виникають внаслідок синерезису фаз бурового і тампонажного розчинів;
 - зазори між тампонажним каменем та обсадними трубами і стінками свердловини, що утворюються внаслідок відділення з тампонажного розчину надлишкової води і контракції;
 - тріщини, які з'являються в тампонажному камені в процесі перфорації продуктивного горизонту.
- Нестабільність технологічних параметрів тампонажного розчину в процесі його приготування призводить до формування в затрубному просторі неоднорідного стовпа тампонажного розчину, седиментації твердої фази та відділення надлишкової води.

Унаслідок цього в за колонному просторі утворюються заповнені водою порожнини, а в похило-спрямованих свердловинах може формуватись канал вірогідної міграції флюїду.

За даними [12, 13] при цементуванні свердловин звичайними тампонажними матеріалами, в інтервалах залягання непроникних порід і міжколонного простору утворюється камінь з деформацією усадки і високою проникністю. В таких інтервалах контакт каменю з обсадною колоною і породою погани. Це може бути однією з причин міграції флюїдів.

Постановка завдання. У даний час при цементуванні свердловин бурові підприємства України використовують переважно стандартний тампонажний портландцемент ПЦТІ-100, ЦЗС на базі ПЦТІ-100 і ЗК ТЕС, будівельний портландцемент ПЦІ-500-Н та спецементи ШПЦС, ПЦТШ-Пол 5-100, ЦТП 1,5-100, ЦТО-100, ОШЦ [14]. Водночас, дослідженнями [3,15] доказано, що при твердінні цементний камінь з багатьох тампонажних цементів має тенденцію до деформації усадки, дія якої є негативним фактором для надійного розмежування пластів. Як правило, це є головною причиною неякісного цементування. Тому актуальною є проблема надання тампонажним цementsам властивості розширюватись в процесі тужавіння.

Цементи, які розширюються при тужавінні, є змішаними в'язучими матеріалами, які складаються здебільшого з основи і розширювального компоненту.

Технологія їх одержання складна, а вартість таких матеріалів, враховуючи дороговизну вихідних матеріалів, досить висока [16,7]. До того ж на роботи з кріплення припадає значна сума (20-22 %) від загальної вартості робіт по будівництву свердловин. Тому і сьогодні проводяться роботи по створенню недорогих і ефективних тампонажних матеріалів, які розширюються при твердінні.

Протягом останніх десятиріч нафтові й газові свердловини досягли великих глибин, у зв'язку з цим виникла необхідність застосування термостійких тампонажних матеріалів, які розширюються при твердінні. Сировиною для таких тампонажних матеріалів є малоактивні мінеральні відходи промисловості.

У процесі видобування та переробки значна частина природної мінеральної сировини перетворюється у відходи або побічні (техногенні) продукти промисловості. Щорічно в нашій державі утворюється велика кількість відходів доломітового виробництва та золошлакових відходів ТЕС, з яких утилізується не більше 12 % [18]. Ці техногенні продукти в комбінації з іншими в'язучими матеріалами можуть широко застосовуватись для виробництва термостійких тампонажних сумішей, які розширюються в процесі твердіння.

Викладення матеріалу та результати. З метою підвищення якості кріплення свердловин, зокрема продуктивних горизонтів, в умовах дії високих температур (70-160 °С) та полі мінеральної агресії, спільно з Полтавським відділенням УкрДГРІ, запропоновано спеціальну домішку до тампонажних цементів - модифіковану природну суміш неорганічних з'єднань кальцію і магнію, на основі якої розроблено рецептури термостійких тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні.

В різних рецептурах нових тампонажних сумішей як в'язуча основа використовується один з типів в'язучого матеріалу: тампонажний портландцемент ПЦТІ-100, шлакопідсаний цемент спільного помелу ШПЦС-120 або цементно-золова суміш (ЦЗС) - 1:1, а як компонент, що розширюється в процесі тужавіння, спеціальна домішка - 5-20 масових часток % меленого доломітового борошна (муки) обпаленого (ДМО).

Доломітове борошно обпалене є побічним продуктом виробництва металургійного доломіту, що накопичується в процесі випалювання доломітової руди в обертових печах. ДМО потребує домелювання в шарових млинах. Мелене ДМО являє собою порошкоподібний матеріал світло-сірого кольору густиною 3100-3300 кг/м³ з питомою поверхнею 270-380 м²/кг, залежно від фракційного складу.

Хімічний склад її масових часток %: СаО - 50-60, MgO - 28-30, SiO₂ - 6-8, R₂O₃ (полупторні окисли алюмінію і заліза) - не більше 5-9, втрати маси у процесі випалювання (в.п.в.) - 2,5.

Нові термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні, випробувані в автоклавних умовах в інтервалі температур 70-160 °С.

В табл. 1 наведено основні технологічні властивості нових тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні.

Таблиця 1
Технологічні властивості нових тампонажних матеріалів, що розширюються при твердінні

Склад тампонажного матеріалу, мас. часток %				В/С	Розширення, %			Міцність при стисненні через 2 доби/28 діб, МПа		
ПЦТІ-100	ШПЦС-120	ЦЗС-1:1	ДМО		70°С, 30 МПа	100°С 40 МПа	160°С 60 МПа	70°С, 30 МПа	100°С 40 МПа	160°С 60 МПа
95	-	-	5	0,50	1,5	1,9	2,1	11,7/12,9	12,8/13,9	-
80	-	-	20	0,50	5,1	6,3	6,7	5,7/6,8	9,4/9,9	-
-	95	-	5	0,50	1,3	1,7	1,9	10,0/11,2	8,8/9,9	9,1/10,2
-	80	-	20	0,50	4,2	5,3	5,5	5,4/6,5	9,2/9,7	9,3/9,7
-	-	95	5	0,50	1,1	1,5	1,7	8,5/9,5	8,8/9,6	9,0/9,7
-	-	80	20	0,50	2,2	2,9	3,2	6,5/6,9	8,5/9,4	-

Такі тампонажні матеріали мають коефіцієнт розширення 1,1-6,7 % залежно від типу в'язучого, кількісного вмісту розширювального компонента і температури випробувань, високу термостійкість та високі показники міцності.

Терміни прокачування нових тампонажних матеріалів легко регулюються за допомогою стандартних сповільнювачів, наприклад, нітрлотриметилфосфонові кислоти (НТФК).

Необхідна кількість домішки розширювального компонента залежить від пластової температури у свердловині. Із збільшенням температури кількість домішки ДМО зменшується.

Механізм розширення розроблених тампонажних сумішей, реалізується за рахунок утворення гідроксидів кальцію і магнію, кристали яких мають більший об'єм, ніж вихідні оксиди. Термостійкість нових тампонажних матеріалів обумовлена фазовим складом продуктів тузавіння за підвищених температур і тисків та тривалого автоклавовання. Серед новоутворень в таких тампонажних композиціях переважають термодинамічно стійкі за високих температур сполуки – низькоосновні гідросилікати кальцію типу CSH(V) і тоберморит.

Приготування нових тампонажних сумішей може здійснюватись на бурових майданчиках, шляхом змішування тампонажного цементу і домішки перетарюванням через цементозмішуючі машини протягом трьох циклів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Дослідженнями встановлено, що застосування меленого доломітового борошна обпаленого в якості домішки до тампонажних цементів, що розширюються при твердінні, дає змогу підвищити міцність тампонажного каменю та зменшити його проникність. Застосування нових тампонажних матеріалів дозволяє підвищити якість розмежування пластів у глибоких нафтових і газових свердловинах, зокрема високонапірних нафтових і газових горизонтів.

На даний час нова мінеральна домішка - мелена ДМО та розроблені на її основі термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються під час тузавіння, успішно впроваджуються в експлуатаційному бурінні на бурових підприємствах БУ «Укрбургаз» при цементуванні глибоких нафтових і газових свердловин. Результатом впровадження є підвищення якості цементування обсадних колон у глибоких нафтогазових свердловинах.

Список літератури

1. Інструкція щодо визначення умов використання газових свердловин з наявністю міжколонного тиску, пробурених на шельфі Чорного і Азовського морів / затв. Держнафтогазпром України, ВАТ "Український нафтогазовий інститут", ДВП "Чорноморнафтогаз" 1997. – [Термін дії не встановлений]. – К.: Держнафтогазпром України, 1997. – 11 с. – (Нормативний документ).
2. Впровадження розширювального тампонажного матеріалу під час кріплення свердловин у складних гірничо-геологічних умовах / **С.В. Тріфонов, С.В. Чеканов, А.Б. Скочеляс** [та ін.] // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 3. – С. 30 – 32.
3. Аналіз причин неякісного розмежування пластів в умовах Дніпровсько-Донецької западини / **Р.В. Бандур, О.В. Лужаниця, С.Г. Михайленко** [та ін.] // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2003. – № 3. – С. 127 – 130.
4. **Лігоцький М.В.** Підвищення якості кріплення нафтогазових свердловин в зоні продуктивних горизонтів / **М.В. Лігоцький, І.І. Наритник** // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 6. – С. 23 – 25.
5. **Лазаренко О.Г.** Удосконалення тампонування газових свердловин (на прикладі родовищ Дніпровсько-Донецької западини): дис. ... канд. техн. наук: 05.15.10 / **Лазаренко Олександр Григорович**. – Івано-Франківськ, 2002. – 163 с.
6. Контроль за роботою свердловин з міжколонним тиском. Ліквідація міжколонних тисків на родовищах і ПСГ АТ "Укрнафтогаз": Звіт НДР (заклучн.) / Український науково-дослідний інститут природних газів. – 100 УГП/95, 9746.56/96.96); № 0195.018633; Інв. № 0-3064. – Харків, 1996. – 55 с.
7. Контроль за роботою свердловин з міжколонними тисками. Пропозиції по ліквідації міжколонних тисків на родовищах і ПСГ: Звіт про НДР (заклучн.) / Український науково-дослідний інститут природних газів. – 100 УГП/95-98 (46.244/97-98); № 01.95.U018633; Інв. № 0-3181. – Харків, 1998. – 40 с.
8. **Навроцкий Б.И.** Основные результаты цементирования скважин подземных хранилищ газа Прикарпатья / **Б.И. Навроцкий**. – Ивано-Франковск, 1987. – 15 с. – Деп. в УкрНИИТИ 29.09.87, № 2766-Ук87.
9. **Баранецкий М.В.** Підвищення якості кріплення свердловин підземних сховищ газу Прикарпаття: автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.10 "Буріння свердловин" / **М.В. Баранецкий**. – Івано-Франківськ, 1999. – 17 с.
10. Разработка и внедрение технологии применения тампонажного раствора для качественного крепления эксплуатационных колон при строительстве скважин на ПХГ ВПО "Укрнафтогаз": Отчет о НИР (заклучительн.) / Украинский научно-исследовательский институт природных газов. – (01.Ц.04.03.04.03.21/87.90)/ 21.21.03; № 01870082165; Інв. № 0-2178. – Харьков, 1987. – 119 с.

11. **Ашрафьян М.О.** Технология разобращения пластов в осложненных условиях / **Ашрафьян М.О.** - Недрa, 1989. – С. 11.
12. **Данюшевский В.С.** Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов / **Данюшевский В.С.** – М.: Недрa, 1978. – 293 с.
13. **Гамзатов С.И.** Применение вяжущих веществ в нефтяных и газовых скважинах / **Гамзатов С.И.** - М.: Недрa, 1985. – 148 с.
14. Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва тампонажних матеріалів в Україні / **В.Ф. Горський , П.В. Горський , Ю.Ф. Шевчук** [та ін.] // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 5. – С. 19 – 20.
15. **Булатов А.И.** Тампонажные материалы / **А.И. Булатов, В.С. Данюшевский** . – М.: Недрa, 1987. - 280 с.
16. **Михайлов В.В.** Расширяющийся цемент и его применение в строительстве / **В.В. Михайлов, Б.Г. Скрамтаев, Э.З. Юдович** // Цемент. – 1949. – № 12. – С. 4.
17. **Кравченко И.В.** Расширяющиеся цементы / **Кравченко И.В.** – М.: Госстройиздат, 1962. – С. 34.
18. **Дмитриев А.И.** Проблемы использования техногенных материалов при производстве цемента / **А.И. Дмитриев, В.Е. Каушанский** // Цемент. – 1988. – № 9. – С. 2 – 3.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 629.353: 622.682

І.Б. СТЕПАНКІНА, старший викладач, Криворізький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ КАР'ЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

Проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Визначено напрямок дослідження закономірностей такої взаємодії для збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології. При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту.

У статті проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Відмічено, що об'єктивною є необхідність створення транспортних комплексів, що базуються на одночасному або послідовному використанні двох чи більше видів транспорту в самостійному чи комбінованому використанні. Велике значення при цьому має досягнення збалансованої роботи всіх видів транспорту в комплексі.

Для оптимізації транспортної системи кар'єру необхідно встановити кількісні та якісні показники взаємодії між транспортними процесами та їх обладнанням, а також раціональні співвідношення параметрів кожного виду кар'єрного транспорту в комплексі. Визначено напрямок дослідження закономірностей взаємодії елементів гірничотранспортної системи кар'єрів з метою збільшення її ефективності. На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується провести обґрунтування параметрів надійності експлуатації автомобільно-конвеєрного комплексу глибоких кар'єрів.

Ключові слова: циклічно-поточна технологія, глибокий кар'єр, автомобільно-конвеєрний комплекс, взаємодія, надійність.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології (ЦПТ), що передбачають використання машин циклічної дії та комплексу машин і установок безперервної дії, функціонування яких створює неперервний потік гірничої маси від місця навантаження до поверхні кар'єру.

В Кривбасі ЦПТ запроваджена на кар'єрах Інгулецького, Південного, Північного та Ново-Криворізького гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК).

При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту, оскільки кожен з них має свої технологічні особливості. Вирішення такої проблеми дозволить розробити комплекс заходів для удосконалення гірничотранспортної системи глибоких кар'єрів та підвищення її ефективності.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми проектування і створення транспортних систем глибоких кар'єрів були досліджені в роботах таких видатних учених, як В.В.Ржевський, В.Л.Яковлев, М.В.Васильев, О.О.Кулешов, В.П.Смірнов, Ю.І.Лель, О.О.Співаковський, В.О.Щелканов та ін.

В роботах [1], [2] В.В. Ржевським сформульовано основні вимоги до комплексів обладнання глибоких кар'єрів. Виділено два основних напрямки вирішення проблеми розробки глибоких кар'єрів: запобігання негативним наслідкам зростання глибини кар'єрів та компенсація таких наслідків за рахунок застосування нових технологій і сучасної ефективної техніки.

Фундаментальним є внесок В.Л.Яковлева у теорію формування транспортних систем глибоких кар'єрів. Він запропонував систематизувати такі кар'єри за умовами створення їх транспортних систем: кар'єри поділені на групи, для кожної з яких найбільш пріоритетною є певна окрема послідовність розвитку кар'єрного простору і закономірність формування транспортної системи. Роботи цього автора присвячені розробці методів економіко-математичного моделювання процесів транспортування, дослідженням взаємозв'язків транспортного процесу з суміжними ланками гірничого виробництва, встановленню критерію оцінки порівняльної ефективності варіантів схем транспортування гірничої маси [3], [4].

М.В. Васильєв створив методику експлуатаційних розрахунків кар'єрного автотранспорту з урахуванням специфічних умов відкритих гірничих робіт, дослідив закономірності взаємозв'язку параметрів виїмково-навантажувального, транспортного і збагачувального устаткування при роботі в комплексі з автотранспортом, обумовив доцільну область застосування автомобільного транспорту [5], [6].

О.О. Кулешовим сформульовано принципи оптимізації систем кар'єрного автотранспорту, розроблені більш точні методи розрахунку залежностей між вихідними параметрами транспортного процесу і характеристиками зовнішнього середовища, а також принципи формування оптимальних типажних структур кар'єрного автотранспорту на стадії проектування і у процесі експлуатації [7].

В.П. Смірнов та Ю.І. Лель у роботі [8] розглянули умови ефективної взаємодії автомобільного транспорту з іншими суміжними видами в різних схемах доставки гірничої маси. Основними принципами забезпечення високопродуктивної та ефективної експлуатації транспортних комплексів глибоких кар'єрів автори вважають відповідність параметрів транспортних засобів, що взаємодіють, узгодженість їх продуктивності та тривалості роботи. Особливу увагу приділено визначенню жорсткого взаємозв'язку між елементами систем комбінованого транспорту.

Постановка завдання. Метою роботи є виконання аналізу взаємодії різних видів транспорту глибоких кар'єрів при переміщенні видобутої гірничої маси, а також визначення напрямків дослідження закономірностей такої взаємодії з метою удосконалення і підвищення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

Викладення матеріалу та результати. Автомобільний транспорт експлуатується на відкритих гірничих розробках, тому що має ряд технологічних переваг, головними з яких є мобільність, маневреність, пристосованість до зміни умов проведення гірничодобувних робіт, простота упорядкування дорожніх комунікацій, незалежність роботи автомобілів. При значній різноманітності гірничотехнічних умов відкритої розробки корисних копалин автомобільний транспорт використовується і магістрально, і як складальний елемент при комбінованих схемах транспортування гірничої маси, у тому числі при ЦПТ. При цьому питома вага об'єму перевезень автомобільним транспортом у комбінованих схемах значно більша, ніж при його магістральному використанні [9].

Основними недоліками застосування автомобільного транспорту в глибоких кар'єрах є незначні відстані транспортування, необхідність долання технологічних ухилів, значний вплив кліматичних умов на роботу машин, а також виділення автомобілями токсичних речовин у вихлопних газах. Окрім цього, високі експлуатаційні витрати приводять до зростання вартості транспортування при збільшенні глибини кар'єру.

Залізничний транспорт використовують переважно при розробці значних за площею родовищ великої потужності та спокійного залягання. У глибоких кар'єрах цей вид транспорту працює в основному у верхній та середній зонах до глибини 150-180 м. Основними перевагами залізничного транспорту є висока надійність його роботи в різних кліматичних умовах, значна продуктивність, економічність, а також невеликі витрати на 1 т·км перевезення (у 3-5 разів нижчі, ніж у автомобільного транспорту і у 5-7 разів ніж у конвеєрного). Але при цьому різко зростає загальний об'єм гірничо-капітальних робіт, ускладнюються транспортний доступ до забоїв і організація руху, технологія та механізація відвальних робіт [10].

Конвеєри використовують переважно в комбінації з автомобільним, рідше із залізничним транспортом у комплексах ЦПТ для видачі гірничої маси з нижніх горизонтів кар'єру на поверхню. Круто нахилені конвеєри глибоких кар'єрів, які призначені для транспортування гірничої маси з глибоких горизонтів на поверхню, мають високу метало- та енергоємність. Крім того, на відміну від конвеєрів загального призначення, які є досить надійними машинами, конвеєри глибоких кар'єрів мають недостатню надійність унаслідок особливих умов їх експлуатації. Перевагами конвеєрного транспорту є безперервність та ритмічність транспортування гірничої маси, спрощення загальної організації транспортного процесу і зниження трудомісткості робіт. Конвеєрний транспорт характеризується найменшими витратами енергії на підйом гірничої маси. В умовах глибоких кар'єрів енергетична ефективність конвеєрного транспорту в 1,9-2,2 рази вища, ніж електрифікованого залізничного транспорту та в 2,4-3,0 рази - ніж автомобільного.

Кожний з видів кар'єрного транспорту окремо не має необхідної сукупності технологічних, технічних і економічних переваг. Тому не можна стверджувати, що застосування лише одного виду транспорту без дії інших дозволить проводити транспортування гірничої маси в кар'єрі, особливо глибокому, з достатньою ефективністю. Об'єктивно є необхідність створення транспортних комплексів, що базуються на одночасному або послідовному використанні двох чи більше видів транспорту в самостійному чи комбінованому використанні. Велике значення при цьому має досягнення збалансованої роботи всіх видів транспорту в комплексі.

Автомобільно-залізничний транспортний комплекс найчастіше застосовують у кар'єрах із значним обсягом гірничих робіт та при великих відстанях транспортування. Ефективність використання автомобільно-залізничного комплексу залежить від чіткої взаємодії його складових ланок. Найбільш жорсткою є залежність між обома видами транспорту при безпосередньому перевантаженні гірничої маси на естакадах. Ритмічність взаємодії в цьому випадку визначають розміри перевантажувальних естакад, тому що саме вони забезпечують необхідну пропускну здатність всього комплексу. При використанні перевантажувальних складів нерівномірність роботи транспортного комплексу згладжується, а взаємозв'язок суміжних транспортних ланок слабшає.

Комбінований автомобільно-залізничний транспорт ефективно використовують на кар'єрах Первомайському та Аннівському (Північний ГЗК), №1 ПАТ ЦГЗК, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» Криворізького залізничного басейну (Україна), на Сибайському кар'єрі мідно-цинково-колчеданного родовища (Республіка Башкортостан), на Сарбайському залізничному кар'єрі (Казахстан), на Центральному кар'єрі об'єднання «Апатит» (Росія), на залізничному руднику «Кіруна» (Швеція).

На Каджаранському мідно-молібденовому кар'єрі (Вірменія) самоскидами БеЛаз руда транспортується до рудоспусків, а потім у вагонетках вантажопідйомністю 10-12 т - до бункерів дробильного комплексу. На Сардобському кар'єрі Алтин-Топканського рудника поліметалічних руд (Узбекистан), який веде видобуток руд комплексним способом, руду доставляють самоскидами БеЛаз до рудоспусків, а на горизонті штольні перевантажують у вагонетки ВГ-4 для транспортування до дробарок [11]. На Інгулецькому кар'єрі Криворізького залізничного басейну автомобільно-залізничний транспорт використовують для вивезення розкривних порід.

На кар'єрі Костомукшського ГЗК (Росія) руда автомобільним транспортом доставляється на внутрішньо-кар'єрні перевантажувальні склади, з яких вона залізничним транспортом вивозиться на збагачувальну фабрику [12]. Застосування циклічно-поточної технології з автомобільно-залізничним транспортним комплексом на Соколовсько-Сарбайському ГЗК дозволило зменшити собівартість транспортування гірничої маси на 30 %, а енерговитрати - на 25 %.

При цьому продуктивність праці збільшилась у 1,5 рази. На кар'єрі №1 ПАТ ЦГЗК (Кривий Ріг, Україна) з відкрито-підземною розробкою родовища доставка неокислених кварцитів на дробильно-перевантажувальний комплекс здійснюється кар'єрними самоскидами з двох підземних ділянок - четвертої Південної та другої Північної, які розкриті транспортними штольнями зі спеціальних площадок кар'єру. На цих же площадках проводять перевантаження з шахтного залізничного транспорту на кар'єрні самоскиди [13].

Автомобільно-скіповий транспортний комплекс доцільно використовувати при обмежених розмірах глибокого кар'єру в плані. Кар'єрні самоскиди транспортують гірничу масу в межах кар'єру, а на його борт її піднімають у скіпах. На поверхні після перевантаження гірничу порода доставляється у відвали, а руда - на збагачувальні фабрики. Наприклад, на міднорудному

кар'єрі «Маунт-Морган» (Австралія) руду самоскидами доставляють до рудоспуску, далі вона через дробильну установку транспортується в бункер і подається на поверхню у скіпах [11].

Завантаження скіпових підйомників у кар'єрі виконується безпосередньо зі самоскидів або напівприцепів. Площини розвантаження самоскидів, які зазвичай виконують такими, що розбираються і переносяться у міру переміщення робіт у кар'єрі, монтуються на відмітці проектної глибини кар'єру і на проміжних горизонтах, де проводять гірничі роботи. На поверхні гірничу масу вивантажують із скіпів у бункер, з якого її перевантажують у транспортні засоби наступної ланки комплексу. Перевагою даної схеми є можливість підйому гірничої маси найкоротшою відстанню за мінімального обсягу робіт з проведення транспортних траншей (кут нахилу траси підйому 40-45°). Економічні показники автомобільно-скіпового комплексу визначаються у першу чергу глибиною кар'єра. При обмежених об'ємах перевезення та при глибині розробки 80-100 м ефективною є саме така схема транспортування гірничої маси до борту кар'єра. У цьому випадку вартість транспортування 1 т гірничої маси приблизно на 20-25% нижча, ніж при перевезенні тільки магістральним автотранспортом. При зростанні глибини кар'єру до 150-200 м різниця вартості транспортування збільшується до 30-35%. Наявність двох пунктів перевантаження є недоліком автомобільно-скіпового комплексу транспортування - це збільшує витрати, ускладнює організацію робіт та обмежує область використання даної схеми кар'єрами невеликої промислової потужності.

Найбільш прогресивною комбінованою схемою транспортування є поєднання кар'єрного автотранспорту з конвеєрним. Конвеєр здатний переміщувати гірничу масу, долаючи значні кути нахилу траси транспортування; кар'єрні самоскиди ефективні на коротких відстанях перевезення. Автотранспорт у цьому випадку використовується для переміщення гірничої маси в кар'єрі з подальшим навантаженням її на конвеєр у пункті перевантаження, який зазвичай знаходиться у полі кар'єра. Конвеєрний транспорт створює безперервний магістральний потік скельної гірничої маси з кар'єру, а подачу дробленої гірничої маси на конвеєр забезпечують живильники дробильно-перевантажувальних пунктів (ДПП). Для забезпечення необхідного гранулометричного складу транспортованої гірничої маси розвантаження її проводять у конусні, щоккові, конусно-валкові та шнеко-зубчасті дробарки, а після подрібнення через установки гуркотів навантажують на конвеєр.

Практика проведення гірничих робіт у глибоких кар'єрах при використанні автомобільно-конвеєрного транспорту показує, що найбільш доцільним є використання напівстаціонарних або пересувних ДПП з періодичним перенесенням їх при збільшенні глибини ведення робіт. Економічні показники використання комплексів при розташуванні напівстаціонарних ДПП у кар'єрі зростають при збільшенні глибини кар'єра: вартість транспортування 1 т руди при глибині кар'єра 60-80 м зменшується на 10-15%, а при глибині до 150-200 м відповідно на 25-30% порівняно з транспортуванням лише магістральним автотранспортом. При цьому умови роботи кар'єрних самоскидів є найбільш сприятливими через зменшення довжини відкатки та відсутність затяжних підйомів на борту кар'єра. Використання в комплексі грохотів-віброживильників для попереднього розділення гірничої маси перед подрібненням у дробарці збільшує продуктивність у 1,5-2 рази [14].

Автомобільно-конвеєрні комплекси транспортування гірничої маси застосовують на Інгулецькому та Південному кар'єрах, на Первомайському кар'єрі Північного ГЗК та на кар'єрі № 2 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» Криворізького залізорудного басейну, на Полтавському ГЗК (Україна), на Качканарському, Ковдорському та Оленегорському залізорудних і Гайському діабазовому кар'єрах (Росія), на золотодобувному кар'єрі Мурунтау (Узбекистан), на вапняковому кар'єрі «Вчеларе» (Чехія), на міднорудних кар'єрах «Багдад» (США) і «Реппафіорд» (Норвегія), на кар'єрі «Нідл-Маунтін» (Канада), на гранітному кар'єрі «Дворжак» (США) [11], [12].

У кар'єрі Інгулецького ГЗК технологічна схема передбачає переміщення добутої неокисленої руди із забоїв самоскидами БЕЛАЗ вантажопідйомності 120 і 130 т до приймальних пристроїв концентраційних горизонтів, обладнаних конусними дробарками. Дробильно-перевантажувальні пункти розташовані на додаткових горизонтах -180 і -240 м. На перевантажувальному пункті споруджена кранова естакада з мостовим краном. Продукт з-під решітки з бункера за допомогою живильника надходить на конвеєр; після первісного подрібнення руда похилими конвеєрами в підземних виробках і наземних галереях подається на збагачувальні фабрики.

На Аннівському кар'єрі Північного ГЗК видобуток руди та проведення розкриття ведеться з використанням ЦПТ, до складу якої входять рудний та розкривний дробильно-конвеєрні тракти з дробарками ККД-1500/180, встановленими безпосередньо у кар'єрі. Конвеєр доставляє крупно подрібнену руду в корпус середнього та дрібного дроблення на поверхні. Другий конвеєрний тракт з довжиною траси 2400 м подає розкривну породу на пункт перевантаження в залізничний транспорт.

На Полтавському ГЗК використовується циклічно-поточна технологія, при якій перевантажувальна площадка з приймальним бункером дробарки крупного дроблення ККД-1500/180 розташована на відмітці мінус 25 м, і розвантаження гірничої маси проходить на поверхні кар'єра. У кар'єрі працює мобільний дробильно-перевантажувальний комплекс фірми «Krupp For-dertechnik», що дозволяє зменшити висоту підйому гірничої маси автотранспортом на 107 м. Уперше в умовах Заполяр'я ЦПТ була впроваджена на Ковдорському ГЗК (Кольський півострів, Росія). Загальна висота підйому руди конвеєром першої лінії становить 140 м, довжина конвеєра другої лінії дробильно-конвеєрного комплексу - 464 м.

На концентраційному горизонті розміщені три шокові дробарки ЩДП 15x21. До складу автомобільно-конвеєрного комплексу ЦПТ скельного розкривання входять дві шокові дробарки ЩДП 15x25, система передаточного, двох магістральних, торцевого та поворотного конвеєрів і кар'єрні самоскиди «Caterpillar» вантажопідйомності 136 т.

На Оленегорському кар'єрі ВАТ «Олкон» (Кольський півострів, Росія) руда транспортується самоскидами БеЛаз до бункерів приймального комплексу ЦПТ, подрібнюється шоковими дробарками та піднімається до дробильно-збагачувальної фабрики стрічковим конвеєром, установленим у похилому підземному стволі. На кар'єрі Мурунтау (Узбекистан) циклічною ланкою ЦПТ є кар'єрні самоскиди САТ-785В та Euclid R-170. Поточна ланка системи представлена двома конвеєрними лініями, в кожену з яких входять по два похилих та по одному передаточному, магістральному і відвальному конвеєру. Загальна довжина конвеєрної лінії №1 3375 м, лінії №2 - 5385 м. Три дробильно-перевантажувальні пункти, укомплектовані дробарками КВКД-1200/200, стикують циклічну та поточну ланки комплексу ЦПТ; кожний ДПП може обслуговувати будь-яку з конвеєрних ліній. Організація додаткових догрузочно-накопичувальних складів дозволяє досягти підвищення продуктивності комплексу ЦПТ [12].

В автомобільно-конвеєрному кар'єрному комплексі узгодженню обов'язково підлягають такі параметри взаємодії: вантажопідйомність самоскида і конвеєра та ємність дробарки й акумулюючого бункера, тривалість навантажувально-розвантажувальних операцій та процесу подрібнення руди і просіювання на гуркоті, гранулометричний склад гірничої маси й вага окремих її шматків, типорозміри елементів, їх конструктивна міцність, параметри надійності.

Має враховуватись найбільш повне використання елементів комплексу за вантажопідйомністю та ємністю: перевантаження чи недовантаження не повинні перевищувати 5-8%. Під час навантаження гірничої маси на магістральний стрічковий конвеєр через напрямний бункер має значення співвідношення між крупністю окремих шматків породи та шириною конвеєрної стрічки.

Нерівномірність технічного процесу окремих елементів транспортної системи, складність їх взаємодії між собою, а також з технологічними процесами гірничого виробництва, варіативність параметрів транспортного комплексу в зв'язку зі зміною гірничотехнічних умов у ході розробки родовища вимагають комплексного підходу до вибору шляхів оптимізації системи.

Найважливішим питанням цього процесу є правильний вибір критерію, який повинен враховувати динаміку показників функціонування транспортної системи у часі та питомі приведені витрати й ефективність переміщення гірничої маси також і у суміжних ланках схеми транспортування.

Для досягнення цієї мети необхідно встановити кількісні та якісні показники взаємодії між транспортними процесами та їх обладнанням, а також раціональні співвідношення параметрів кожного виду кар'єрного транспорту в комплексі.

Щоб встановити аналітичні залежності між показниками взаємодії, потрібно провести визначення оптимального складу транспортного комплексу глибокого кар'єру з урахуванням продуктивності, а також вибрати елементи з необхідними технічними характеристиками та розрахувати їх кількість.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проведено аналіз взаємодії різних видів транспорту глибоких кар'єрів для її подальшого удосконалення.

Визначено напрямок дослідження закономірностей такої взаємодії з метою збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

Для використання переваг автомобільно-конвеєрного комплексу та забезпечення його тривалої надійної роботи необхідно провести параметричне узгодження всіх елементів.

На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується провести обґрунтування параметрів надійності експлуатації автомобільно-конвеєрного комплексу глибоких кар'єрів.

Список літератури

1. **Ржевский В.В.** Технология и комплексная механизация открытых горных работ / **В.В. Ржевский**. – М.: Недра, 1980. – 631 с.
2. **Ржевский В.В.** Комплексы оборудования и вскрытие рабочих горизонтов мощных глубоких карьеров / **В.В.Ржевский, В.В.Истомин, В.И.Супрун** // Горный журнал. – 1982. – №11. – С. 27-30.
3. **Яковлев В. Л.** Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / **В.Л. Яковлев**. – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.
4. **Яковлев В.Л.** Перспективные решения в области циклично-поточной технологии глубоких карьеров / **В.Л. Яковлев** // Горный журнал. – 2003. – № 4-5. – С. 51-56.
5. **Васильев М.В.** Транспорт глубоких карьеров / **М.В.Васильев**. – М.: Недра, 1983. – 295 с.
6. **Васильев М.В.** Научные основы проектирования карьерного транспорта / **М.В.Васильев, В.Л.Яковлев**. – М.: Наука, 1972. – 202 с.
7. **Кулешов А.А.** Формирование типовых структур систем карьерного автотранспорта с учетом его мощности и надежности / **А.А.Кулешов** // Материалы пятой Всесоюзной научно-технической конференции по карьерному транспорту, ноябрь 1984 г. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1984. – С.91-93.
8. **Смирнов В.П.** Теория карьерного большегрузного автотранспорта / **В.П.Смирнов, Ю.И.Лель**; под ред. **В.Л.Яковлева**. – Екатеринбург: УРО РАН, 2002. – 355 с.
9. **Ященко Б.Е.** Совершенствование работы автомобильно-конвейерного комплекса с тремя перегрузочными пунктами / **Б.Е.Ященко, А.Н.Костянский, И.В.Баранов, Р.М.Логвинчук** // Вісник КТУ. – 2005. – №10. – С.5-9.
10. Совершенствование транспортных схем выдачи руды для условий ОАО «Южный ГОК»: монография / **М.К.Короленко, В.В.Перегудов, К.А.Федин, А.Л.Романенко, В.П.Протасов**. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 344 с.
11. **Щелканов В.А.** Подземные выработки на карьерах / **В.А.Щелканов**. – М.: Недра. 1982. – 128 с.
12. **Маринов П. Л.** Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / **П.Л.Маринов, А.А.Кулешов, А.Н.Егоров, И.В. Зырянов**; под ред. **А.А.Кулешова**. – СПб.: Наука, 2006. – 387 с.
13. **Комплексная разработка рудных месторождений / А.Д.Черных, В.А.Колосов, О.С.Брюховецкий и др.; под ред. А.Д.Черных**. - К.: Техніка, 2005. - 367 с.
14. **Юдин А.В.** Эволюция перегрузочных комплексов на глубоких карьерах / **А.В.Юдин, В.А.Мальцев** // Горный журнал. - 2002. - №4. - С. 41-44.

Рукопис подано до редакції 25.03.14

УДК 622.232.3

Ю.С. РУДЬ, д-р техн. наук, проф., И.С. РАДЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц.,
В.Ю. БЕЛОНОЖКО, ст. преподаватель, С.Ю. ОЛЕЙНИК, преподаватель
Криворожский национальный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД МАШИНАМИ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Актуальность проблемы исследования процесса разрушения кристаллических горных пород машинами ударного действия обусловлена практической необходимостью повышения их технических характеристик.

Опубликовано ряд работ, в которых рассматриваются явление удара при бурении горных пород машинами ударного действия, описаны и проанализированы теории, применяемые при решении задачи соударения физических тел, изложены результаты экспериментальных исследований процесса разрушения горных пород. В этих работах не учитываются физико-механические свойства горной породы, которые должны приниматься во внимание при определении оптимальных параметров режима бурения.

В настоящей работе предложена физическая модель разрушения кристаллической горной породы машинами ударного действия. На основе этой модели составлено дифференциальное уравнение, которое связывает силу и продолжительность удара бурового инструмента перфоратора с физико-механическими свойствами породы и скоростью ее разрушения. Решение данного уравнения позволило получить зависимости перемещения и скорости движения горной породы, а также проанализировать влияние продолжительности воздействия нагрузки на эти параметры.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современный перфоратор представляет собой машину ударного типа, в которой поршень-ударник совершает поступательно-возвратные движения и наносит удары по хвостовику вращающегося бура с закреплённой на нём буровой коронкой. При обратном ходе поршня происходит прерывистое вращение бура с помощью геликоидальной пары с храповым механизмом или непрерывно посредством встроеного в бурильный молоток двигателя с редуктором. Для очистки забоя от продуктов разрушения породы через осевой канал диаметром 6-7 мм буровой штанги и поршня-ударника или через муфту с уплотнением, одеваемую на хвостовик бура, подают воду или воздух.

Удельная энергия единичного удара перфоратора составляет 10-15 Дж на 1 см диаметра шпура. Применяют перфораторы с пониженной частотой ударов до 1000 уд./мин, с нормальной частотой - 1600-2000 уд./мин и с повышенной частотой - более 2500 уд./мин. Высокочастотные перфораторы применяют только при их установке на буровых каретках с дистанционным управлением из-за чрезмерного уровня шума (до 120 дБ) и вибрации.

Ручные перфораторы массой 10-30 кг предназначены для бурения шпуров глубиной до 3 м и диаметром до 46 мм; колонковые перфораторы массой 50-70 кг - для бурения шпуров и скважин глубиной до 25 м и диаметром до 85 мм; телескопные перфораторы массой 40-50 кг для бурения шпуров и скважин глубиной до 15 м и диаметром до 85 мм. Подача колонковых бурильных молотков с определенным осевым усилием (до 6000 Н) на забой производится автоподатчиками винтового, канатного или поршневого типов.

Пневматические перфораторы работают на сжатом воздухе давлением 0,5-0,6 МПа. Расход воздуха у ручных бурильных молотков 2,5-3,5; телескопных 3,5-5,5; колонковых 9-13 м³/мин; ударная мощность соответственно 1,6-2,1; 1,9-3,7; 4-5 кВт; крутящий момент 12-18; 20-29; 175-245 Дж. С повышением ударной мощности перфоратора и крутящего момента увеличиваются скорость, глубина и диаметр бурения шпуров и скважин. Однако тут нет прямой зависимости и при возрастании крепости пород скорость бурения снижается с 1-2 до 0,15-0,2 м/мин [1]. Актуальность проблемы исследования процесса разрушения кристаллических горных пород машинами ударного действия обусловлена практической необходимостью повышения их технических характеристик.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Опубликовано ряд работ, в которых рассматриваются явление удара при бурении горных пород машинами ударного действия [2], описаны и проанализированы теории, применяемые при решении задачи соударения физических тел, изложены результаты экспериментальных исследований процесса разрушения горных пород [3,4]. В книге [2] К.И. Ивановым получено уравнение, позволяющее определять скорость бурения, и представлен расчет параметров бурильных машин. Работа [3] посвящена теории и методам расчета ударных систем. В ней рассмотрен процесс соударения твердых тел по классической теории удара, приведены основы волновой теории, получены аналитические решения ударных систем, с использованием теории упругости объясняется физический смысл протекающих при разрушении процессов. В монографии [4] представлены исследования по применению энергии удара в процессе бурения горных пород, описан процесс передачи энергии удара горной породе, рассмотрены вопросы соударения бурового инструмента и породы, приводящие к разрушению горной породы.

Однако в этих работах не учитываются физико-механические свойства горной породы, которые, несомненно, должны приниматься во внимание при определении оптимальных параметров режима бурения.

Цель и задачи исследования. В настоящих исследованиях ставится задача создания физической модели разрушения горной породы машинами ударного действия, которая представлена в виде неоднородного объекта с макроскопическими включениями, связанными различными типами прослоек. На основе этой модели планируется составить дифференциальное уравнение, которое связывает силу и продолжительность удара перфоратора с физико-механическими свойствами породы и скоростью ее разрушения. Решение данного уравнения позволит получить зависимости перемещения и скорости движения горной породы, а также проанализировать влияние продолжительности нагружения на эти параметры.

Изложение материала и результаты. Механическая система перфоратора «поршень-ударник - буровой инструмент - горная порода» может быть представлена совокупностью упругих стержней. Для определения напряжений и процессов, возникающих в элементах механической системы, необходимо знать перемещения и скорости движения каждой составляющей.

Кроме того, нужны точные сведения о механических, физических и химических свойствах горных пород, которые зависят от величины и формы зерен, а также их состава.

Для дальнейших исследований введем следующие обозначения: ρ - плотность разрушаемой породы, кг/м³; a - скорость звука в породе, м/с; S - площадь поперечного сечения инструмента, м²; τ - время удара, с; u - перемещение инструмента в породе, м.

Рассмотрим удар бурового инструмента о неподвижную породу в простейшем случае. Пусть сила $F(t)$ прилагается к породе внезапно. Тогда в ближайшей зоне сначала возникнет цилиндрическая волна, которая в дальнейшем преобразуется в сферическую волну. В первый момент сила $F(t)$ вызывает сжатие бесконечно малого элемента породы, непосредственно примыкающего к торцу ударяющего инструмента. Сжатие первого элемента передается следующему элементу и т.д., причем этот процесс будет постепенно развиваться во времени. В любой момент времени сжатой будет лишь некоторая часть общего объема. Можно предположить, что в первый момент времени сжатая часть представляет собой объем некоторого стержня породы (рис. 1, сжатая часть заштрихована). Остальная часть объема еще не испытывает сжатия. Обозначим через a скорость, с которой распространяется деформация сжатия вдоль оси стержня.

В работе [5] показано, что скорость распространения деформации сжатия (скорость волны) определяется выражением

$$a = \sqrt{E/\rho}, \quad (1)$$

где E - модуль Юнга породы.

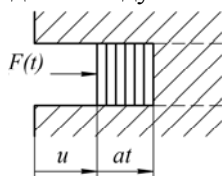


Рис. 1. Удар инструмента о неподвижную породу

Следовательно, скорость распространения деформации сжатия a равна скорости звука в породе.

За время t длина сжатой части стержня равна at . Если сечение стержня равно S , а плотность породы равна ρ , то масса породы в сжатой части породы определяется выражением

$$m = \rho S \cdot at. \quad (2)$$

На рис. 2 показаны силы, которые действуют на сжатый участок породы. Сила $\alpha \dot{u}$ обусловлена вязким трением (α - коэффициент сопротивления), сила cu обусловлена межатомными взаимодействиями в кристаллической решетке породы [5,6]. Такая сила по своей сути подобна упругой силе сжатой пружины. В данном случае силу cu можно назвать квази-упругой силой. Поэтому коэффициент c будем называть коэффициентом жесткости породы. Однако, ввиду того, что порода состоит из отдельных макровключений, разделенных прослойками с различными физико-механическими свойствами, то и коэффициент жесткости c в разных местах породы будет разным.

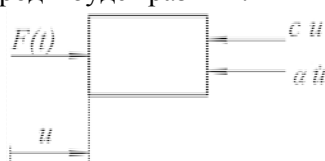


Рис. 2. Схема сил, действующих на сжатый ударной силой $F(t)$ участок породы

Дифференциальное уравнение движения сжатой породы опишем следующим уравнением

$$m\ddot{u} = F(t) - cu - \alpha \dot{u}. \quad (3)$$

Пренебрегая последним слагаемым и воспользовавшись теоремой об изменении количества движения, из уравнения (3) находим

$$\frac{d}{dt}(m\dot{u}) = F - cu. \quad (4)$$

Отсюда

$$d(m\dot{u}) = (F - cu)dt. \quad (5)$$

После интегрирования уравнения (5), получим

$$m\dot{u} - m\dot{u}_0 = (F - cu) \cdot t. \quad (6)$$

Подставим выражение (2) в равенство (6). После сокращения t получим

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{\rho Sa} (F(t) - cu) + \dot{u}_0, \quad (7)$$

где \dot{u}_0 - начальная скорость сжатого объема горной породы.

Выражение (7) полностью совпадает с уравнением (216) работы К.И. Иванова [2]

$$\frac{du}{dt} = \frac{1}{\rho a S_{ин}} [2F(t) - F(u)] + \dot{u}_0. \quad (8)$$

Однако уравнение (216) содержит ряд неточностей. Выполним их анализ.

1. Автор работы [2] утверждает, что « $F(t)$ - «падающий силовой импульс». Подстановка размерностей показывает, что величина $F(t)$ может быть только ударной силой.

Физический анализ работы перфоратора показывает, что зависимость ударной силы от времени в общем случае должна описываться зависимостью

$$F(t) = F_m - \beta t, \quad (9)$$

где F_m - максимальная ударная сила, Н (рис. 3).

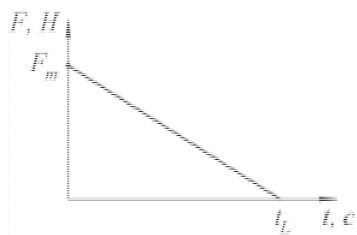


Рис. 3. Зависимость ударной силы $F(u)$ от времени t

Отметим, что время прекращения действия ударной нагрузки t_L определяется конструктивными особенностями перфоратора и физико-механическими свойствами горной породы. К вопросу о влиянии величины $F(u)$ на процесс разрушения породы мы обратимся позже.

2. В работе [2] величина $F(u)$ определена «усилием на контакте как функция перемещения инструмента в породе», т.е. эта величина должна иметь размерность силы.

Физическая сущность величины $F(u)$ автором не раскрывается, но указывается, что экспериментальные данные показали, что при «прямоугольных импульсах и индикаторе с клиновидной формой в зависимости отношения, действующего на контакте между инструментом и породой усилия F к скорости внедрения v при различных амплитудах импульса и углах заострения коронок, можно выделить два участка следующего аналитического вида

$$\frac{F}{v} = \frac{A}{F(t)} \cdot u, \quad \frac{F}{v} = \frac{B}{F(t) - K \cdot u} \cdot u, \quad (10)$$

где A, B, K - постоянные размерные коэффициенты.

Анализ показывает, что обе зависимости (10) - это зависимости вида αu с различными значениями коэффициента α .

Решение дифференциального уравнения (7) позволило найти зависимости перемещения и скорости движения горной породы, которые представлены на рис. 4 и 5.

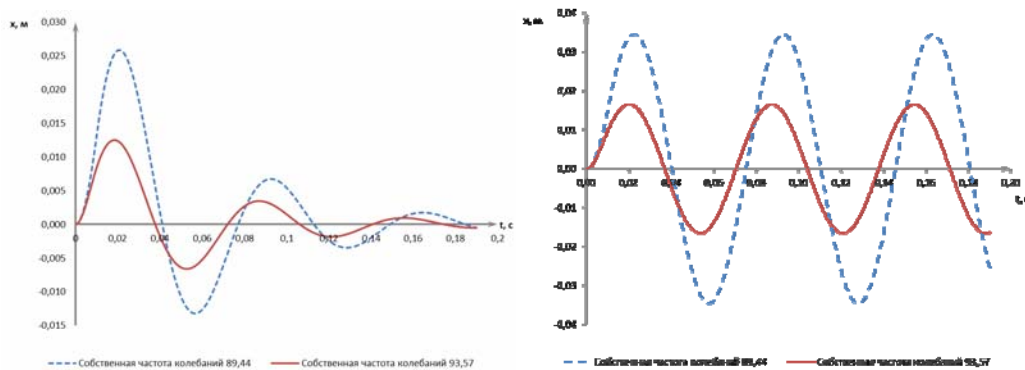


Рис. 4. Перемещение горной породы при времени нагружения системы 0,01 с: а - без учета сил сопротивления, б - с учетом сил сопротивления

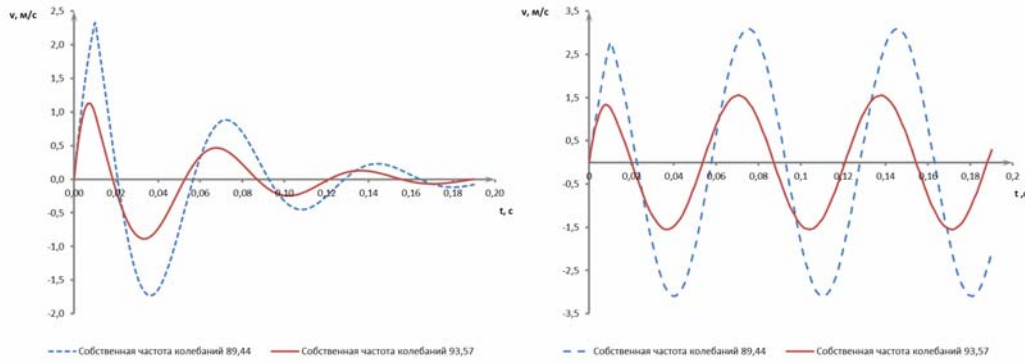


Рис. 5. Скорость движения горной породы при времени нагружения системы 0,01 с:
а - без учета сил сопротивления, *б* - с учетом сил сопротивления

Проанализируем влияние продолжительности нагружения системы. Для этого целесообразно сравнить время нагружения $T_L=0,01$ с периодом собственных колебаний системы T_N .

Период собственных колебаний системы вычислим по формуле $T_N = \frac{2\pi}{\sqrt{c/m}} = \frac{2 \cdot 3,14}{\sqrt{8756}} = 0,06715$ с. Следовательно, расчеты, выполненные ранее, относятся к случаю $T_L/T_N=0,01/0,06715=0,1489$. Рассмотрим случай $T_L/T_N=1$, т.е. когда время нагружения T_L равно периоду собственных колебаний системы $T_N=0,06715$ с.

В этом случае дифференциальное уравнение движения системы без учета сил сопротивления запишем в виде

$$\ddot{x} + 8756x = 317,7 - 4731,2 \cdot t,$$

$$x = \frac{3177}{87560} - \frac{5914}{10945} \cdot t - \frac{3177}{87560} \cdot \cos(2\sqrt{2189}t) + \frac{2957}{23958605} \cdot \sqrt{2189} \cdot \sin(2\sqrt{2189}t),$$

$$\dot{x} = -\frac{5914}{10945} + \frac{3177}{43780} \cdot \sqrt{2189} \cdot \sin(2\sqrt{2189}t) + \frac{5914}{10945} \cdot \cos(2\sqrt{2189}t).$$

Начальные условия после удара $t_1=0,01$ с, $v_1=1,2573$ м/с, $x_1=0,009691$ м.

Тогда

$$\ddot{x} + 8756x = 0; \quad x = \frac{9691}{10^6} \cdot \cos(2\sqrt{2189} \cdot (t - 0,01)) + \frac{12573 \cdot \sqrt{2189}}{43780000} \cdot \sin(2\sqrt{2189} \cdot (t - 0,01)),$$

$$\dot{x} = -\frac{19382}{10^6} \cdot \sqrt{2189} \cdot \sin(2\sqrt{2189} \cdot (t - 0,01)) + \frac{12573}{10^4} \cdot \cos(2\sqrt{2189} \cdot (t - 0,01)).$$

На рис. 6 и 7 представлены зависимости перемещения и скорости движения частицы горной породы при различном времени нагружения.

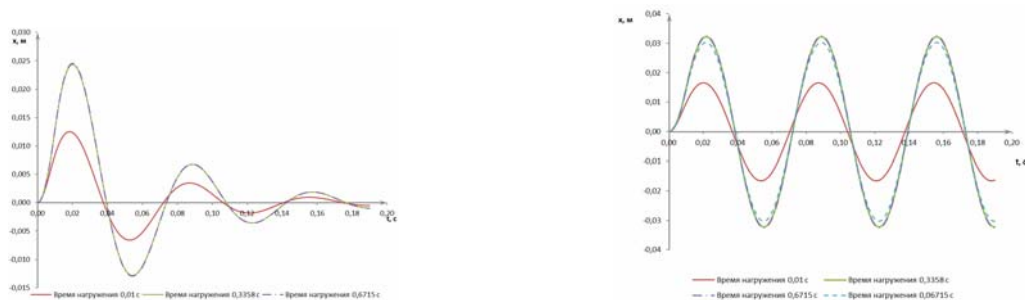


Рис. 6. Перемещение горной породы при собственной частоте колебаний системы 93,57:
а - без учета сил сопротивления, *б* - с учетом сил сопротивления

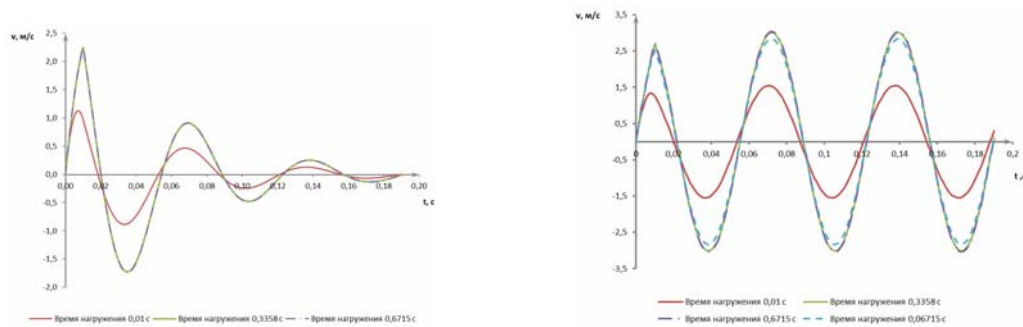


Рис. 7. Скорость движения породы при собственной частоте колебаний системы 93,57: а – без учета сил сопротивления, б с учетом сил сопротивления

Выводы. В настоящей работе предложена физическая модель разрушения кристаллической горной породы машинами ударного действия.

Горная порода представлена в виде неоднородного объекта с макроскопическими включениями, связанными различными типами прослоек.

На основе этой модели составлено дифференциальное уравнение, которое связывает силу и продолжительность удара бурового инструмента перфоратора с физико-механическими свойствами породы и скоростью ее разрушения.

Решение данного уравнения позволило получить зависимости перемещения и скорости движения горной породы, а также проанализировать влияние продолжительности нагружения на эти параметры.

Список литературы

1. Бурильный молоток [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.mining-enc.ru/b/burilnyj-molotok/>
2. Иванов, К.И. Влияние формы ударника на коэффициент передачи энергии удара в породе [Текст] / К.И. Иванов // В сб.: «Горный породоразрушающий инструмент». – Киев: «Техника», 1970.
3. Александров, Е.В. Прикладная теория и расчеты ударных систем [Текст] / Е.В. Александров, В.Б. Соколинский. – М.: Наука, 1969. – 201 с.
4. Шелковников, И.Г. Использование энергии удара в процессах бурения [Текст] / И.Г. Шелковников. – Л.: Недра, 1977. – 159 с.
5. Рудь, Ю.С. Теория разрушения горных пород машинами ударного действия с учетом их кристаллического строения и физико-механических свойств [Текст] / Ю.С. Рудь, И.С. Радченко, С.Ю. Олейник // Гірничий вісник. – 2012. – Вип. 95 (1). – С. 112-117.
6. Протодьяконов, М.М. Свойства и электронное строение порообразующих минералов [Текст] / М.М. Протодьяконов. – М.: Наука, 1969. – 205 с.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

УДК 004.75.056.5: 004.455

В.І. МИХАЙЛІВ, аспірант, Криворізький національний університет

КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ХМАРНИХ СИСТЕМАХ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

Розглядається сучасний стан проблеми захисту інформації в хмарних системах зберігання даних, а також наводяться результати детального критичного огляду переваг та недоліків програмних засобів та методів захисту інформації в хмарних сховищах даних. Виконано аналіз найбільш значних досліджень та патентів. Розглянуто проблеми та вразливості безпеки хмарних систем зберігання даних.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Зростання кількості цілеспрямованих атак на корпоративні інфраструктури, що інтегрують хмарні середовища зберігання даних, вимагає чітко продуманої стратегії об'єднання технологій інформаційної захисту. На даний момент практично кожен з користувачів комп'ютера стикався у своїй роботі з хмарними сховищами даних та може стати потенційною жертвою загроз інформаційної безпеки.

ки, що мають місце виникненню при використанні даних систем. Організація “Cloud Security Alliance” (CSA) [1] та стандарт безпеки хмарних обчислень (NIST Cloud Computing Standards Roadmap) [2] визначають базовий список атак на хмарні системи зберігання даних і список основних завдань, які повинні вирішуватися за допомогою застосування відповідних заходів:

- 31 - загроза (компрометації, доступності і т.ін.) даних;
- 32 - загрози, що породжуються особливостями структури і можливостями архітектури реалізації розподілених систем;
- 33 - загрози неавторизованого доступу до ПЗ, даних і ресурсів;
- 34 - загрози, пов’язані з некоректною моделлю загроз;
- 35 - загрози, пов’язані з некоректним використанням шифрування (необхідне використання шифрування в середовищі, де існують декілька потоків даних);
- 36 - загрози, пов’язані з використанням нестандартних API при розробці;
- 37 - загрози віртуалізації;
- 38 - загрози, що експлуатують розбіжності в глобальних політиках безпеки;
- 39 - загрози, пов’язані з доступом сторонніх осіб до фізичних ресурсів або системам;
- 310 - загрози, пов’язані з некоректно утилізацією (життєвий цикл) персональної інформації;
- 311 - загрози, пов’язані з порушенням регіональних, національних та інтернаціональних законів, що стосуються оброблюваної інформації.

Аналіз досліджень та публікацій. Активні роботи в галузі захисту інформації систем хмарних сховищ даних ведуться такими великими компаніями як Intel, IBM, HP, Oracle, Cisco і Symantec. У табл. 1 наводяться основні класи вразливостей, сформульовані та розв’язані компаніями у своїх продуктах. Якщо питання інформаційної безпеки було вирішено повністю, воно відмічено як “+”, в разі відсутності – “-”.

Таблиця 1

Класи вразливостей хмарних сховищ даних, сформульовані та розв’язані ІТ-компаніями у своїх продуктах

Джерело	Декларовані загрози безпеки										
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	310	311
Intel [3]	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
IBM [4]	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
Oracle [5]	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
VMware [6]	+	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-
HP [7]	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-
Symantec [8]	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+
McAfee [9]	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+

У табл. 2 представлено порівняльний аналіз методів різних вчених по захисту інформації в хмарних сховищах даних.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз переваг та недоліків методів вчених по захисту інформації в хмарних сховищах даних

Метод захисту	Запропонований алгоритм	Переваги	Недоліки та обмеження
Система публічного контролю даних в сховищі [10]	Гомоморфна аутентифікація на основі РКС використовується в протоколі перевірки даних	Хеш-дерево Меркль (МНТ) керує аутентифікацією мітки блоку	Обчислювальні витрати алгоритму BLS значно менші ніж у даного методу
Метод неявного захисту он-лайн даних [11]	Алгоритм розподілу даних на частини для он-лайн збереження даних	Розділені частини даних не можуть дати яку-небудь інформацію про користувачів сервісу	У випадку, якщо користувач забув, де збережено дані, це створює труднощі для користувачів
Метод Third Party Auditing (TPA) [12]	Безпека сховища даних забезпечується з використанням алгоритму BLS	Множинний пакетний контроль даних для різних користувачів одночасно	Нездатність підтримки як публічної перевірки так і динамічної правильності даних
Аутентифікація на основі ідентифікаційних даних [13]	Новий протокол аутентифікації на основі ідентифікаційних даних, що оснований на ієрархічній моделі	Легкий та більш швидкий у виконанні алгоритм	Враховано лише передачу сертифікату

Метод динамічного збереження даних в хмарі [14]	Нова система з використанням алгоритму протоколу зчитування даних для перевірки цілісності даних. Мульти-серверний алгоритм порівняння даних для відновлення даних	Цілісність може бути перевірена до і після запису даних	ТРА не розглядається для процесу перевірки цілісності
Метод Effective and Secure Storage Protocol (ESSP) [15]	ESSP реалізується з використанням криптографії еліптичних кривих та послідовності Соболя	Динамічні операції з даними блочного рівня також використовуються для підтримки тих самих гарантій безпеки	Криптографія еліптичних кривих підходить тільки для пристроїв з обмежено малою потужністю
Метод забезпечення безпеки сховища даних SSD [16]	Універсальна та сучасна структура безпеки для різних типів хмарних сховищ. Хеш SHA, алгоритм GZIP та алгоритм SFSPL	Надано резервне копіювання даних для їх відновлення. Включає в себе основні послуги безпеки, такі як: аутентифікація, шифрування і дешифрування, а також стиснення даних	Резервні копії даних доступні на декількох серверах. Так що існує вірогідність ненадійної роботи серверів

Патенти в предметній області дослідження можна класифікувати за наступними категоріями: засоби виявлення і запобігання розподілених мережових атак на хмарні системи, у тому числі патенти на динамічний захист та ідентифікацію атак, підвищення автоматизації:

US 8,006,285 B1;
US 7,921,462 B2;
WO/2007/142813 та ін.;

системи забезпечення безпеки хмарних середовищ, в тому числі патенти на хмарні брандмауери, механізми обмеження використання ресурсів та валідації додатків, побудова віртуальних каналів міжмережевої взаємодії, системи агентів спостереження та хмарні антивіруси:

WO/2011/072289;
US 8,010,085;
WO/2011/010823;
US 2011083179 (A1);
CN 101827104 (A) та ін.;

системи, призначені для забезпечення безпеки хмарних середовищ, в тому числі: патенти на побудову архітектури інформаційної безпеки; системи ефективної обробки запитів та підтримки виявлення атак; системи управління доступом і надання засобів безпеки; методи, пристрої і засоби для безпечного використання мережових ресурсів хмарних сховищ:

WO/2007/015254;
US 2007039053;
US 6,847,995;
WO/2010/030380;
US 2011219434 (A1);
US 2011072489 (A1) та ін.;

засоби для забезпечення безпеки та цілісності інформації або даних, пов'язаних з користувачем; системи, способи і пристрої, які забезпечують адміністрування та управління правилами і нормами, які регулюють захист інформації; системи і методи, що забороняють будь-які привласнення, несанкціонований доступ, фальсифікацію та розкрадання даних або зміну даних не відповідно до визначеної політики безпеки:

WO 2012035326 A1;
US 8769613 B2;
US 20140250491 A1;
US 20140137214 A1 та ін.

Постановка завдання. Метою цієї статті є аналіз недоліків сучасного стану застосування та досліджень в галузі безпеки хмарних систем зберігання даних, які підтримують конфіденційність даних через механізм контролю доступу до них, а також забезпечення цілісності даних із врахуванням відповідних нормативних і законодавчих вимог.

Викладення матеріалу та результати. Для даних в стані спокою, в даний час провайдери хмарних систем зберігання даних надають своїм користувачам два рішення: серверне шифрування і шифрування на боці клієнта.

Для серверного шифрування власник даних покладається на віддалену службу для забезпечення безпеки його даних, однак, дане рішення має два значних недоліки. Перший з них полягає в тому, що користувач буде відправляти свої конфіденційні дані в незахищеному вигляді, що робить їх вразливими для мережових атак, коли зловмисник може використати вразливості серверів аби досягти даних користувача. В той час як другий недолік полягає в тому, що не існує жодної гарантії, що служба зашифрує дані перед їх збереженням в “хмарі”.

З іншого боку, при шифруванні на боці клієнта, власник даних шифрує свої дані локально на своєму пристрої або за допомогою служби хмарного сховища, як наприклад Wuala [17] або за допомогою програмного забезпечення клієнтського шифрування, такого як TrueCrypt та BoxCryptor [18,19]. Не дивлячись на те, що дане рішення вирішує проблему, воно не охоплює всіх аспектів безпеки.

У програмному забезпеченні, такому як TrueCrypt, дані користувача шифруються за допомогою методології повного шифрування диску (FDE), що шифрує віртуальні жорсткі диски, котрі можуть монтуватися в локальну файлову систему користувача та синхронізуватися з нею. FDE ефективний при захисті конфіденційних даних в певних випадках, таких як викрадення пристроїв для резервного копіювання, проте це не проблема безпеки даних в хмарних сховищах, де фізичне викрадення пристроїв не головна проблема. Крім того, коли зашифровані дані можуть бути окремо використані серед різних користувачів, дані інструменти не допоможуть, якщо ключі шифрування не будуть сумісно розповсюджені серед користувачів по безпечному каналу передачі (або ретельно не продумано систему відкритих ключів PKI). Це явний недолік з точки зору зручності використання даних інструментів [20]. Дані рішення мають той недолік, що процес шифрування і дешифрування покладається на програмне забезпечення на основі ключів, які зберігаються на відповідному клієнтському пристрої і за деяких умов можуть бути доступні не уповноваженим особам.

З іншого боку, провайдери хмарних систем зберігання даних, які забезпечують шифрування на боці клієнта не в кращому положенні, тому що програмне забезпечення клієнта даних послуг може бути схильним до наступних загроз безпеки:

розголошення секретного ключа: клієнтське програмне забезпечення використовує ключ дешифрування, що зберігається на комп'ютері користувача для дешифрування зашифрованих даних, відправлених від провайдера хмарного сховища. Клієнтське програмне забезпечення може відправити цей ключ до провайдера або якого-небудь іншого недовіреного учасника системи;

маніпуляції з файлами: так як дані хмарні сервіси підтримують шифрування з відкритим ключем, відкриті ключі користувачів відомі іншим учасникам, включаючи провайдера. Програмне забезпечення сервера може зашифрувати шкідливий код, використовуючи відкритий ключ користувача. Користувач у свою чергу дешифрує шкідливий код, не виявивши небезпеки. Дана вразливість трапляється тому, що дані зазвичай не підписуються в даному методі;

третя загроза полягає в тому, що на боці провайдера може бути запущений таємний агент, котрий в змозі керувати клієнтським програмним забезпеченням. Даний агент може використовуватися щоб впровадити шкідливий код в програмне забезпечення системи клієнта [21].

Навіть одна з найбезпечніших клієнтських служб хмарного сховища Wuala, що підтримує конвергентне шифрування для файлів та оптимізації збереження за допомогою де-дуплікації, має вразливість від атаки в ході якої зловмисник може ефективно підтвердити, чи володіє ціл певним файлом, шифруючи незашифрований файл, його версію, а потім просто порівнюючи вивід з файлами, що є у власності цілі, наражаючи дані користувача на небезпеку. Тому, більшість спеціалістів з безпеки радить користувачам хмарних сховищ, що для того аби їх дані зберігалися в “хмарі” без витоку конфіденційної інформації, потрібно зашифрувати дані локально, перед тим як завантажити їх у “хмару”. Проте даний метод не гарантує витоку даних та секретних ключів, і це не є можливим, оскільки спричинить велике навантаження на клієнта по керуванню ключами та обслуговуванню, особливо, якщо користувач зберігає великий об'єм даних в “хмарі”.

Існуючі хмарні системи зберігання даних забезпечують тільки основні механізми контролю доступу. Для перешкоджання доступу недовіреному серверам до вразливих даних, традиційні методи зазвичай покладаються на власників даних для шифрування файлів за допомогою симе-

тричного підходу ключем даних, а потім використовуючи відкритий ключ кожного користувача, щоб зашифрувати ключі даних, і тільки користувачі, що мають допустимі ключі, можуть отримати доступ до даних. Дані методи вимагають складних схем керування ключами, і власники даних повинні бути в мережі весь час, щоб відправляти ключі новому користувачу в системі. Крім того, дані методи несуть в собі значні накладні витрати, тому що сервер повинен зберігати кілька зашифрованих копій одних і тих же даних для користувачів з різними ключами.

Дана методологія не може використовуватися зі службами хмарного сховища сумісного використання, що розділяють ролі власника даних від провайдера послуг зберігання даних. Крім того, він не передбачає безпосередню взаємодію між власником даних і користувачем для надання послуги доступу до даних [22,23].

Ще однією широко поширеною методологією застосування політик контролю доступу є забезпечення керування ключами віддаленим хмарним сервером, припускаючи, що сервер є довіреним або наполовину довіреним учасником системи. Тим не менш, сервер не може бути довіреним для власників даних в хмарних сховищах і, таким чином, ці методи не можуть бути застосовані для контролю доступу для хмарних систем зберігання даних.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Огляд основних класів вразливостей хмарної платформи дозволяє зробити висновок, що на даний час не існує готових рішень для повноцінного захисту “хмари” в силу розмаїття атак, що використовують дані вразливості.

У результаті патентного пошуку не було знайдено запатентованих інструментів захисту конфіденційності інформації в хмарних сховищах даних. Практично відсутні вітчизняні промислові розробки в галузі захисту хмарних систем зберігання даних. Є багато питань безпеки, які на сьогодні не достатньо добре проаналізовані та знаходяться ще на стадії розробки. Все це дозволяє говорити про наукову новизну та практичну значущість дослідження методів захисту інформації в хмарних системах зберігання даних.

Список літератури

1. Організація “Cloud Security Alliance” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cloudsecurityalliance.org>
2. Стандарти безпеки хмарних обчислень [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nist.gov>
3. Програмні продукти компанії Intel по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.intel.com/content/www/us/en/enterprise-security/processors-with-built-in-cloud-security.html>
4. Програмні продукти компанії IBM по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www-03.ibm.com/software/products/ru/network-ips>
5. Програмні продукти компанії Oracle по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.oracle.com/us/solutions/cloud/managed-cloud-services/end-to-end/security-services/overview/index.html>
6. Програмні продукти компанії VMware по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vmware.com/ru/products/vcloud-network-security>
7. Програмні продукти компанії HP по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www8.hp.com/ru/ru/business-solutions/solutions-index.html>
8. Програмні продукти компанії Symantec по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.symantec.com/ru/ru/endpoint-protection>
9. Програмні продукти компанії McAfee по захисту інформації в хмарних системах зберігання даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mcafee.com/ru/solutions/cloud-security/cloud-security.aspx>
10. Enabling Public Auditability and Data Dynamics for Storage Security in Cloud Computing / **Q. Wang, K. Ren, W. Lou [et al.]** // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2011. – № 5. – P. 847–859.
11. **Parakh A.** Online data storage using implicit security / **Abhishek Parakh, Subhash Kak** // Information Sciences. – 2009. – № 19. – P. 3323–3331.
12. Introducing Effective Third Party Auditing (TPA) for Data Storage Security in Cloud / **S. Balakrishnan, G. Saranya, S. Shobana [et al.]** // International Journal of Computer Science and Technology. – 2011. – № 2. – P. 397–400.
13. Identity-Based Authentication for Cloud Computing / **H. Li, Y. Dai, L. Tian [et al.]** // Cloud Computing. – 2009. – № 1. – P. 157–166.
14. **Dinesh C.** Data Integrity and Dynamic Storage Way in Cloud Computing / **C. Dinesh** // International Journal of Computer Applications. – 2011. – № 6. – P. 160–165.
15. **Syam Kumar P.** An Efficient and Secure Protocol for Ensuring Data Storage Security in Cloud Computing / **P. Syam Kumar, R. Subramanian** // International Journal of Computer Science. – 2011. – № 6. – P. 261–274.
16. **Sajithabanu S.** Data Storage Security in Cloud / **S. Sajithabanu, E. George Prakash Raj** // International Journal of Computer Science and Technology. – 2011. – № 4. – P. 436–440.
17. Безпечна хмарна система зберігання даних Wuala [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.wuala.com>

18. Клиент TrueCrypt криптографического зашифрования информации по технологии FDE в хмарных системах хранения данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.truecrypt.org>
19. Программное обеспечение Boxcryptor зашифрования информации в хмарных системах хранения данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.boxcryptor.com>
20. Cloud Data Protection for the Masses / **D. Song, E. Shi, I. Fischer [et al.]** // International Journal of Computer Trends and Technology. – 2013. – № 4. – P. 701–706.
21. On the Security of Cloud Storage Services / [**Borgmann M., Hahn T., Herfert M. et al.**]; ed. **M. Waidner**. – Darmstadt : Fraunhofer Institute for Secure Information Technology SIT, 2012. – 146 p.
22. An Efficient Attribute Based Encryption Scheme with Revocation for Outsourced Data Sharing Control / **Y. Ming, L. Fan, H. Jing-li [et al.]** // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2011. – № 7. – P. 516–520.
23. A data outsourcing architecture combining cryptography and access control / **S. De Capitani di Vimercati, S. Foresti, S. Jajodia [et. al.]** // ACM workshop on Computer security architecture. – 2007. – № 7. – P. 63–69.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

УДК 65.011.56: 622.7.01

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф.,
Н.В. МОРКУН, В.В. ТРОНЬ, кандидаты техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет

ФОРМИРОВАНИЕ РОБАСТНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАМКНУТЫМ ЦИКЛОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ H_∞ -НОРМЫ

В статье приведены результаты исследование методов формирования автоматизированного управления технологическим процессом измельчения в условиях нестабильности характеристик железорудного сырья и неопределенности параметров технологического процесса

Ключевые слова: автоматизация, робастное управление, измельчение руд

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Важность задачи синтеза регулятора и оценивания состояния объекта с учетом неопределенности в системе управления технологическим циклом измельчения в условиях изменчивости характеристик железорудного сырья и параметров технологического процесса обусловлена значительной сложностью, нелинейностью и нестационарностью объекта управления. Вследствие объективных факторов идентифицированная модель цикла измельчения отличается от реальной системы. Таким образом, необходимо исследовать методы синтеза робастного, устойчивого к неопределенности параметров, управления технологическими процессами обогащения железорудного сырья, в частности, замкнутым циклом измельчения.

Анализ исследований и публикаций. Значительное количество работ в настоящее время посвящено исследованию систем робастного управления различными техническими объектами [1].

Синтез H_2 -оптимальных и H_∞ -субоптимальных регуляторов скорости, обеспечивающих робастную устойчивость и качество для всех допустимых неопределенностей электропривода переменного тока на базе синхронного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов, выполнен в работе [2]. Разработанная система управления функционирует в условиях неполной информации об объекте и с учетом его структурных неопределенностей.

В работе [3] на примере синтеза робастного H_∞ -субоптимального регулятора скорости электропривода постоянного тока путем выбора соответствующих параметров и вида весовых функций показана возможность управления быстродействием и характером протекания переходных процессов регулируемой координаты в системе управления. Также изложены общие теоретические и инженерные рекомендации по выбору частотно-зависимых весовых функций, используемых в H_∞ -теории управления для обеспечения требованиями качества переходных процессов и предоставления системе управления свойства робастности.

Решение задачи синтеза робастного регулятора для управления котельной установкой на основе метода формирования контура с ограничением на размещение полюсов передаточной функции замкнутой системы в заданной области с привлечением аппарата линейных матричных неравенств получено в работе [4]. При этом требования к системе формулируются в виде частотных ограничений на сингулярные числа передаточной функции разомкнутой системы и на размещение полюсов передаточной функции замкнутой системы в заданной области на комплексной плоскости.

Вопросы управления технологическими объектами обогащительного производства с целью обеспечения устойчивости системы управления в условиях неустойчивости характеристик поступающего на переработку сырья и дрейфа параметров технологического процесса рассматриваются в работах [5,6].

Постановка задачи. Задачей работы является исследование методов формирования автоматизированного управления технологическим процессом измельчения в условиях неустойчивости характеристик железорудного сырья и неопределенности параметров технологического процесса.

Изложение материала и результаты. Использование H_∞ -нормы в качестве критерия оптимальности при синтезе многомерных систем основано на том, что данная норма служит мерой усиления системы [1]. В случае, когда система рассматривается по каналу «возмущение – ошибка управления», минимизация H_∞ -нормы передаточной функции позволяет минимизировать энергию ошибки для наиболее неблагоприятного значения входного возмущения.

Рассмотрим модель технологического процесса измельчения железорудного сырья в пространстве состояний [1]

$$\dot{X}(t) = AX(t) + Bu(t); y(t) = CX(t); \quad (1)$$

где $u(t)$, $y(t)$ - соответственно скалярные вход и выход; $X(t)$ - вектор-функция; A , B , C - матрицы размерностью соответственно $n \times n$, $n \times 1$, $1 \times n$. Передаточная функция от $U(s)$ к $Y(s)$ предполагается устойчивой и определяется формулой

$$G(s) = C(sI - A)^{-1}B. \quad (2)$$

Вычисление H_∞ -нормы передаточной функции замкнутого цикла измельчения $\|W\|_\infty$ осуществляется на основе матрицы размерностью $2n \times 2n$, в которую входят приведенные выше матрицы (A, B, C)

$$H = \begin{bmatrix} A & BB^T \\ -CC^T & -A^T \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Согласно алгоритму вычисления H_∞ -нормы выбирают положительное число γ , проверяют выполнение условия $\|G\|_\infty < \gamma$ (то есть $\|\gamma^{-1}G\|_\infty < 1$) посредством вычисления собственных значений матрицы H [1]. Затем, увеличивают или уменьшают значение γ и повторяют процедуру.

Для решения задачи H_∞ -управления технологическим циклом измельчения преобразуем схему системы управления к стандартной многомерной форме (рис. 1).

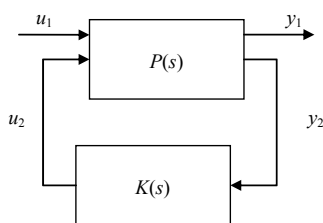


Рис. 1. Структурная схема системы H_∞ - управления технологическим циклом измельчения: u_1 - вектор внешних возмущений, u_2 - выходной вектор регулятора; y_1 - вектор ошибки; y_2 - вектор измеряемого выхода; $P(s)$, $K(s)$ - матричная передаточная функция обобщенного объекта и регулятора

Задача формирования H_∞ - оптимального управления, которое минимизирует H_∞ - норму передаточной функции по каналу «возмущение - ошибка управления»

$$\|W_{y1u1}(s)\|_\infty \rightarrow \min. \quad (4)$$

Матрица передаточных функций $P(s)$ представляет сам объект $G(s)$, которым необходимо управлять, и весовые функции, которые используются для обеспечения желаемого качества управления. Структурная схема такого обобщенного объекта $P(s)$ представлена на рис. 2 [1,2].

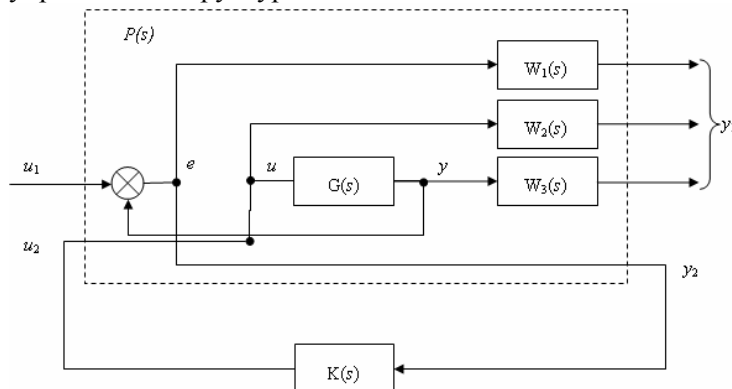


Рис. 2. Структурная схема обобщенного объекта: $G(s)$ – матричная передаточная функция объекта управления; $K(s)$ – робастный регулятор; $P(s)$ – обобщенный объект; $W_1(s)$, $W_2(s)$ и $W_3(s)$ – весовые функции, зависящие от частоты

Решение задачи формирования автоматизированного управления осуществлялось путем синтеза передаточной функции контроллера, который минимизирует функцию [1,2]

$$T_{y|u1}^{\Delta} = [W_1 S \quad W_2 R \quad W_3 T]^T, \quad (5)$$

где S – функция чувствительности; T – дополняющая функция чувствительности; R – функция чувствительности управления. Упомянутые функции определяются из соответствующих выражений

$$S = (I + GK)^{-1}; R = K(I + GK)^{-1}; T = GK(I + GK)^{-1}. \quad (6)$$

Выбор весовых функций осуществлялся в соответствии с рекомендациями, изложенными в работе [3]. При этом значения функций чувствительности должны удовлетворять следующим условиям

$$\begin{aligned} \overline{\sigma}(S(j\omega)) &\leq \gamma \underline{\sigma}(W_1^{-1}(j\omega)); \\ \overline{\sigma}(R(j\omega)) &\leq \gamma \underline{\sigma}(W_2^{-1}(j\omega)); \\ \overline{\sigma}(T(j\omega)) &\leq \gamma \underline{\sigma}(W_3^{-1}(j\omega)), \end{aligned} \quad (7)$$

где γ – положительное число.

Математическая модель динамики объекта управления была представлена в виде передаточной функции второго порядка, переходной процесс которой, нормированный относительно установившегося значения, представлен на рис. 3а. Максимальное значение H_{∞} -нормы, полученное в результате расчета, составило $\gamma=1,314$. Соответствующий переходной процесс системы управления с регулятором представлен на рис. 3б.

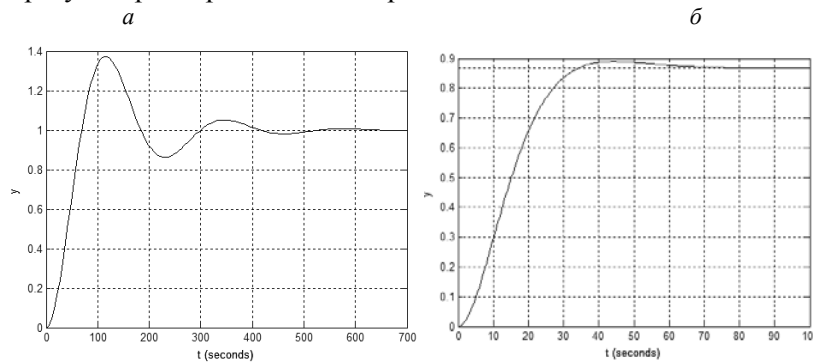


Рис. 3. Нормированный переходной процесс цикла измельчения: а – без регулятора; б – с регулятором

Проверка синтезированного регулятора на объекте управления с неопределенностью в пределах 20% по каждому из параметров модели показала, что даже при максимальном отклонении параметров объекта система управления не выходит за границы устойчивости, как показано на рис. 4. Диаграмма Боде для различных вариантов значений параметров приведена на рис. 5.

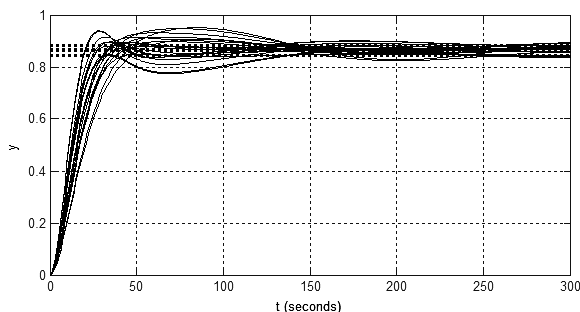


Рис. 4. Семейство переходных функций системы управления с регулятором при неопределенности параметров модели

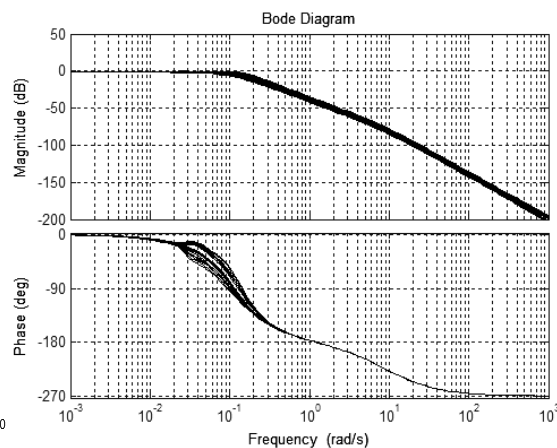


Рис. 5. Семейство частотных характеристик системы управления с регулятором при неопределенности параметров модели

Выводы и направления дальнейших исследований. Анализ результатов синтеза управления технологическим процессом измельчения железорудного сырья на основе H_{∞} -нормы показал, что, в условиях значительной неопределенности параметров модели объекта управления,

замкнутая система управления обеспечивает устойчивость и желаемое качество управления. Дальнейшие исследования целесообразно осуществлять в области повышения точности управления технологическим процессом с использованием рассмотренных регуляторов.

Список литературы

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебн. в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.3: Синтез регуляторов систем автоматического управления / Под ред. **К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова**. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 616 с.
2. Разработка и практическая реализация робастных алгоритмов управления автоматизированным синхронным электроприводом на основе H_2 - и H_∞ - оптимизации / **Е. В. Полилов, А. И. Мотченко, Е. С. Руднев, С. П. Скорик, А. Г. Щёлоков** // Електротехнічні та комп'ютерні системи . - 2011. - № 3. - С. 60-69.
3. **Полилов Е.В.** Практический подход к выбору весовых функций для H_∞ -теории робастного управления / **Е.В. Полилов, А.Б. Зеленов, Е.С. Руднев** // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2009. – Випуск 3 (56). Частина 2. - С. 17-24.
4. **Курдюков А. П.** Синтез робастного H_∞ -регулятора для управления энергетической котельной установкой / **А. П. Курдюков, В. Н. Тимин** // Управление большими системами : сб. науч. трудов. – 2009. – Вып. 25. – С. 179-215.
5. **Morkun V. S., Morkun N. V., Pikiľnyak A.V.** Iron ore flotation process control and optimization using high-energy ultrasound, Metallurgical and Mining Industry, 2014, No2, p.p. 36-42.
6. **Morkun V. S., Morkun N. V., Pikiľnyak A.V.** Ultrasonic phased array parameters determination for the gas bubble size distribution control formation in the iron ore flotation, Metallurgical and Mining Industry, 2014, No3, p.p. 28-31.

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 681.586.6

О.В. МИКИТИН, студент, Криворізький національний університет

ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРИ DS18B20 ФІРМИ «DALLAS SEMICONDUCTOR» ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ТОЧНОСТІ

У статті наведено результати дослідження характеристик цифрового датчика температури DS18B20 фірми «Dallas Semiconductor». Приведено схеми способів підключення датчика до мікропроцесорної плати Arduino Uno, необхідні для роботи бібліотеки та послідовні дії по налагодженню зв'язку між ними. Детально описані можливі налаштування для отримання вихідних значень (температури) датчика та встановлення точності показань.

В результаті проведених робіт із цими датчиками та вимірювання їх показань температури було зроблено аналіз, згідно з яким на графіках відображено межі розкиду отриманих значень від датчиків одного й того ж типу. Було визначено точність показань датчика, а саме обчислено абсолютну, відносну та середню відносну похибки, що були отримані при зчитуванні значень температури.

Після проведення вказаних досліджень та огляду інших датчиків температури такого ж типу зі схожими параметрами було зроблено висновки - де саме доцільно використовувати даний датчик температури, виходячи із співвідношення його ціни та точності показань температури.

Ключові слова: цифровий датчик, температура, експеримент, похибка, точність, тарування, розкид значень, мікроконтролерна техніка.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для одержання максимально точних результатів експериментів вкрай необхідно отримати реальні показання з датчиків. Виходячи з цього, виникає необхідність провести аналіз розкиду показань датчика одного і того ж типу та провести тарування їх значень.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботах [2,3,5] наведено основні характеристики датчика температури DS18B20, описано методи роботи з ним, але не проаналізовано порівняння показань датчиків однакового типу та не проведено тарування їх значень температури порівняно з еталонним термометром.

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз похибки вихідної величини цифрового датчика температури DS18B20, проведення тарування та встановлення розкиду його значень.

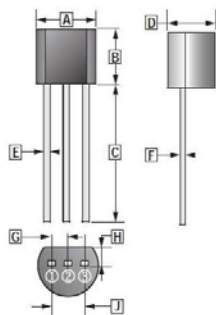
Викладення матеріалу та результати. Датчик температури DS18B20 являє собою цифровий температурний перетворювач. Діапазон вимірюваних температур від $-55\text{ }^\circ\text{C}$ до $+125\text{ }^\circ\text{C}$.

Нижче наведено порівняльну таблицю декількох датчиків температури зі схожими характеристиками, табл. 1.

Вартість датчиків температури зі схожими параметрами		
Найменування	Межі вимірювання температури, °C	Ціна, грн.
Датчик температури LM35DZ	-40÷+150	18
Датчик вологості та температури DHT11	0÷+50	35
Датчик температури DS18B20	-55÷+125	23
Датчик температури TMP36	-40÷+125	55

Схема датчика DS18B20 [8] виконана в корпусі TO-92 [6]. Вага цифрового приладу складає 28 г. Розміри датчика зображено на рис. 1 та в табл. 2.

Рис. 1. Датчик температури DS28B20



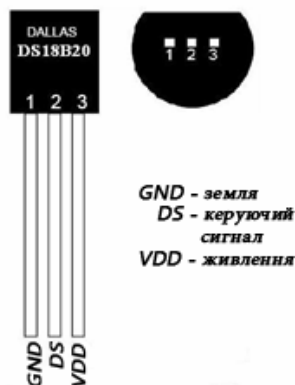
Розміри датчика

Позначення	Міліметри		Позначення	Міліметри	
	min	max		min	max
A	4,40	4,70	F	0,30	0,51
B	4,30	4,70	G	1,27 ТУР.	
C	12,70	-	H	1,10	1,40
D	3,30	3,81	J	2,42	2,66
E	0,36	0,56	K	0,36	0,76

Таблиця 2

Підключення схеми до мікроконтролерів забезпечують три вихідних контакти, рис. 2:

Рис. 2. Схема виводів датчика



Зчитаний з приладу цифровий код є прямим безпосереднім кодом вимірюного значення температури, додаткових конвертацій не потребує. Живлення приладу створюється через окремий зовнішній вивід напругою (VDD) від 3,0 В до 5,5 В.

Датчик може забезпечувати 9-, 10-, 11-, 12-ти бітовий дозвіл на вимірювання температури в градусах Цельсія, відповідаючи прирощенням 0,5 °C, 0,25 °C, 0,125 °C і 0,0625 °C відповідно [7]. Цей дозвіл може обиратися користувачем, записуючи відповідні дані в конфігураційний регістр датчика (за замовчуванням установлений 12-бітовий дозвіл). На одиницю коду перетвореного значення температури доводиться 0,0625 °C. Абсолютна похибка перетворення менше 0,5 °C в

діапазоні контрольованих температур -10 °C до + 85 °C.

При зчитуванні даних з датчика приймається 9 байт даних, з яких значення температури зберігається в 0-у і 1-у, молодший і старший байт температури відповідно. У старшому байті в бітах 11-15 міститься інформація про знак значення температури (якщо в цих бітах нуль, тоді температура вище нуля, одиниця - нижче нуля).

Максимальний час повного 12-ти розрядного перетворення ~750 мс (при 12-ти розрядному дозволі) [7].

Після перетворення температури, перш ніж послати наступну команду, потрібно ще раз послати імпульс скидання (Reset pulse) і отримати у відповідь імпульс (Presence Pulse).

Внутрішня незалежна пам'ять температурних приладів забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої межі значень [10].

Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетної сигналізації в шині про факт виходу температури за один з обраних порогів.

Температурний датчик DS18B20 при обміні даними з мікроконтролером використовує виключно 1-Wire протокол - при цьому формується з'єднання, яке здійснює комунікацію на шині, використовуючи всього один керуючий сигнал [3].

Шина повинна бути підключена до джерела живлення через резистор (4,7 кОм), так як всі пристрої зв'язані з шиною, використовують з'єднання через Z-стан або вхід відкритого стоку.

Використовуючи цю шину, мікропроцесор (пристрій управління) ідентифікує датчики температури і звертається до них, використовуючи 64-бітовий код приладу.

Оскільки кожен прилад має унікальний код, число приладів, до яких можна звернутися на одній шині, фактично необмежено [9].

Підключення декількох датчиків зображено на рис. 3.

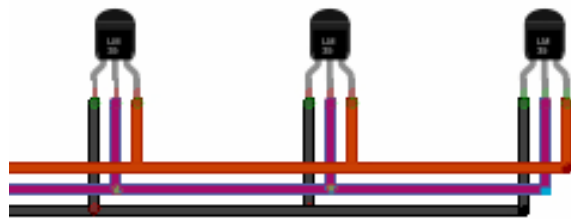


Рис. 3. Схема підключення групи датчиків по шині 1-Wire

Для програмування датчика можна використати спеціальні бібліотеки для роботи з ним:

«OneWire.h» та «DallasTemperature.h» - бібліотеки доступні для завантаження з офіційного сайту [4].

За допомогою «скетчу» [5], написаного для зчитування інформації з датчика, отримуємо показання датчиків за деякий проміжок часу.

Аналізуючи графік, рис. 5, можна зробити висновок, що розкид показань датчиків одного типу становить менше, ніж 0,1 °С.

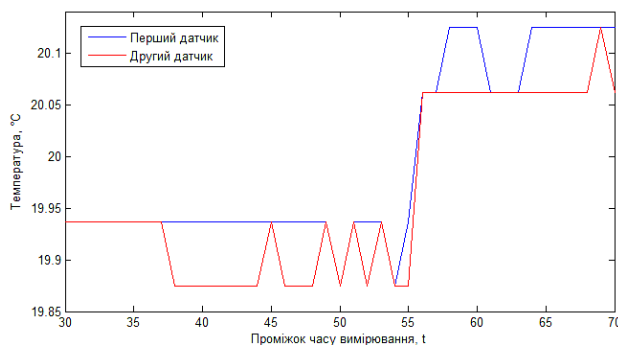


Рис. 5. Порівняння показань двох датчиків одного датчика температури, взявши за еталон спиртовий термометр.

Здійснивши дослідження змін значень двох термометрів, отримано результати, зображені на графіку, рис. 6.

Проведемо тарування значень датчика температури

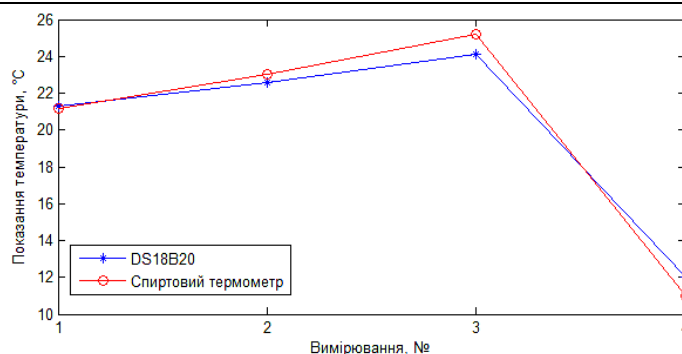
$$(\Sigma T / \Sigma D) \approx 1,01,$$

де T - показання термометра; D - показання датчика; 1 °С термометра відповідає 1,01 °С датчика.

Обчислимо відносну похибку показань

$$\Delta_1 = |x_1 - x_{d1}| = ((21,31 - 21,20) / 21,20) \cdot 100\% \approx 0,52\%,$$

де x - значення температури датчика, x_d - значення температури термометра.



Номер випробування, №	1	2	3	4
Показання датчика DS18B20, °C	21,31	22,60	24,12	11,60
Показання еталонного спиртового термометра, °C	21,20	23,00	25,20	11,00
Абсолютна похибка, °C	0,11	-0,40	-1,08	0,60

Рис. 6. Похибка в показаннях датчика

Показання двох датчиків можна знімати, використовуючи відносно недорогий та простий у використанні [1] мікроконтролер Arduino UNO, рис. 4:

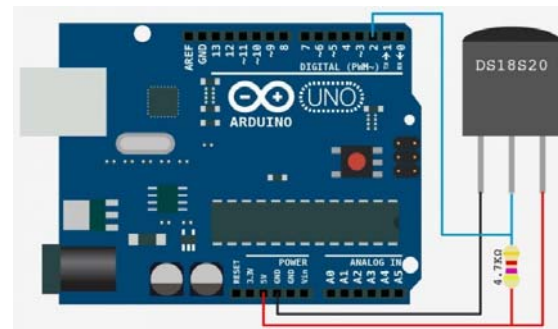


Рис. 4. Схема підключення датчика DS18B20 до Arduino UNO

При цьому варто зазначити, що різниця в показаннях двох датчиків може мати різний знак та є нерівномірною на проміжку всього часу, за який були проведені вимірювання.

Крім того, при вимірюванні однієї й тієї ж самої температури один із датчиків (перший) давав більш стабільні показання.

Це означає, що ця похибка обумовлена побудовою конструкції кожної мікросхеми датчика.

Проведено тарування значень цифрово-

Відносна похибка при чотирьох випробуваннях та середня відносна похибка наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Похибки показань

Номер випробування, №	1	2	3	4
Відносна похибка, %	0,52	1,74	4,29	5,45
Середня відносна похибка, %	3,00			

Висновки. Після проведення детального аналізу конструкції, характеристик та точності показань цифрового датчика температури DS18B20 можна сказати, що дана модель датчика є недорогим, компактним приладом для вимірювання температури, який досить легко налаштувати. Проте, датчик не дає досить точних показань (відхилення складає 3% при вимірюванні температури від 11 до 25 °C), тому його використання є доцільним лише у проектах, які не потребують безпомилкових, коректних показань - наприклад, вимірювання температури в теплицях, кімнатної температури, як датчик протипожежної безпеки. У випадках, коли є необхідним більша точність показань, потрібно ввести вхідний контроль і відбір таких датчиків.

Список літератури

1. **О.В. Микитин, М.С. Чернюк** Огляд та аналіз малогабаритної мікроконтролерної техніки з великими можливостями / **Микитин О.В., Чернюк М.С.** // Вісник Криворізького технічного університету.– Кривий Ріг, 2014. - Вип. 37. – С. 122-126.
2. Опис характеристик та принципу роботи датчика температури [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
3. Описание работы с датчиком температуры DS18B20 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://blog.e-voron.dp.ua/opisanie-raboty-s-ds18b20>
4. Dallas Semiconductor's 1-Wire Protocol [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://playground.arduino.cc/Learning/OneWire>.
5. Подключение датчика температуры DS18B20 к Arduino [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://arduino-project.net/podklyuchenie-ds18b20-arduino>
6. Датчик температуры цифровой [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.sinava.ru/DS18B20.php>
7. Интерфейс 1-Wire и температурный датчик DS18B20 [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://samou4ka.net/page/interfejs-1-wire-i-temperaturnyj-datchik-ds18b20>
8. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/DS18B20.html>
9. Подключение нескольких датчиков DS18B20 к Arduino [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://flprog.ru/FLProg/pid144781676/vpi141024639>
10. DS18B20 - Высокоточный Цифровой Термометр [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://1wire.com.ua/publ/4-1-0-3>

Рукопис подано до редакції 15.04.14

УДК 622.24: 621.921.34

К.В. ЛОБОВА, В.Й. ЛОБОВ, канд. техн. наук, доц.,

Криворізький національний університет

АНАЛІЗ І КЛАСИФІКАЦІЯ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ АСУТП БУРОВИХ ВЕРСТАТІВ

У статті показано, що реалії виробництва свердловин у залізорудних кар'єрах вимагають знаходження від бурових верстатів технічної інформації про стан роботи обладнання і технологічних параметрів свердловин та негайно реагувати на будь-які зміни, що при цьому відбуваються в реальному масштабі часу з внесенням відповідних даних при невідповідності технології буріння або аварійних режимах. Тому розглянуті різні технології та проаналізовані особливості сучасних каналів передачі даних, які можуть бути використані для діагностики та візуалізації стану роботи обладнання бурового верстату і визначення технологічних параметрів бурових свердловин. Враховані та виявлені основні їх недоліки, виконана класифікація каналів передачі даних, які по техніко-економічним показникам можуть бути використані в АСУТП бурових верстатів і системах диспетчеризації гірничо-збагачувальних комбінатів. Надані основні визначення каналів передачі даних, запропоновано використовувати бездротові системи передачі даних (по каналах стільникового зв'язку з доступом до ТМЗК і мережі Інтернет), які є найбільш ефективними каналами зв'язку для бурового верстату

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Сучасне світове виробництво рудної сировини поступово набирає темпи та розширює географію експортування. Завдяки зниженню собівартості морських перевезень активно ведеться розробка родовищ марганцю, заліза, урану в Україні. Сучасний етап розвитку гірничодобувної промисловості багатьох країн світу і в Україні характеризується концентрацією виробництва й удосконаленням існуючих технологій видобування, насамперед, за рахунок використання новітньої техніки.

Ефективне впровадження прогресивних технологічних рішень можливе за умов використання сучасних гірничих машин, оснащених автоматизованими системами управління технологічним процесом (АСУТП). Провідні виробники та велика кількість малих фірм активно розробляють проекти нових технологій, які принесуть реальні прибутки видобувним компаніям. Гірничі машини, які з мінімальним наглядом або самостійно можуть виконувати роботи, вважаються близькою перспективою гірничорудної промисловості світу.

Отже, першочерговим завданням керівників і власників гірничорудних підприємств є вдале розпорядження інвестиціями, а саме точний добір парку гірничих машин, що надалі буде сумісне поміж собою та може компонуватися в загальну електронну мережу. Як показує практика, останні розробки бурової та навантажувальної техніки провідних компаній застосовуються на рудниках багатьох країн світу, таких як Канада, Південна Африка, Латинська Америка, Австралія, Китай, Польща, Росія та Україна. У недалекому майбутньому застосування новітнього гірничого обладнання при відкритій розробці рудних родовищ України дозволить збільшити продуктивність гірничих робіт, зменшити травматизм робітників і забезпечити впровадження безлюдних технологій видобування рудних корисних копалин у нашій державі.

Бурова техніка, яка використовується на залізородних кар'єрах, потребує удосконалення процесу буріння свердловин. Як відомо, буріння (рос. бурение, англ. drilling, boring; нім. Bohren, Bohrarbeit) трудомісткий і дорогий процес, особливо в скельних породах і призначений для створення бурової свердловини, шахтного стовбура, або шпуру руйнуванням гірських порід, буріння шпурів у штучних матеріалах (наприклад, у бетоні), тобто метою буріння є створення в породному масиві свердловин та шпурів. Буріння застосовують з метою пошуків корисних копалин, видобування нафти, газу, води і розсолів, тощо.

Сьогоднішні реалії виробництва свердловин у кар'єрі по добутку залізної руди вимагають знаходження від бурового верстата технічної інформації про стан роботи обладнання і технологічних параметрів свердловини, а також негайно реагувати на будь-які зміни, що при цьому відбуваються в реальному масштабі часу з внесенням відповідних даних при невідповідності технології буріння або аварійних режимах.

Сучасний рівень розвитку технологій дозволяє створювати автоматизовані системи передачі даних для бурової техніки. Передача інформації виконується по лініям (line) зв'язку, синонімом яким є термін «канал зв'язку»(channel) і залежить від швидкодії каналу і достовірності переданої інформації.

Яскравим прикладом такої залежності від інформаційних каналів зв'язку можна назвати трейдерство. Людина, що грає на біржі, повинна володіти усіма відомостями, які впливають на котирування акцій. Більше того, йому потрібен Інтернет, щоб вчасно внести зміни у свої фішки, інакше він не отримає прибуток. Завдяки тому, що зараз активно розвиваються кабельні, супутникові та мобільні лінії зв'язку, АСУТП буровим верстатом може мати постійно працюючий такий канал, а нерідко навіть і резервний, про всяк випадок, то це доводить актуальність теми дослідження.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблемою створення систем для контролю параметрів бурового верстату і свердловин почали займатися в світі в середині 1940-х років. В основному ці роботи проводилися в США на рівні виконання пошукових робіт. Вже на початку 1950-х рр. були створені досвідчені зразки телесистем з гідравлічним каналом зв'язку забій - гирло для вимірювання гаданого питомого опору прохідних гірських порід [1]. У подальшому проводилися пошукові роботи по розробці телесистем з провідним і електромагнітним (бездротовим) каналами зв'язку. Проте найбільше поширення за кордоном в практиці буріння отримали телесистеми з гідравлічним каналом зв'язку, хоча вони мають суттєві недоліки у відношенні до якості бурового розчину, а так само до роботи бурового насоса і бурового обладнання [1-3]. У вітчизняній практиці буріння отримали телесистеми з електромагнітним каналом зв'язку, хоча

й телесистеми з електромагнітним каналом мають свої недоліки, на передачу сигналу сильно впливають і високоомні, і низькоомні пласти [2,3].

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення можливостей, визначення переваг та недоліків сучасних систем передачі даних, які можливо використовувати в АСУТП бурових верстатів. Для досягнення даної мети в роботі вирішуються такі завдання: класифікація систем передачі даних, докладний розгляд всіх видів систем передачі даних і короткий опис імпортного й сучасного обладнання систем передачі даних, тощо.

Викладення матеріалу та результати. Одним із завдань каналу зв'язку з буровою установкою є визначення залежності швидкості передачі інформації, пропускну здатності каналу зв'язку, параметрів каналу, характеристик сигналів і перешкод. Швидкість передачі даних від бурової техніки диспетчерського пункту значною мірою залежить від виду передавальної інформації по каналах зв'язку, в якості яких використовуються різні типи ліній з'єднань.

Так склалося історично, що системи передачі даних з кожним роком стають все більш універсальним середовищем для передачі самої різної інформації, як між кінцевими користувачами, так і між системними пристроями. Чим більше універсальність, тим більше вимог до цього каналу зв'язку. Для бурового верстату він складається з декількох компонентів, що визначаються залежно від вирішуваних завдань. Їх далеко не повний перелік: комутатори, маршрутизатори, між мережеві екрани і мости, мультиплексори, різні конвертери фізичного середовища і інтерфейсів передачі даних, точки бездротового доступу, клієнтське обладнання і програмне забезпечення управління обладнанням. Також практично всі сучасні системи бурового верстату повинні мати у своєму складі вбудовані компоненти для організації передачі різномірних даних (службовий «горизонтальний» трафік між пристроями, дані управління між диспетчерським пунктом та пристроями, мультимедійний трафік), що мають безпосереднє відношення до систем передачі даних.

Найбільшою мережею передачі даних є мережа Інтернет. У даній час Інтернет є всесвітньою мережею, що складається із сполучених між собою комп'ютерів. Інтернет дозволяє будь-якому користувачеві, що має вихід в мережу, отримати доступ до всіх інформаційних ресурсів, що зберігаються на сайтах (комп'ютерах-серверах) по всьому світу. Мережа Інтернет забезпечує роботу бурового верстату, що дозволяє передавати повідомлення іншим користувачам мережі і отримувати повідомлення від них.

Також Інтернет дає можливість передавати файли про стан свердловини, а за допомогою спеціальних програм (браузерів) шукати і виводити на свій дисплей будь-яку інформацію, наявну в мережі Інтернет. І це ще не повний список.

По мірі збільшення різноманітності наявної в мережі Інтернет інформації (вчинені вражаючий якісний стрибок від простих текстових файлів до складної графіки, анімації, передачі аудіо- й відеосигналів) зростає потреба в організації саме високошвидкісного доступу, що дозволяє отримувати все різноманіття наявної в мережі Інтернет інформації, а також використовувати її в управлінні технологічними процесами бурових верстатів, які використовуються на залізничних кар'єрах.

Мережі передачі даних бурового верстату можуть бути дротяними, що означає з'єднання комп'ютерів за допомогою кабелів, або бездротовими, в яких підключення виконуються за допомогою радіохвиль, по повітрю.

Бездротове з'єднання дозволяє працювати на комп'ютерах в будь-якому місці знаходження бурового верстату без використання кабелів. Прокладка кабелів - витратний процес, при цьому вони виглядають не естетично і можуть бути небезпечні, якщо вільно лежать на підлозі бурового верстату.

Дротові системи передачі даних бурового верстату можна розділити на системи, що використовують виту пару телефонних проводів, і системи, що використовують оптико-волоконні кабелі, - до цієї категорії також слід віднести системи, в яких разом з оптико-волоконними кабелями використовуються також і коаксіальні кабелі.

Класифікація каналів передачі даних, які можуть бути використовувані для зв'язку бурового верстату із диспетчерським пунктом, представлена на рис. 1.

Розглянемо всі ці категорії більш детально, причому почнемо у зворотному порядку - від поки найбільш екзотичних бездротових систем, через досить дорогі оптико-волоконні до найбільш демократичних, широко поширених і, отже, більш зручних в освоєнні та експлуатації кручених пар телефонних проводів.

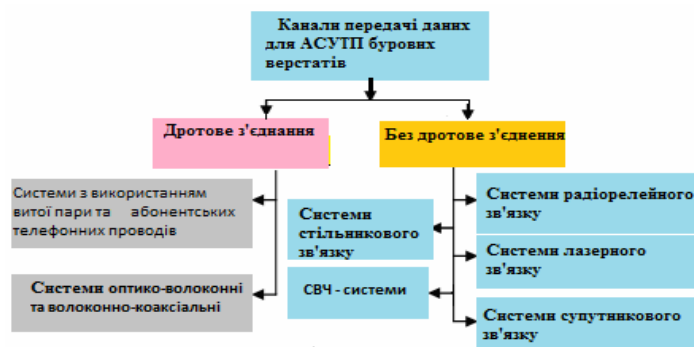


Рис. 1. Класифікація систем передачі даних бурового верстату

швидкісний доступ до мережі Інтернет; незалежність від кабельної інфраструктури; простота підключення і використання [4-6].

Відсутність проводів і, як наслідок, прив'язки до якогось конкретного місця завжди було значимо для мобільного обладнання, яким оперативний доступ до інформації потрібен постійно, незалежно від місця їх знаходження. Бездротові мережі ефективні, насамперед, при передачі даних на відстані до декількох сотень метрів від бурового верстату, і відрізняються низькою вартістю реалізації. Асортимент бездротового мережевого обладнання може включати в себе первинні перетворювачі: бездротові відеокамери та інші пристрої. Розвиток бездротових систем доступу йде в трьох основних напрямках. Це супутникові системи, наземні мікрохвильові системи і системи персонального стільникового зв'язку, які дозволяють забезпечити доступ мобільних користувачів. Зрозуміло, кожна з цих коштів має свої переваги і недоліки [5-9].

Системи персонального стільникового зв'язку. Доступ до телефонної мережі загального користування (ТМЗК) і мережі Інтернет може бути організований за допомогою існуючої системи стільникового зв'язку з використанням аналогових модемів (модемів для передачі по телефонних каналах) (рис. 2а). Так як канали стільникового зв'язку мають досить вузьку смугу частот, швидкість передачі даних буде невелика (в процесі поступового розвитку систем стільникового зв'язку та удосконалення технологій швидкість передачі даних також поступово зростала від 9,6 Кбіт/с до 19,2 Кбіт/с) [1-3]. Певного збільшення швидкості передачі даних можна досягти за рахунок використання тимчасово вільних каналів (за якими не ведуться телефонні розмови). Плюси і мінуси використання стільникового зв'язку для доступу в мережу Інтернет очевидні. Головна перевага полягає в мобільності та можливості виходу в мережу Інтернет з будь-якого місця, а не тільки з квартири чи офісу, які за допомогою кабелю прив'язані до провайдера. До недоліків можна віднести досить високу вартість послуг стільникового зв'язку, а також не стовідсоткове охоплення території компаніями стільникового зв'язку та наявність зон невпевненого зв'язку.

СВЧ-системи. По мірі того, як збільшувалася потреба в розширенні кількості ліній міжміського зв'язку, розроблялися системи, здатні задовольнити такі потреби. Однією з таких систем були радіорелейні лінії, в яких у якості носія сигналу використовувався не кабель, а радіоканал.

Працюючи на надвисоких частотах (діапазон СВЧ) одна радіорелейна лінія здатна підтримувати роботу тисяч телефонних каналів та кількох телевізійних каналів одночасно [10-12].

Використання даного діапазону частот приводить до необхідності розміщувати ретранслятори на невеликій відстані один від одного (до 30 км) в межах прямої видимості (надвисокочастотні сигнали не може загорнути за кут або перестрибнути навіть через невелику гірку).

Необхідність будувати через певну відстань ретрансляційні вишки з антенами робить дану технологію досить дорогою при організації зв'язку на велику відстань, але дана технологія може знайти своє застосування, наприклад, для організації фіксованого радіо доступу - високошвидкісної передачі даних між двома будівлями (зі швидкістю від 2 Мбіт/с й вище).

У багатьох випадках таке рішення буде мати меншу вартість порівняно з прокладанням між будівлями оптико-волоконного кабелю (наприклад, в містах, де прокласти кабель не завжди просто, або в тому випадку, коли ці будівлі розділяє ріка) [1,3,8].

Бездротові системи передачі даних. У даний час бурхливий розвиток технологій з дротових мереж відкриває для бурового верстату нові можливості щодо ефективної організації корпоративної мережі підприємства.

Переваги бездротових рішень: низька вартість розгортання; мобільність, можливість демонтувати устаткування при переїзді; безпека, можливість шифрування трафіку; надійний і якісний телефонний зв'язок; високо-

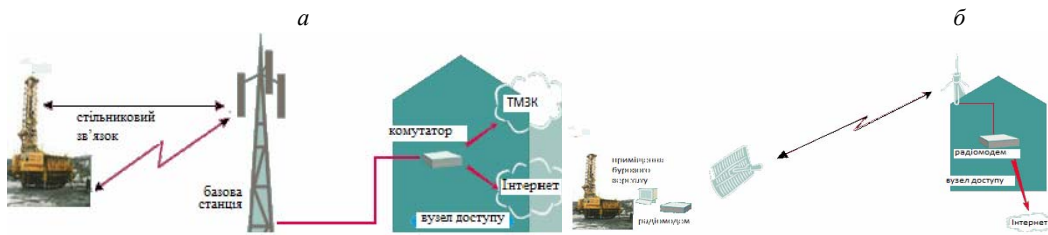


Рис. 2. Система передачі даних по каналах стільникового зв'язку і доступу до ТМЗК і мережі Інтернет *a* і фіксованого радіо доступу *б*

В умовах нестачі частотного ресурсу були створені, успішно застосовуються і розвиваються бездротові системи фіксованого доступу, що працюють в інфрачервоній області (на основі ІК світло діодів та напівпровідникових лазерів). Вони забезпечують робочу дальність від 300 м до 1-3 км при швидкості передачі до 155 Мбіт/с. Усі основні недоліки цих систем (порівняно висока вартість і деяка залежність від погодних умов і забруднення оптики) з лишком окупаються відсутністю необхідності отримання дозволу на використання радіочастоти, а також швидкістю і простотою монтажу. Наступним етапом розвитку систем фіксованого радіо доступу стало створення таких протоколів обміну інформацією між приймально-передавачами, які дозволили організувати підключення багатьох об'єктів до одного, що найбільш відповідає завданням організації доступу до Інтернету (рис. 2б). Крім того, були створені різні механізми (наприклад, пакетна передача, робота на змінюється), які дозволили збільшити пропускну спроможність, швидкість передачі і ефективність використання частотного ресурсу.

Забезпечуючи середню швидкість передачі даних, системи даного типу дозволяють організувати канал передачі на досить велику відстань. У той же час схильність зовнішніх перешкод і залежність від географічних умов (обов'язкова необхідність прямої видимості) роблять застосування таких систем не завжди доцільне.

Супутникові системи. Для організації передачі даних використовуються і супутникові системи. Причому варіанти можуть бути різними - від низькошвидкісних індивідуальних каналів для окремих користувачів до високошвидкісних каналів, одночасний доступ до яких може мати велику кількість користувачів (колективний доступ). У першому випадку може застосовуватися двох направлений канал (але це по кишені тільки дуже багатим організаціям) [1,2,7-9]. У другому випадку супутник служить тільки для передачі низхідного потоку даних, що надходять з мережі Інтернет до користувача (рис. 3).

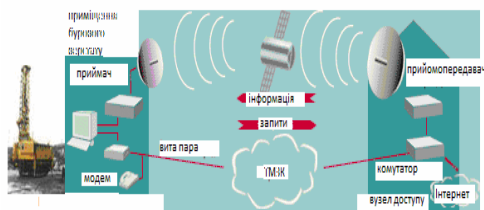


Рис. 3. Супутникова система

Користувачеві необхідно обов'язково встановити супутникову антену, СВЧ - ресивер і карту декодера прямо в персональний комп'ютер. Для організації висхідного потоку даних (від користувача в мережу Інтернет) використовується лінія телефонного зв'язку та модем. Супутник охоплює велику зону на поверхні Землі і є найбільш «широко охоплює» технологією доступу в Інтернет з географічної точки зору.

Супутникові системи доступу мають не дуже високу швидкість передачі даних (порядку 400 Кбіт / с у напрямку до користувача) і працюють не дуже швидко. Уявіть собі, що ви хочете завантажити який-небудь матеріал на екран вашого комп'ютера.

Натиснувши на нього мишею свого комп'ютера, сигнал запиту, який повинен пройти по вашій телефонній лінії, через провайдера і по звичайному тракту в мережі Інтернет, а після відповіді сигнал передається на супутник вгору і вниз, що в цілому становить близько 70 тисяч км. Навіть володіючи швидкістю світла, даний засіб доступу в Інтернет залишається досить повільним. Це особливо помітно при здійсненні двостороннього зв'язку в режимі реального часу. Незважаючи на широку зону охоплення, супутникові системи мають ряд недоліків, пов'язаних, зокрема, з необхідністю придбання та налаштування досить дорогого устаткування.

Втім, існує цілий ряд екстремальних ситуацій, коли неможливо організувати доступ до мережі Інтернет жодним іншим чином, окрім як через супутник (простий приклад - корабель, що знаходиться посеред океану).

Дротові системи передачі даних. Оптико-волоконні та волоконно-коаксіальні системи спочатку створювалися для кабельного телебачення і передачі відеосигналу. Завдяки тому, що ці системи за визначенням є широкосмуговими, розроблялася саме така технологія, яка дозволила б використовувати дану перевагу для високошвидкісної передачі даних, в основному для організації доступу в Інтернет приватних користувачів [4,6,10-12].

На рис. 4 показано систему, що дозволяє організувати високошвидкісну передачу даних в обох напрямках.

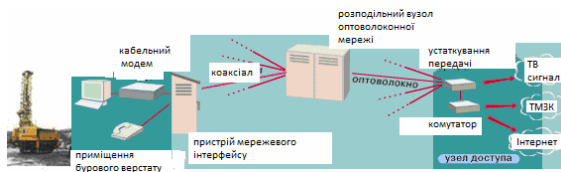


Рис. 4. Оптико-волоконна система передачі даних

Така двохнаправлена система дозволяє передавати від бурового верстату низхідний потік передачі даних у смузі частот від 50 до 750 МГц, яка поділена на канали 6 МГц. Смуга частот, виділена для висхідного потоку даних, ділиться між всіма користувачами, до яких прокладено коаксіальний кабель. Зазвичай це частотний

діапазон від 5 до 40 МГц.

Один відеоканал, що має номінальну смугу частот 6 МГц, може використовуватися для передачі даних з мережі Інтернет зі швидкістю до 30 Мбіт/с. Загальна швидкість висхідного потоку даних до 10 Мбіт/с, але практикується метод колективного використання в реальності для кожного окремого користувача дає набагато менше значення. Здавалося б, усе добре. І чому б не розвинути оптико-волоконну технологію доступу до використання у буровому устаткуванні. Все дуже просто. Розвиток оптико-волоконної техніки і розгортання мереж оптико-волоконних кабелів є дуже дорогим задоволенням. Особливо якщо порівнювати впровадження цієї технології з іншими технологіями.

Чи має сенс прокладати нові дорогі лінії зв'язку до кожного верстату, якщо переважна частина цих користувачів вже підключена як мінімум до однієї телекомунікаційної компанії - радіотелефонної. Набагато доцільніше звернути свою основну увагу на їхнє впровадження.

Використання витої пари та абонентських телефонних проводів для передачі даних.

Вита пара (англ. twisted pair) - вид кабелю зв'язку, являє собою одну або кілька пар ізольованих провідників, скручених між собою (з невеликою кількістю витків на одиницю довжини), покритих пластиковою оболонкою. Звивання провідників проводиться з метою підвищення зв'язку провідників однієї пари (електромагнітна перешкода однаково впливає на обидва дроту пари) і подальшого зменшення електромагнітних перешкод від зовнішніх джерел, а також взаємних наведень при передачі диференціальних сигналів. Для зниження зв'язку окремих пар кабелю (періодичного зближення провідників різних пар) в кабелях UTP категорії 5 і вище проводу пари звиваються з різним кроком. Вита пара - один з компонентів сучасних структурованих кабельних систем.

Використовується в телекомунікації й комп'ютерних мережах в якості мережного носія в багатьох технологіях, таких як Ethernet, Arcnet і Token ring. В даний час, завдяки своїй дешевизні й легкості в монтажі, є найпоширенішим рішенням для побудови локальних мереж [1-3,4-7]. Телефонні дроти є головним носієм, який в даний час використовується для підключення всіх абонентів (незалежно від їх юридичного статусу) до обладнання телефонної мережі. Одне тільки це повинно викликати здоровий ентузіазм у розробників систем високошвидкісної передачі даних з даного носія. Кожен абонент телефонної мережі має окрему фізичну пару проводів в кабелі, що йде від телефонної станції, яка з'єднує його телефонний апарат з комутаційним обладнанням, встановленим на телефонній станції. Кожна пара в кабелі є кручений (тобто проводу пари свити один з одним), що дозволяє знизити небажані перешкоди. При здійсненні звичайного телефонного зв'язку кожна пара кабелю на абонентському ділянці кабельної мережі підтримує один голосовий канал. Також виті пари проводів використовуються для з'єднання персональних комп'ютерів в ЛВС (локальних мережах). Існує три основних рішення при організації доступу до мережі Інтернет по кручений парі. Мова йде про аналогові модеми, призначені спеціально для передачі по телефонних каналах, про ISDN і про технології, об'єднані під загальною назвою xDSL. Аналогові модеми добре відомі та зрозумілі більшості користувачів сучасних домашніх комп'ютерів (рис. 5).

Принцип їх роботи заснований на використанні діапазону голосових частот витої пари для передачі даних. Для цього використовуються технології передачі, відомі як «частотна

маніпуляція» і «квадратурна амплітудна модуляція». Аналоговий модем дозволяє досягати швидкості передачі даних до 56 Кбіт/с.

Невисока ціна і сумісність практично з будь-якою телефонною лінією зробили аналогові модеми основним вибором індивідуальних користувачів. На жаль, швидкість передачі аналогового модему в значній мірі залежить від якості телефонної лінії та встановленого з'єднання. Саме тому отримати максимальну швидкість передачі даних практично Використання витієї пари для неможливо (звичайно модем із заявленою швидкістю доступу в мережу Інтернет в 33,6 Кбіт / с дозволяє працювати зі швидкістю 28,8 Кбіт / с, в кращому випадку 31,2 Кбіт/с).

Непрофесійні користувачі мережі Інтернет можуть використовувати й аналогові модеми, але рано чи пізно будь-який з них стикається з проблемами, пов'язаними з низькою якістю з'єднання і перевантаженнями телефонної мережі загального користування. Ця мережа, у своєму існуючому на даний момент вигляді, абсолютно не призначена для того, щоб передавати трафік мережі Інтернет. Більш високошвидкісний альтернативою аналоговим модемів служить ISDN (рис. 6).

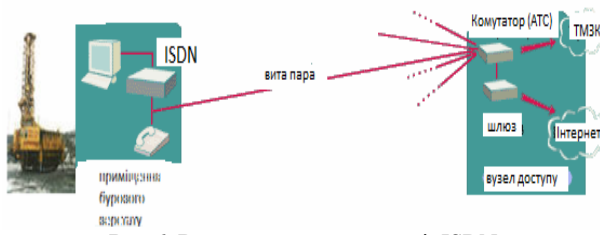


Рис.6. Використання технології ISDN

ISDN (не зовсім по-російськи звана цифровою мережею зв'язку з інтеграцією служб) являє собою цифрову технологію, що дозволяє передавати дані зі швидкістю 144 Кбіт/с. Для цього використовується схема кодування 2В1Q. Швидкість передачі даних 144 Кбіт/с складається з двох каналів У по 64 Кбіт/с кожен, використовуваних для передачі голосу і даних, і одного службового каналу D 16

Кбіт/с для передачі керуючих сигналів. Канали В можуть використовуватися як два окремі голосових каналу, два канали передачі даних зі швидкістю 64 Кбіт/с, як два окремі канали передачі голосу і даних, а також спільно для передачі даних зі швидкістю 128 Кбіт/с.

Технології xDSL дозволяють значно збільшити швидкість передачі даних по мідних парах телефонних проводів, при цьому не вимагаючи глобальної модернізації абонентської кабельної мережі. Саме можливість перетворення існуючих телефонних ліній, за умови проведення певного обсягу підготовчих технічних заходів, в високошвидкісні канали передачі даних і є основною перевагою технологій xDSL. Дані технології дозволяють значно розширити смугу пропускання мідних абонентських телефонних ліній.

Будь-який абонент, який користується звичайним телефонним зв'язком, є потенційним кандидатом на те, щоб за допомогою однієї з технологій xDSL значно збільшити швидкість свого з'єднання з мережею Інтернет.

При цьому передбачено і збереження нормальної роботи звичайного телефонного зв'язку, незалежно від «спілкування» користувачів з мережею Інтернет (рис. 7).

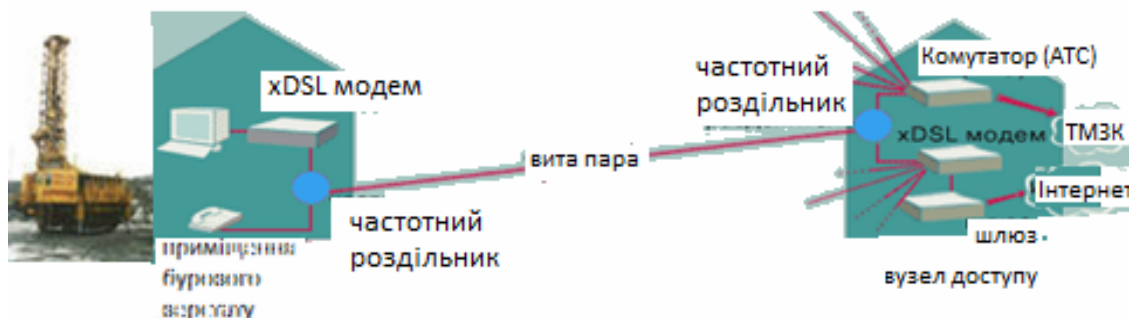


Рис. 7. Використання технології xDSL

Різноманіття технологій xDSL дозволяє користувачеві (з урахуванням певних обмежень, пов'язаних з довжиною і якістю абонентської лінії) вибрати відповідну саме йому швидкість передачі даних - від 32 Кбіт/с до більш ніж 50 Мбіт/с. Сучасні технології xDSL дають можливість організувати високошвидкісний доступ в мережу Інтернет для кожного індивідуального верстату або кожного невеликого підприємства, перетворюючи звичайні телефонні кабелі в високошвидкісні цифрові канали. xDSL включає в себе цілий набір різних технологій, що дозволяють організувати цифрову абонентську лінію, які розрізняються по відстані, на яку переда-

ється сигнал, швидкості передачі даних, а також з різниці в швидкостях передачі «спадного» (від мережі до користувача) і «сонця» (від користувача в мережу) потоку даних.

Технології xDSL надають телекомунікаційним компаніям можливості, від яких вони просто не можуть відмовитися. Вони створюють швидкий і недорогий метод додаткового використання існуючої кабельної мережі, а також базу для переходу до технологій майбутнього. Ігнорувати це було б просто нерозумно.

Система передачі даних – це є система, призначена для передачі інформації по каналах зв'язку від х бурового верстату й так і прийому її до нього, а також інфраструктури організації, так і між ними, а також із зовнішніми системами. Визначити й використати канал зв'язку для діагностики та візуалізації стану роботи обладнання бурового верстату і врахування технологічних параметрів бурових свердловин, на перший погляд, дуже просто і коротко. Але за цими словами ховається величезне значення даної системи не просто, як для інших технічних систем, а й необхідності її використання для бізнес-процесів сучасного гірничозбагачувального комбінату в цілому. Канал зв'язку є, прямо або побічно, основною технічною складовою працездатності АСУТП, а також багатьох інших систем, що використовують сучасні засоби управління. Використовуючи [13-15], канали зв'язку для бурового верстату повинні характеризуватися:

ємністю каналу, що визначається як добуток часу використання каналу T_k , шириною спектру частот, що пропускаються каналом F_k й динамічним діапазоном D_k , який характеризує здатність каналу передавати різні рівні сигнали

$$V_k = T_k F_k D_k$$

швидкістю передачі - найбільша теоретично досяжна швидкість передачі інформації за умови, що похибка не інформації - середня кількість інформації, що передається в одиницю часу. Максимальну швидкість передачі інформації V_{max} , з якою канал здатний передавати дані, розраховується за теоремою Найквіста, яка визначає взаємозв'язок між пропускну здатністю каналу і шириною H його смуги пропускання, виражена у Гц

$$V_{max} = 3H \log 2M \text{ [біт/с]},$$

де M - кількість рівнів сигналу, які використовуються при передачі.

Пропускною здатність каналу зв'язку перевершує заданої величини. Для дискретного каналу з перешкодами існує такий спосіб кодування, який дозволяє здійснювати безпомилкову передачу інформації, якщо продуктивність джерела нижче пропускну здатності. Для двійкового та симетричного каналу пропускну здатність визначається теоремою Шеннона, в якій використовується поняття ентропії

$$R = -\sum_{i,j} P_i p_{ij} \log S_i P_i p_{ij} + \sum_{i,j} P_i p_{ij} \log p_i$$

де $H(x) = -\sum p_i \log p_i$ - ентропія, як міри кількості інформації, видаваної джерелом дискретних повідомлень; $H(x,y) = -\sum_{i,j} p_{(i,j)} \log p_{(i,j)}$ - спільна ентропія двох множин повідомлень; $H_x(y) = -\sum_{i,j} p_{(i,j)} \log p_i$ - умовна ентропія одної безлічі $\{y\}$ по відношенню до іншої $\{X\}$. Надмірністю - забезпечує достовірність переданої інформації ($R = 0, 1$).

Висновок. Як показав проведений аналіз науково-технічної інформації використання різних систем передачі даних, з огляду, найбільш перспективним є впровадження в АСУТП бурового верстату системи передачі даних по каналах стільникового зв'язку з доступом до ТМЗК і мережі Інтернет.

Список літератури

1. А.А. Молчанов, Г.С. Абрамов. Безкабельні системи для досліджень нафтогазових свердловин (теорія і практика). /Під загальною редакцією А.А. Молчанова- Москва: ВАТ "ВНПОЕНГ", 2003.-450 с.
2. Молчанов А. А., Абрамов Р. С., Терехов Р. В. Електромагнітний канал зв'язку "забій", - гірло Наука в СПГГІ (ТУ), № 2, 1999, Санкт-Петербург.
3. Молчанов А. А., Абрамов Р. С., Сараїв А. А. Телеизмерительные системы с электромагнитным каналом зв'язку для проводки та геофізичних досліджень похило-спрямованих і горизонтальних свердловин Західного Сибіру (досвід застосування і перспективи). НТВ АІС "Каротажник", №59,1999.-С.85-91.
4. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер – пер. с англ. - М.: Мир, 2003. – 562 с.
5. Беспроводные сети Wi-Fi / А.В. Пролетарский [и др.]. - Интернет-университет информационных технологий, 2007.
6. ГОСТ 7.1. – 2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Взамен ГОСТ 7.1.– 84, ГОСТ 7.16 – 79, ГОСТ 7.18 – 79, ГОСТ 7.34 – 81, ГОСТ 7.40 – 82; введ. 2004 07 01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 166 с.

7. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. - М.: Эко-Трендз, 2005. - 384 с.
 8. Максим М. Безопасность беспроводных сетей / М. Максим, Д. Полино. - М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004. - 288 с.
 9. Олифер В.Г. Основы сетей передачи данных / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - Интернет-университет информационных технологий, 2005.
 10. Таненбаум Э.С. Компьютерные сети / Э.С. Таненбаум – СПб.: Питер, 2003.– 848 с.
 11. Официальный сайт компании Cisco - <http://cisco.ru>
 12. Сайт технологии Wi Fi - <http://wifi-wiki.ru>
 13. Худяков Г.И., Осипов А. Развитие теории оценивания пропускной способности систем электро- и радиосвязи, Компоненты и технологии. 2011. № 7.
 14. Складар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практические применения / Пер. с англ. М.: Изд. Дом «Вильямс», 2007.
 15. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. М.: Советское радио, 1974.
- Рукопись подано до редакції 15.04.14

УДК.622.61

О.Д. ПОЧУЖЕВСКИЙ, канд. техн. наук., Криворожский национальный университет,
Е.М. АРЕФЬЕВ, канд. техн. наук, доц., Донецкий национальный университет

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

На основе анализа вопроса очистки ленты от налипающей на нее горной массы установлено, что это является одной из важнейших операций при эксплуатации ленточных конвейеров на горных предприятиях, которая в свою очередь занимает около четверти объема ручных работ по их обслуживанию, а также приводит к более чем трети всех несчастных случаев на предприятиях горной промышленности. Проведенный анализ научных работ, позволил установить, что существует достаточно много всевозможных способов очистки лент, однако задача выбора оптимального способа очистки для конкретных условий зависит от совокупности всевозможных факторов (критериев) и может быть решена только с помощью использования многокритериальной оптимизации. Данный метод решения задач заключается в поиске оптимального решения, удовлетворяющего нескольким критериям, и сводится к выполнению ряда этапов. В связи с этим предложен алгоритм сравнительной оценки эффективности способов очистки конвейерных лент, состоящий из четырех этапов, который может быть использован при проектировании очистителей под заданные условия эксплуатации конвейера. Алгоритм учитывает 24 частных критерия эффективности, объединенные в экономические, эксплуатационные, технологические и социальные группы, а также весовости этих критериев. Таким образом, результаты многокритериальной оптимизации позволяют сделать вывод о перспективности очистки конвейерных лент от налипающей горной массы отрывом, обеспечивающий минимальное значение интегрального критерия.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Повышение эффективности горнодобывающих отраслей промышленности в значительной степени зависит от дальнейшего совершенствования средств непрерывной доставки горной массы. В свою очередь ленточные конвейеры в горной промышленности относятся к наиболее эффективным средствам непрерывного транспорта, поскольку характеризуются относительной простотой конструкции и обслуживания, низкими эксплуатационными затратами и высокой производительностью. Однако очистка конвейерной ленты от налипания на нее горной массы очень часто является серьезной проблемой для многих предприятий перерабатывающей, добывающей, обогащающей, строительной и других отраслей. Неудовлетворительная очистка ленты вызывает ее повышенный износ, увеличение количества аварийных остановок, приводит к интенсивному загрязнению подконвейерного пространства просыпью транспортируемого груза, очистка которого является весьма трудоемкой (составляет около 25 % от всего объема ручных работ по обслуживанию конвейеров) и кроме того небезопасной операцией (около трети всех несчастных случаев на предприятиях горной промышленности).

Среди очистных устройств конвейерных лент наибольшее распространение получили контактные скребковые и ножевые очистители за счет их более простых конструктивной реализации и обслуживания.

Анализ исследований и публикаций. Проблема борьбы с налипанием груза на конвейерные ленты не нова. Выявлено работы десятков научных, проектных организаций и высших учебных заведений. Публикации касаются широкого круга вопросов: налипание, его механизм и факторы, распределение силы адгезии по ширине конвейерной ленты, моделирование усло-

вий и определения параметров загрязнения, синтез, выбор, оптимизация показателей средств очистки, исследования отдельных способов и устройств, их реализующих. Все это достаточно широко отображено в работе Бережного А.Ю. [1].

Бибиков П.Я. в своей работе [2], провел достаточно объемный и обобщенный анализ проблемы очистки конвейерной ленты. Рассмотрено то, что еще в прошедшие десятилетия многие научно-исследовательские и проектно-конструкторские институты и предприятия в основном горного профиля вели работы по созданию очистителей конвейерных лент, однако, большинство из них носили частный поисковый характер, без учета перспективных направлений и достижений в мировой практике. Сказывались также трудности разного характера в освоении новой техники, дефицит высококачественных конструкционных материалов.

Существующих способов и устройств для очистки ленты существует большое количество, только патентный фонд технических решений в данной области включает более чем 600 патентов и авторских свидетельств по классу В65G 45/00 и является наиболее многочисленным. Несмотря на то, что принципиально новые конструкции в данной области появляются редко, а большинство изобретений сводится к разработке отдельных узлов или использованию новых материалов, известных в других областях техники, разобраться в конструкции и оценить эффективность ее работы может только специалист в данной области техники.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать что сложность решения проблемы заключается в следующем:

в литературе по непрерывному транспорту данной проблеме уделяется мало внимания, авторы в лучшем случае, излагают общие принципы подхода к проблеме. Специальная литература по очистке ленты, к которой можно обратиться носит в основном обзорный характер;

отечественная промышленность как не изготавливала, так и не изготавливает серийно эффективные устройства для очистки лент, а освоенные в 60-е годы прошлого столетия и поставляемые в комплекте с конвейерами одинарные и спаренные скребки, а также вращающиеся цилиндрические щетки не отличаются высоким качеством очистки ленты;

заказчики, составляя исходные требования на проектирование конвейерных установок, как правило, в лучшем случае ограничиваются словами: «предусмотреть мероприятия по соблюдению чистоты подконвейерного пространства» или «ленточный конвейер должен быть спроектирован так, чтобы под ним было как можно меньше просыпи»;

заказчик и исполнитель, согласовывая стоимость работ или проектирование на изготовление конвейерной установки, не учитывают затраты на разработку очистительных установок и возможные в связи с этим исследовательские работы;

отсутствует единая методика, позволяющая объективно оценить эффективность работы очистительных устройств;

проектировщики и производственники пользуются консультациями специалистов по данному вопросу.

Тарасов Ю.Д. в работе [3] классифицирует способы очистки конвейерных лент по характеру отделения загрязняющих примазок:

основанные на сдвиге (срезании) примазок параллельно плоскости ленты,

основанные на отрыве примазок от ленты и на разрушении слоя примазок. Первый способ реализуется за счет взаимодействия загрязняющей примазки с преградой. Очистка ленты отрывом может быть реализована стряхиванием загрязняющих примазок путем сообщения ей колебаний в вертикальной плоскости, центробежным воздействием на примазки путем прогиба ленты, переводом загрязняющей примазки на другую поверхность с более высокими адгезионными свойствами.

Задача выбора оптимального способа очистки для конкретных условий зависит от совокупности всевозможных факторов (критериев) и может быть решена с помощью многокритериальной оптимизации. В последнее время данный способ анализа широко используется для решения технических задач.

В работе [3] приводятся рекомендации для определения технического уровня и качества горных машин с использованием обобщенных показателей качества. В качестве примера приводится комплекс основных абсолютных и относительных показателей, для которых установлены коэффициенты весомости, применительно к очистным комбайнам с углами падения до 35°.

В имеющейся литературе нет сведений о многокритериальной сравнительной оценке спо-

собою, а, следовательно, и средств, очистки конвейерных лент.

Постановка задачи. Таким образом, разнообразие технологий и средств очистки конвейерных лент делает актуальной задачу разработки алгоритма эффективного их многокритериального сравнительного анализа с последующим выбором наиболее рациональных способов очистки.

Изложение материала и результаты. Выбор устройств для очистки конвейерных лент - сложная инженерная задача, при решении которой должен быть учтен ряд критериев.

Все критерии выбора способа очистки конвейерных лент можно отнести к следующим группам: экономические, эксплуатационные, технологические и социальные.

Экономические критерии заключаются в обеспечении минимальных материальных и трудовых затрат при изготовлении, эксплуатации и обслуживании устройств для очистки конвейерных лент. При решении эксплуатационных задач при выборе устройств для очистки конвейерных лент необходимо обеспечить безотказное их функционирование во время эксплуатации. Для решения технологических задач должны быть обеспечены технологичность изготовления, сборки и ремонта. К социальным задачам относятся: максимальная безопасность обслуживания, минимальные затраты тяжелого физического и ручного труда, комфортность труда и т.д.

Анализ критериев выбора устройств для очистки конвейерных лент позволяет говорить об их большом количестве и качественном характере. На основании этого для решения поставленной задачи целесообразно использовать многокритериальную оптимизацию.

Данный метод решения задач, заключается в поиске и обосновании лучшего (наиболее оптимального, эффективного) решения, удовлетворяющего нескольким критериям, и сводится к выполнению ряда этапов.

На первом этапе определяются альтернативные варианты технологии очистки конвейерных лент, и формируется массив критериев, которые являются факторами, учитываемыми при выборе способа очистки.

На втором этапе проектировщик (или же группа экспертов) должен для упрощения задачи пренебречь маловажными критериями, так как они могут не только усложнить общую методику расчета но и увеличить ошибку результата.

Для остальных, более весомых критериев, необходимо обязательно установить коэффициент весомости g_i , который будет учитывать степень влияния i -го критерия на эффективность и целесообразность применения способа очистки конвейерной ленты.

Следует отметить, что (1), где n число принятых для оценки критериев

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1 \quad (1)$$

На третьем этапе необходимо преобразовать все показатели альтернативных способов очистки конвейерных лент в безразмерные величины q_{ij} по формуле

$$l_{ij} = (\rho(f)_i - f_{ij}) / \rho(f)_i \quad (2)$$

где f_{ij} - значение i -го критерия для j -го способа; $\rho(f)_i$ - оптимальное значение критерия.

Значения значимости групп g_i и самих критериев f_{ij} при различных способах очистки конвейерных лент от горной массы средней липкости оценивалась по принятой трехбалльной системе – группой в составе 32 экспертов в области транспортирующего оборудования (приведены в табл. 1).

Таблица 1

Значения критериев для оценки способов очистки конвейерных лент

№ пп	Группа критериев	Значимость группы критериев, g_i	Названия критериев	Значения критериев, f_{ij}		
				Способы очистки		
				отрыв	сдвиг, срезание	разрушение
1	Экономические	0,41	Степень очистки	1,8	2,8	2,7
2			Минимальный износ конвейерной ленты	2,9	1,3	1,6
3			Стабильность очистки	2,1	2,3	1,7
4			Энерго-эффективность	2,7	1,8	1,3
5			Минимальная стоимость оборудования	2,4	2	1,9
6			Срок службы очистителя	2	1,2	2,5
7			Минимальные трудозатраты при обслуживании	2,1	2,6	1,4
8	эксплуатационные	0,27	Возможность регулирования параметров очистки	2,9	1,7	2,3

№ пп	Группа критериев	Значимость группы критериев, g_i	Названия критериев	Значения критериев, f_{ij}		
				Способы очистки		
				отрыв	сдвиг, срезание	разрушение
9			Автоматическая подача продуктов очистки ленты в общий грузопоток	1,9	3,0	1,3
10			Возможность размещения средств очистки ленты в пределах габаритов конвейера	2,6	2,8	1,2
11			Безотказность (долговечность) функционирования	2,1	1,9	1,6
12			Ремонтопригодность	2,6	2,7	1,8
13			Минимальная трудоемкость обслуживания и ремонта	2,1	2,5	1,6
14			Отсутствие влияния на тяговую способность привода	2,8	1,2	2,5
15			Уровень автоматизации	2,0	1,9	2,1
16			Технологические	0,21	Простота и доступность изготовления силами самого предприятия	1,4
17	Технологичность монтажа	1,9			1,8	1,3
18	Технологичность ремонта	2,3			2,7	1,6
19	Социальные	0,11	Безопасность обслуживания	2,0	2,3	1,3
20			Минимальные затраты ручного и тяжелого физического труда	2,3	2,6	2,4
21			Комфортность труда	2,4	2,6	1,6
22			Легкость и удобство управления	2,5	1,9	2,3
23			Санитарно-гигиенические условия труда	2,4	2,7	2,1
24			Защита окружающей среды	1,7	1,6	1,3
Интегральный критерий SK_j				1,54	1,81	2,55

На четвертом этапе производится расчет сформированного суперкритерия SK (табл. 1) следующим образом

$$SK_j = \sum_{i=1}^n q_{ij} g_i, \quad (3)$$

Таким образом, результаты многокритериальной оптимизации позволяют сделать вывод о перспективности очистки конвейерных лент от налипшей горной массы отрывом, обеспечивающий минимальное значение интегрального критерия.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложен алгоритм сравнительной оценки эффективности способов очистки конвейерных лент от налипания на нее горной массы, который может быть использован при проектировании очистителей под заданные условия эксплуатации конвейера. Алгоритм учитывает 24 частных критерия эффективности, объединенные в экономические, эксплуатационные, технологические и социальные группы, а также весомости этих критериев.

Произведена многокритериальная оптимизация способов очистки конвейерной ленты, которая позволила сделать вывод о перспективности развития очистных устройств, принцип действия которых основан на отрыве налипшей горной массы.

Список литературы

1. **Бережний А.Ю.** Обґрунтування параметрів ножових очисників стрічок конвеєрів для гірничих підприємств: Автореф... дис. канд. техн. наук. - Донецьк: ДНТУ, 2007. - 16 с.
2. **Биби́ков П.Я.** Очистка конвейерной ленты, взгляд на проблему / **П.Я. Биби́ков** // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ) – Москва, 2004. – Вып. 3. – С. 300–302.
3. Тарасов Ю.Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства.- М.: Недра, 1993, 192 с.
4. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учебн. для вузов / **Малеев Г.В., Гуляев В.Г., Бойко Н.Г.** и др. – М.: Недра, 1988. – 368 с.
5. **Слепой Ю.Ш., Орешкин В.Л., Гуленко Т.Н.** Непрерывный транспорт в промышленности строительных материалов. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение. 1988 176 с.
6. **Смирнов В.Н.** Совершенствование существующих способов очистки конвейерной ленты от налипшего материала. Сб. транспорт шахт и карьеров, М.: 1971 с. 374-377.
7. **Кондрахин В.П.** Оптимизация параметров вибрационного очистителя конвейерной ленты / **Кондрахин В.П., Арефьев Е.М.** // Горная электромеханика и автоматика. - Днепропетровск, 2012. - Вып. 88. - С. 84-89.
8. **Аппоневич Е.К.** Определение числа оборотов очистителей конвейерной ленты / **Аппоневич Е.К.** // Горно-транспортное оборудование конвейеров. – Киев, 1971. – С. 109-113.

9. **Бережной А.Ю.** Обоснование параметров ножевых очистителей лент конвейеров для горных предприятий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / **Бережной Андрей Юрьевич.** – Донецк, 2008. – 198 с.
10. **Тарасов Ю.Д.** Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / **Тарасов Ю.Д.** - М.: Недра, 1993. – 192 с.
11. **Dinlinger E.** Uber dem Grabewiderstand. "Fordertechik", Bd. 22, 1929. s. 386-412.
12. **Kummer H.W., Meyer W.E.,** Paper B-II, 11-th FISITA Congress, Munich. 1966.
13. **Rathje J.** Der Schnittvorgang im Sande. V.D.J. - B.: Verlag G.M.B.B. -1931. s. 213-265.
14. **Stepian K.** Porownanie i ocena wlasnosci eksploatacyjnych tasm przenos-nikowych oraz prezentacja mozliwosci wykorzystania odradow tasm.- Prace naukowe Instytutu Gornictwa Politechniki Wroclawskiej 75, Seria: Konfer-encje 17, Wroklaw, 1994, s. 235-243.
15. 127. Gow A.M., Gugenhetm M., Campba U. and Goghill W.H. Ball milling Methods, 1934.
16. Grinding With an angular sapiral lining system, "Aastmt. Mining", 1975, v.67, № 5, p. 23.

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 681.5.015: 622.73.002

В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. Криворізький національний університет
Д.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, ПАТ «ПівдГЗК», **К.Г. ТІТОРЕНКО**, ПАТ «ПівдГЗК»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ДРОБАРНОЇ ФАБРИКИ

Розроблено інтелектуальну систему управління електроспоживанням дробарної фабрики в період обмеження максимуму енергосистеми. Управління дробарними фабриками за допомогою сучасних інтелектуальних систем експертного оцінювання багатостадійного процесу дроблення в період «день», «ніч», «пік», «напівпік» забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на одну тону дробленого продукту. Розроблено адаптивну систему управління електроспоживанням типової дробарної фабрики гірничозбагачувального комбінату, в якій використано експертні системи автоматизованого управління технологічними процесами дроблення та управління електроспоживанням. У системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання дробарних фабрик важливу роль відіграє організація процесу розпізнавання технологічних ситуацій оцінки знань оператора електроспоживання і прийняття рішень. Усі процесори в інтелектуальній системі управління (ІСУ) працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд з датчиків контролю якості руди, систем телемеханіки і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД2.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, інтелектуалізація.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними виконаннями. Сучасні автоматизовані системи управління електроспоживанням складних технологічних процесів дроблення руди на дробильних фабриках гірничо-металургійного комплексу України представляють собою багаторівневі людино-машинні системи управління [1]. Створення АСУ електроспоживання дробарних фабрик зі складними технологічними процесами переробки руди з різними текстурними характеристиками міцності є основним завданням спеціалістів проектувальників на стратегічному періоді до 2020 р., яке можна виконати за рахунок розробки та впровадження сучасних інтелектуальних систем управління з використанням автоматичних інформаційних систем збирання даних і обчислювальних комплексів та програмного забезпечення. Внаслідок недостатньої 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, здрибнення та збагачення [1] [2]. Тому енергозабезпечення визначено одним із пріоритетних напрямків державної політики України і має реалізовуватися, як довгострокова та чітко спланована програма дій до 2030 р. [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Відомі роботи [1,2,4,5] в яких розглянуто можливість економії енергоресурсів за рахунок впровадження систем автоматизованого управління технологічними процесами дроблення. Головною ознакою сучасних робіт в сфері управління енергозбереженням є впровадження інтелектуальних систем управління енергозбереженням на усіх ієрархічних рівнях енергоспоживання. Тому комплексне вирішення проблеми енергозбереження за рахунок впровадження інтелектуальних систем управління гірничо-металургійним ком-

плексом на базі EPR систем, є одним із шляхів успішного подолання економічної та енергетичної кризи, які тісно пов'язані з оптимізацією енергопостачання [1,6].

Постановка завдання. Головним завданням статті є розробка концепцій інтелектуального управління процесами енергоспоживання дробарних фабрик підприємств гірничо-металургійного комплексу України. Справа в тому, що витрати на технологічні процеси дроблення і здрібнювання та огрудкування складають більше половини собівартості гірничо-збагачувального виробництва. Наприклад, питомі витрати електроенергії для підприємств Групи «МетІнвест» на виробництво 1 т концентрату склали у 2011-2013 рр. відповідно 120 кВт/т - 128 кВт/т. Тому актуальним питанням є оптимізація процесів електроспоживання шляхом підвищення якості автоматизованого керування дробарними, збагачувальними фабриками на базі інтелектуального управління технологічними процесами.

Викладання матеріалу та результати. Основними вихідними змінними процесу дроблення в конусних дробарках (КД) є питомі затрати електроенергії на створення заданого гранулометричного складу дробленого продукту $\gamma_{\text{вих}}$, продуктивність процесу $Q_{\text{др}}$, і споживана потужність $P_{\text{др}}$. Керуючими впливами є продуктивність рудного постачання $Q_{\text{вх}}$, розмір розвантажувальної щілини КД і частота хитань її рухливого конусу ν , а збуреннями - гранулометричний склад вхідної руди $\gamma_{\text{вх}}$ та її міцності ρ стан футеровок, тощо. В роботі [1,2] доведено, що для оптимізації рудо підготовки необхідно узгоджено управляти процесами електроспоживання і процесами багато стадійного дроблення і транспортування заповнення бункерів.

Процеси дроблення і здрібнення з позиції оптимального керування електроспоживанням є динамічними, нелінійними, стохастичними об'єктами зі змінними параметрами, що мають транспортні запізнювання, різні динамічні режими споживання активної потужності (зміну структуру) і залежать від досвіду персоналу диспетчерів, як електроспоживчих систем так і дробарних фабрик. Їх динамічні властивості в різних каналах визначаються лінійними передатними функціями аперіодичної ланки першого або другого порядку із запізненням та складними вимогами до ОПР – особи, яка приймає рішення – диспетчера енергосистеми і диспетчера дробарної фабрики. У цьому випадку, такі складні системи управління можливо спроектувати на основі технологій штучного інтелекту, в яких людина її управлінський досвід є експертною системою при побудові систем керування, як технологічних процесів дроблення так і керування системою енергоспоживання.

В системі використана ідея побудови автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) енергоспоживанням дробарної фабрики з особою, яка приймає рішення (ОПР) і експертної системи (ЕС) та з системою прийняття рішень, щодо чинників електроспоживання ДФ в періоди обмеження потужності енергосистеми.

В якості архітектури інтелектуальної системи управління (ІСУ) прийнята композиція із наступних блоків:

БАВІ - блока аналізу вхідної інформації, який виконує зв'язок із системою телемеханіки і засобами спілкування ОПР з персоналом енергосистеми. БРКС - блок розпізнавання і класифікації ситуацій БПУР - блок планування управлінських рішень. Дану процедуру опишемо так

$$\varphi_{n.p} = (S, R_{\text{ц}}, \Pi, K_p, M_{\text{опр}}, O_{\text{опр}}, R_{\text{ц1}}), \quad (1)$$

де S - ситуація електроспоживання; $R_{\text{ц}}$ - множина цільових управлінських рішень, які можуть бути знайдені в моделі пошуку рішень (БЗ) M_1 , яка налагоджена на поточну ситуацію $S_1 \in S$ при використанні стратегії максимізації завантажень ДФ. Дана процедура виконує дві функції планування електроспоживання ДФ та пошуку оптимальних рішень, щодо завантаження конусних дробарок чотирьох стадій дроблення сирової руди. Π - цілі управління енергоспоживанням ДФ; K_p - критерії, що характерні для даного рівня прийняття рішень, щодо енергоспоживання ДФ; $M_{\text{опр}}$ - моделі допустимої області прийняття управлінських рішень; $O_{\text{опр}}$ - область оптимальних управлінських рішень у відповідності з визначенням енергетичним менеджментом ДФ цілями і критеріями; елемент кортежа $R_{\text{ц1}}$ - є множиною тих управлінських рішень, які задовольняють $O_{\text{опр}}$ і можуть бути в першу чергу рекомендованими для реалізації в системі енергоспоживання ДФ.

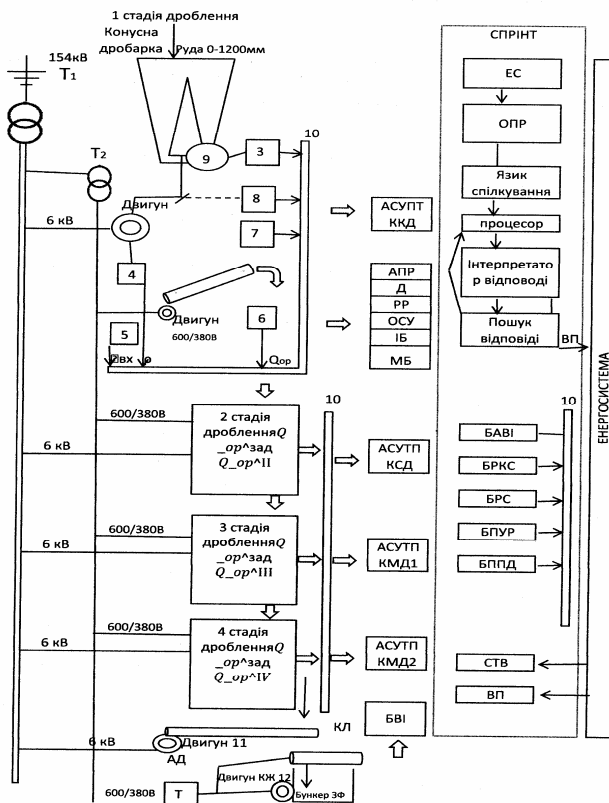


Рис. 1. Інтелектуальна система управління електроспоживанням дробарної фабрики

Процедура $\varphi_{п.р}$ - синтез рішень, який дозволяє зменшити кількість одночасно рекомендацій ОПР управлінських рішень. Крім того процедура ранжує управлінські рішення, які надають диспетчеру по інформації чинників $\varphi_6, R_{ц}$. у вигляді експертних оцінок (ЕО).

При цьому процедура задається у вигляді виразу $\varphi_{п.р1} = (S, R_{ц2}, O_{оуп}, R_{ц1})$, а інформація для ОПР після виконання цієї процедури надається у вигляді ситуацій

$$\langle \{S\} \rangle = \{R, O_{оуп}, O_{дуп}\}, \quad (2)$$

де $O_{дуп}$ - область допустимих управлінських рішень.

Отже людина-диспетчер електроспоживання ДФ може зв'язати поточну ситуацію з необхідними рішеннями з врахуванням їх належності до $O_{оуп}$, задаючи значенням $R_{ц2}$; При цьому ОПР може вибирати одне із рішень (із системи рекомендованих), або приймає своє рішення, яке може відрізнитись від рекомендованого $R_{ц}$

Якщо $R_{ц} \cap \bar{R} = 0$, то це рішення може бути реалізовано, у даному випадку

$\bar{R} = R_{ц} \cap R_{ц1} \cap R_{ц2}$ - заперечена множина рішень. Формально цю процедуру опишемо $\varphi_8 = \langle S, R, \bar{R}, R_{ц} \rangle$

Процедура оцінки результатів реалізації рішень в енергосистемі ДФ дозволяє оцінити ефективність прийнятих і реалізованих рішень з метою корекції (в режимі навчання або самонавчання), моделі знань системи і переведення частини інформації виду $\langle \text{ситуація} \rangle - \langle \text{рішення} \rangle$ із сфери системи ІСУ в сферу локальної автоматики. Цю процедуру може описано так

$$\varphi_9 = \langle S, R, U, R_{ц}, M_1, \varphi_{13} \rangle, \quad (3)$$

де φ_{13} - процедура навчання (самонавчання) системи і корекції її моделі знань M_1 .

Процедура інформаційного діалогу організовує людино-машину взаємодію ОПР з ІСУ для одержання необхідної оператору інформації $C_{ц}$ у вигляді

$$\varphi_{11} = \langle \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4 \rangle,$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ - процедури: φ_1 - ситуативної класифікації; φ_2 - модельної класифікації; φ_3 - формування стратегії цілі пошуку рішень; φ_4 - процедура пошуку цільових управлінських рішень у відповідності з цілями і критеріями управління: $\varphi_4 = \langle S, C, M_1, R_{ц} \rangle$. У цій процедурі $R_{ц}$ - множина цільових рішень, які можливо знайти в базі знань (БЗ). M_1 - налагоджений на поточну ситуацію $S, \epsilon \in S$ при використуванні стратегії $C_i \in C$.

Процедура визначення інформаційного базису для прийняття рішень виконує зв'язок зі системою телемеханічного збору інформації з метою організації відбору і оброблення інформації і запису її у інформаційну модель (базу даних – БД) систем.

Формально ця процедура може бути описана

$$\varphi_{12} = \langle S, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, M_1, M_0 \rangle, \quad (4)$$

де M_0 - інформаційна модель, яка зберігає поточний стан об'єкту;

Процедура адаптації/навчання дозволяє організувати автоматизоване налагодження ІСУ на область оптимального управління електроспоживанням ДФ

$$\varphi_{13} = \langle L_{я}, E_3, E_4 \rangle,$$

де $L_{я}$ - механізм корекції моделей БЗ і даних (засоби ЯСЗ і ЯСД), які дозволяють зв'язати інформацію в її машинному уявленні; E_3, E_4 - множина елементів рівнів моделі знань і даних;

Процедура діалогового управління ІСУ може бути описана так

$$\varphi_{14} = \langle S, L_{яоз}, L_{яод}, M_1^{EOM} \rangle, \quad (5)$$

де S – проектна ситуація із класу ситуацій людино-машинного проектування (ЛМП)[6], яка віддзеркалює предметно-орієнтовану постановку задачі побудови інформаційно-модельного базису (ІМБ), $L_{яоз}, L_{яод}$ - мовні засоби опису елементів модельного базису знань і даних.

M_1^{EOM} - машинне уявлення знань оператора енергоспоживання (ІМБ). Відповідно зі сказаним логічну послідовність управління енергоспоживанням через енергосистему ГП за допомогою ІСУ наведено на схемі (див. рис. 1) у вигляді блоку АПР - автоматичного пошуку рішень.

У цій схемі наведені також блоки: Д - людино-машинний діалог, РР – реалізація рішень; ОСУ - об'єкт і середовище управління; ІБ - інформаційний базис; МБ – модельний базис.

Крім цього в системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ також використані: СТВ – система телевимірювань параметрів енергосистеми та ВП – виконавчі пристрої; БВІ – блоки візуалізації інформації, БППД – блок пошуку процесів діалогу ОПР енергосистеми і диспетчера ДФ. Тобто цей блок виконує взаємодію на мові професійної лексики диспетчера ДФ і диспетчера енергосистеми. Така ідеологія побудови БППД слугує надійною гарантією одержання відповіді у виділені терміни для задоволення вимог виконання управлінських рішень (УР).

При побудові ІСУ важливим є принцип організації обчислювального процесу. У відповідності з концепцією організації енергоспоживання ДФ нам потрібно вирішити наступні обчислювальні процедури: розробки і прийняття рішень; проектування програмного забезпечення; адаптація/навчання, адміністрування системи.

Кожна із цих процедур створена для визначення групи користувачів, утворюючи чотири контури (режими) роботи ІСУ.

У контурі вибору і прийняття рішень система одержує інформацію лише про параметри електропостачання. Основна функція цього контуру задовольнити потреби ОПР для управління електропостачанням ДФ. Контур адаптації/навчання ІСУ - має зв'язок з експертами – управліннями. Основна функція контуру - створення моделі знань, щодо предметної області управління електропостачанням і перевірка її. Така процедура виконується експертним шляхом за рахунок спеціальних алгоритмів і засобів самонавчання, які включенні в БЗ [6,7].

Звернемо увагу на те, що в системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ важливу роль відіграє організація обчислювального процесу розробки і прийняття рішень блоком (БПУР).

Усі процесори в ІСУ працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд зі СТВ і ВП і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД-2. В цих уніфікованих системах керування процесом дроблення в конусних дробарках (КД), наведених у рис. 1 вхідна руда після дроблення в КД через бункер 1 потрапляє на конвеєр 2. Систему складають: пристрій 3 контролю ширини розвантажувальної щілини дробарки; датчики 4,5 контролю крупності й міцності вхідної руди; конвеєрні ваги 6; пристрій 7 контролю гранулометричного складу дробленої руди (гранулометр), а також виконавчий механізм 8 регулювання ширини розвантажувальної щілини 9 дробарки. Ці пристрої пов'язані з керуючою системою за допомогою інформаційної шини 10.

У відповідності з алгоритмом роботи ДФ[4] керуюча система виконує оцінку поточного стану процесу дроблення спочатку ККД, а потім інших стадій. Для цього здійснюються опитування й усереднення за попередній інтервал показників датчиків 3,4,5,6, а також гранулометра 7. Далі виконується ідентифікація прогнозуючої моделі процесу ККД, за оцінками якої визначається оптимальне керування (зміна ширини розвантажувальної щілини дробарки) g_{opt} на наступний інтервал, яке відпрацьовується гідравлічною системою 8 регулювання щілини.

Подібну архітектуру керування мають і інші стадії дроблення і здрибнення, їх поєднує, те, що в системах контролю гранулометричного складу кускової руди задіяний оптичний метод контролю, та контролю крупності й міцності вхідної руди КД.

Технічна реалізація цих способів контролю крупності й міцності вхідної руди КД здійснюється на основі цифрового сигнального процесора TMS 320C55x., а технічна реалізація спосо-

бу контролю гранулометричного складу руди в потоці полягає у відеомоніторингу частини конвеєра живника за допомогою апаратури Agvantech VBOX. Параметри електроспоживання на підстанції ГЗП контролюються за допомогою системи телемеханічних вимірювань (СТВ) SCADA - систем[6]. Програмний SCADA пакет Citect забезпечує взаємодію не лише з пристроями введення/виведення, але і з іншими джерелами інформації БД, БЗ, БМ, Windows - програм і зовнішніх комп'ютерних систем ДФ. Крім цього вся інформація з датчиків дробарного комплексу, системи телемеханічних вимірювань, витрат електроенергії, активної та реактивної потужності, управлінських механізмів, ВП, промислових контролерів в реальному часу надходить в SCADA систему. Для забезпечення простоти підключення цих пристроїв в Citect[8] використані сервери введення - виведення інформації орієнтовані на конкретні типи обладнання ДФ та головних знижувальних підстанцій (ГЗП).

В системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання ДФ в якості СТВ (системи телемеханічних вимірювань активної і реактивної потужностей) використані мікросхеми серії ADE775* корпорації Analog Devices[9]. У системі електроспоживання ДФ використані також мікроконтролери серії PIC1&F, в якому поєднані принципи АЦП, таймери, норми вводу/виводу, flash - пам'яті і т.ін., та використовується програмний лічильник з 21 розрядів.

Адресування відбувається побайтно, причому при виборі команди значення лічильника збільшується на 2. Цю серію рекомендовано використовувати в системах СТВ – ВП енергосистеми та енергоспоживання ДФ на підстанціях ГЗП [9,10,11].

Для забезпечення оптимальної роботи ДФ і її електрообладнання необхідно визначити величину тарифу для сплати за споживану активну електроенергію. Відповідно до [11][12] електроспоживання ДФ будемо ділити на зони залежно від часу суток: “ніч”, “напівпік”, “пік” (рис. 2).

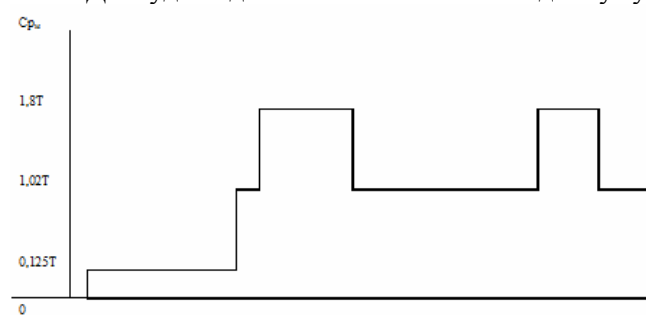


Рис. 2. Залежність тарифу на активну електроенергію від часу доби

У загальному вигляді тариф на сплату за активну електроенергію визначається по виразу

$$Cp_m = TKp_m, \quad (6)$$

де Kp_m - коефіцієнт множення середньої прогнозованої вартості електроенергії для кожної зони, складає 0,25, 1,02 і 1,8 для ночі, напівпік та пік, відповідно.

Форма оплати і модель (6) заносяться в БАВІ інтелектуальної системи ІСУ, у вигляді бази даних, і бази знань, і алгоритмів керування дробильним комплексом.

Інтелектуальна система ІСУ та АСУТП ДФ утворюють узгоджену систему оперативного управління технологічним процесом [12] з гарантованим зменшенням кількісних параметрів витрат електроенергії в періоди пікових навантажень енергосистеми.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблений підхід до побудови інтелектуальної системи управління електроспоживанням, яка автоматизує функції диспетчерського управління електроспоживанням ДФ і яка базується на методології систем прийняття інтелектуальних рішень. Новим в цій технології є можливість розпізнавання проблемних технологічних ситуацій, автоматичне рішення задач пошуку і логіки прийняття управлінських рішень і одержання пояснень дій оперативного персоналу. Наявність такої технології дозволило оперативному персоналу узгоджено керувати процесами дроблення в періоди обмеження максимуму енергосистем за рахунок розроблених адаптивних систем управління процесами дроблення і здрібнення і визначення в часі активної потужності та значення ширини розвантажувальної щілини дробарки на наступний інтервал процесу керування.

Список літератури

1. Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу / **В.П. Хорольський** // Під ред. В.П.Хорольського. Монографія. – Дніпропетровськ: Січ, 2008. – 448с.
2. **Кочура Е.В.** Развитие научных основ автоматизации процессов магнитного обогащения руд с целью энергосбережения: дис. на соиск. уч. степени докт. техн. наук / **Е.В. Кочура**. – Днепропетровск, 1996 – 331с.
3. Закон України «Про електроенергетику» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rada.gov.ua>.
4. А.с. 967567 СССР, Способ автоматического управления дробильным комплексом/ **Б.И. Рыбалко, В.П. Хорольский, Т.Ю. Трач** Оpub. 23.10.82, Бюл. изобр. №39.

5. **Авилов–Карнаухов В.Н., Зюбровский Л.Г.** Экономия электроэнергии на рудобогатительных фабриках. – М: Недра, 1987. - 159 с.
6. **Башлыков А.А.** Проектирования систем принятия решений в энергетике. - М.: Энергоатомиздат,
7. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 5 - и тт.; 2 – е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления /Под ред. **К. А. Пупкова, Н.Д. Егупова.** - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 784 с.
8. **Андреев Е.Б.** Проектирование систем управления в SCADA - пакета in Touch. <http://www.oglibrary.ru/data/demo/9182/9182.htm>
9. Active and apparent energy metering IC with di/dt sensor interface. Preliminary technical data. - Analog Devices Inc., 2002. – 38с
10. PIC16F87* 28/40pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC 30292C. - Microchip Technology Inc., 2002 – 184с
11. PIC18FXX2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS 30564A. - Microchip Technology Inc., 2003 – 299 с.
12. **Муравьев В, Банасевич А.** Технологические решения в управление предприятием// Корпоративные системы, 2000. - №4. - С. 27-31.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

УДК 621.316.9: 622.271.33

А.В. ПИРОЖЕНКО, канд. техн. наук, **Т.В. ПИРОЖЕНКО**, наук. співроб.
НДІБПГ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОСНОВА ОПОРИ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕНТАРНИХ ВАНТАЖІВ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ПЕРЕСУВНИХ ВНУТРІШНЬОКАР'ЄРНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач визнаний як критичний через недостатню стійкість опор з металевими основами. Усі відомі рішення металевої основи пересувної опори потребують привантаження основи для забезпечення її стійкості. Привантаження не може гарантувати стійкість основи опори, оскільки в умовах відкритих гірничих робіт здійснюється породою. Наведено методику розрахунку металевої основи пересувної опори внутрішньокар'єрних високовольтних ліній електропередачі, яка забезпечує її стійкість без додаткового навантаження. Опори розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів. Вказані розрахунки проводилися для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш невідгідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов. Розрахунки стійкості опори проводилися в режимі найбільших навантажень, тому що тяжіння проводів в цьому режимі значно перевищує тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру. Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тяжіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тяжіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру і температурі – 5°C.

Після визначення усіх складових розв'язувалося рівняння рівноваги опори відносно маси основи при необхідному коефіцієнті стійкості. У результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг. Розроблено конструкцію основи для будь-якого типу пересувних опор, яка не потребує при вантаженні.

Проблема та її зв'язок з практичними завданнями. Внутрішньокар'єрні високовольтні лінії електропередач, що живлять пересувні електроустановки, мають значну протяжність і достатньо розгалужені. Зазвичай протяжність пересувних внутрішньокар'єрних ліній в умовах Кривбасу складає більше 50 км для одного кар'єру, при цьому відстань між пересувними опорами (габаритний прогін) згідно з [1], не повинна перевищувати 50 м. Отже, кількість пересувних опор кар'єру може складати більше тисячі.

Стійкість пересувних опор на металевих основах повинна забезпечуватися привантаженням основи інвентарними залізобетонними вантажами масою 550 кг для проміжних та 1000 кг для кутових (кінцевих) опор і опор, які обмежують прогін спуску з уступу на уступ, згідно з п. 7.12 [1].

Привантаження основ опор є трудомісткою і нетехнологічною операцією, що в кілька разів збільшує час монтажу-демонтажу пересувних ЛЕП і, крім того, знижує безпеку робіт з перевлаштування або спорудження нових ліній електропередачі в кар'єрі. На практиці в

реальних умовах кар'єру привантаження основи опори здійснюється породою. Однак при цьому досить складно гарантувати її стійкість, оскільки маса привантаження буде залежати від фракції породи, її вологості і т. ін., що приводить до падіння опор під час їх демонтажу (монтажу) з самими негативними наслідками.

Отже, критичний стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) ЛЕП в кар'єрі підтверджує необхідність якомога швидшого вирішення проблеми стійкості опор з металевими основами.

Аналіз досліджень та публікацій. Відомі типові конструкції металевих основ пересувних опор марки М5 [2] та М9 [3] проекта Гіпроруди, що експлуатуються в кар'єрах. Розміри першої основи складають 2,5×1,4 м при масі 745 кг, другої - 1,5×1,5 м при масі 700 кг. Подальші дослідження пересувних опор [4, 5] направлені на вдосконалення конструкцій їх основ з метою зменшення часу на монтаж-демонтаж пересувної лінії або конструкцій, що виконані на колісних парах [6,7] і таке ін. Отже, всі відомі рішення основи пересувної металевої опори потребують привантаження для забезпечення її стійкості.

Постановка завдання. Розроблення технологічної конструкції металевої основи для будь-якого типу опор (проміжна, кутова, кінцева) з достатніми розмірами та масою для забезпечення стійкості опори без застосування інвентарних вантажів.

Викладення матеріалу та результати. Навантаження і транспортування опор в кар'єрах здійснюється, як правило, опоровами, максимальне захоплення яких складає 3 м, а максимальна вантажопідйомність - 2,5 т. Отже, максимально можлива ширина основи опори за умовами вантаження і транспортування складає 3 м, а загальна маса основи – не більше як 2,5 т.

Опори, згідно вимог [8], розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів.

Причому, вказані розрахунки проводилися для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш не вигідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов, які спостерігаються у Криворізькому басейні один раз на 10 років.

Максимальна напруга в проводах може мати місце або при найнижчій температурі повітря, або у режимі найбільших навантажень і температурі повітря - 5 °С [9].

Критерієм умови виникнення максимальної напруги проводів є величина критичного прогону, який визначається за формулою

$$l_{кр} = G_{макс} \sqrt{24\alpha(-5^\circ - t_{мін}) / \gamma_{макс}^2 - \gamma^2}, \quad (1)$$

де $G_{макс}$ - максимальна допустима напруга у матеріалі провода, кг/мм²; α - температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу провода, град⁻¹; $\gamma_{макс}$ - максимальне приведені навантаження, кг/м-мм²; γ - приведені навантаження від власної маси провода, кг/м-мм²; $t_{мін}$ - мінімальна середньодобова температура повітря, С°.

Критичний прогін проводу А-35, при мінімальній середньодобовій температурі січня для Криворізького басейну - 20°С [10], обчислене за формулою (1), складає 41,2 м. Габаритний прогін для пересувних ЛЕП відкритих гірничих робіт складає 50 м.

Отже, оскільки габаритний прогін більше за критичний, розрахунки тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру не здійснюються, тому що тяжіння проводів буде більшим в режимі найбільших навантажень.

На рис. 1 наведено розрахункові навантаження пересувної опори з металевою основою та дерев'яною стійкою довжиною 9 м.

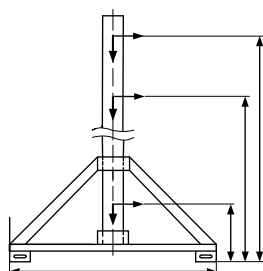


Рис. 1. Розрахункові навантаження пересувної опори

Стійкість опори в цілому визначається як відношення сумарного моменту утримуючого $M_{упр.}$ до сумарного моменту перекидаючого $M_{пер.}$ відносно ребра перекидання $H-H$.

При цьому відношення вказаних моментів (коефіцієнт стійкості) повинно бути не меншим за коефіцієнт перевантаження при вибраному найгіршому режимі тяжіння проводів, величина якого,

згідно [8], повинна бути не менше як 1,2.

Отже,

$$(M_{ymp} / M_{nep}) \geq K, \quad (2)$$

де K - коефіцієнт стійкості, $K_{\min}=1,2$.

Сумарний утримуючий момент, який діє на опору

$$M_{ymp} = (F_1 + F_3 + F_5) \cdot \frac{b}{2}, \quad (3)$$

де F_1 - маса проводів, кг; F_3 - маса дерев'яної опори і траверси, кг; F_5 - маса основи, кг; b - прийнята ширина основи опори, 3 м.

Сумарний перекидаючий момент, який діє на опору

$$M_{nep} = F_6 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_4 \cdot l_3, \quad (4)$$

де F_6 - тягіння проводів з урахуванням вітрового навантаження, кг; F_2 - вітрове навантаження, яке діє на опору, кг; F_4 - вітрове навантаження, яке діє на основу, кг; l_1, l_2, l_3 - результуючі точки прикладання до опори перекидаючого зусилля від тягіння проводів, вітрового навантаження, яке діє на опору, та вітрового навантаження, яке діє на основу, відповідно, м.

Для визначення величини тягіння проводів F_6 спочатку проводився розрахунок механічних навантажень на провід, після чого складалися схеми розрахункових навантажень на опору від тягіння проводів для усіх видів опор за умов, вказаних вище.

Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тягіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тягіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру 50 кг/м^2 і температурі -5°C .

Після визначення усіх складових рівнянь (3) і (4) розв'язувалося рівняння рівноваги опори (2) відносно маси основи F_5 при мінімальному коефіцієнті стійкості.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг.

Вказані параметри основи опори були прийняті за основу під час розробки проекту, узгодженого з Держгірпромнаглядом, за яким було виготовлено експериментальні зразки основи опори, що не потребують привантаження.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблена конструкція металевої основи, яка забезпечує стійкість будь-якого типу пересувних опор без застосування інвентарних вантажів, що підтвердили її випробування в умовах ПАТ «Інгулецький ГЗК».

Подальші дослідження повинні бути направлені на конструктивне вдосконалення металевої основи пересувної опори, що не потребує привантаження, з метою підвищення її технологічності.

Список літератури

1. НПАОП 0.00-1.58-12 «Правила охорони праці під час експлуатації електроустаткування та електромереж на відкритих гірничих роботах».
 2. Передвижные опоры линий электропередачи 6-35 кВ для карьеров. – Гипроруда, типовая серия 3.407.9-180.1.
 3. Передвижные опоры линий электропередачи 6-35 кВ для карьеров. – Гипроруда, типовая серия 3.407.9-180.4.
 4. Патент РФ № 2013107. Опора воздушной линии электропередачи. / **Н.С. Чурочкина, И.В. Смирнов**; опубл. 10.10.2013, бюл. № 7.
 5. Патент РФ № 7931012. Опора воздушной линии электропередачи. / **В.П. Дикий, А.Л. Ивановский, Н.М. Коробков** и др.; опубл. 20.06.2008, бюл. № 21.
 6. **Miriam P., Roger E.** Power line carrier channel application considerations for transmission line relaying/Pulsar Technologies. – 1997.05. – P. 1-51.
 7. А.с. 876936 СССР, МКИ Е04Н 12/04. Передвижная опора линии электропередачи/ **И.Н. Георгиев** //№ 4811604/33; заявл. 05.03.90, опубл. 23.07.92. Бюл. № 27.
 8. Правила устройства электроустановок, шестое издание. М., 1987.
 9. **Короткевич М.А.** Проектирование линий электропередачи. Механическая часть. – М.: Высшая школа, 2010. – 576 с.
 10. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. **Ю.Г. Барыбина** и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
- Рукопис подано до редакції 25.02.14

КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЬОК В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ЯК ПІДСИСТЕМИ АСУ ВИШУ

Розглянуто критерії оптимальності задачі автоматизованого складання розкладу занять ВНЗ, відмінностями яких від існуючих є угруповання частинних критеріїв оптимальності для побудови двох узагальнених критеріїв оптимальності, відповідальними за ступінь врахування інтересів студентів та викладачів. Узагальнені критерії оптимальності вводяться як зважена адитивна згортка частинних критеріїв оптимальності. В узагальнений критерій врахування інтересів студентів входять чотири часткових критеріїв оптимальності: число "вікон" у розкладі навчальних груп, баланс навантаження в розкладі навчальних груп, виконання правил угруповання занять по дням тижню, виконання правил угруповання занять по порядку занять в один день. До складу критерію врахування інтересів викладачів входять наступні частинні критерії: число "вікон" у розкладі викладачів, виконання обмеження на максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, виконання обмеження на мінімальне число занять у довільний день тижня для викладачів, особисті побажання викладачів. Узагальнений критерій оптимальності розкладу викладачів враховує ступінь оптимальності індивідуального розкладу кожного викладача. Для кількісного порівняння та ранжування часткових критеріїв оптимальності вводиться числовий еквівалент ступеня важливості кожного часткового критерію оптимальності.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Серед характеристик, що можна вимірювати і контролювати, які визначають якість керування освітнім процесом, істотне положення займають показники якості управління ресурсами. Стосовно завантаження аудиторного фонду критерії якості мають об'єктивний характер і досить просто визначаються у кількісній мірі. З якістю використання професорсько-викладацького складу ситуація дещо складніша: кожен викладач має своє особисте уявлення до якості складеного для нього розкладу та якості розкладу студентів стосовно його дисципліни. Як відомо [1,2], розклад занять має досить суттєвий вплив на якість підготовки фахівців взагалі.

З метою керування освітнім процесом і виявлення прихованих факторів, що негативно на нього впливають, використовуються математичні моделі, в основі яких лежить апарат класичного регресійного аналізу. Опіраючись на ці моделі, будуються прогнози якості розкладу занять які використовуються в процесі складання розкладу, що дозволяє зменшити кількість варіантів розкладів при пошуку оптимального.

Аналіз досліджень і публікацій. Численні дослідження у галузі теорії розкладів доводять, що проблема створення оптимального розкладу за один цикл є дуже складною, оскільки не існує єдиного критерію оптимальності для розкладу занять [3-5]. Різні види інтегральних критеріїв оптимальності є компромісними і в більшості випадків вони вступають у протиріччя з локальними критеріями [6]. Задача складання оптимального розкладу розкладається на дві підзадачі: складання повного розкладу і вирішення всіх протиріч та оптимізація складеного розкладу. Задача складання оптимального навчального розкладу в загальному випадку характеризується великою розмірністю, тобто великим числом елементів у векторі невідомих, великою кількістю обмежень і критеріїв оптимальності. У роботах [3,6,7] обґрунтована необхідність декомпозиції цієї складної задачі на підзадачі. Існуючі способи складання навчального розкладу розрізняються кількістю, видом обмежень, що враховуються, і критеріїв оптимальності. До того ж часто ці завдання є NP - важкими [8], тому для їхнього вирішення застосовуються різноманітні підходи й методи.

Постановка завдання. У загальному випадку всі частинні критерії оптимальності розкладу занять можуть бути розбиті на дві групи, а задача пошуку оптимального розкладу може бути зведена до постановки задачі оптимізації із двома узагальненими критеріями оптимальності, відповідальними за ступінь врахування інтересів студентів і викладачів. Між частинними критеріями кожної із груп теж можливі конфлікти [9], наприклад, при максимальному врахуванні особистих побажань до розкладу одного викладача за рахунок часткового невиконання побажань інших викладачів. У роботі [10] відзначено, що подібні конфлікти варто враховувати при пошуку оптимальних рішень і ігнорування залежностей між частинними критеріями оптимальності в деяких випадках не дозволяє знайти оптимальне рішення. При цьому частинні критерії оптимальності можуть бути: *a* - незалежними; *b* - підтримувати один одного (поліпшення зна-

чення одного критерію веде до поліпшення значення іншого); v - конфліктувати один з одним (збільшення значення одного критерію приводить до погіршення значень іншого критерію).

Викладення матеріалу та результати. З огляду на велику кількість критеріїв оптимальності, необхідно застосувати згортки частинних критеріїв. Частинні критерії оптимальності можуть бути як чіткими, так і нечіткими. Чіткі критерії оптимальності можуть бути представлені як нечіткі критерії оптимальності з функцією приналежності $\mu_p(Y_p)$, що дорівнює одиниці на всій області її визначення, тому далі будемо розглядати тільки нечіткі частинні критерії оптимальності. Загальний вид таких критеріїв записується в наступній формі

$$f_p^{(1)} = (\phi_p(x), \mu_p(Y_p^{(1)}), \alpha_p, s_p), Y_p \in V_p, V_p = \{\phi_p(x) | \forall x\}, p \in [1, N_1],$$

де $f_p^{(1)}, p = \overline{1, N_1}$ - група частинних критеріїв, що описують інтереси студентів (N_1 - число частинних критеріїв у групі).

Групу частинних критеріїв, що описують інтереси викладачів позначимо $f_p^{(2)}, p = \overline{1, N_2}$, де N_2 - число таких критеріїв.

Розглянемо групу частинних критеріїв по врахуванню інтересів студентів. У неї входить критерій відсутності "вікон" у розкладі студентів. Для формулювання цього часткового критерію оптимальності позначимо множину всіх оцінюваних варіантів розкладів за допомогою X^* і побудуємо допоміжну множину S_{ij} , що для заданого розкладу $x \in X^*$ містить ті компоненти x , які відносяться до занять i -ї групи в j -й день тижня. Математично описана множина формулюється в такий спосіб

$$S_{ij} = \left\{ x_z | z \in [1, N], \exists l_{ip} = z, p \in [1, L_i], Div\left(\frac{x_z}{H}\right) = j, i = \overline{1, N_G}, j = \overline{1, N_D} \right\},$$

де Div - оператор, що визначає цілочисельну частку виразу.

Для визначення кількості "вікон" у будь-якій навчальній групі використовується множина

$$Q^S = \left\{ Q_{ijk}^S | i = \overline{1, N_G}, j = \overline{1, N_D}, k = \overline{1, H} \right\}.$$

Елементи цієї множини приймають значення

$$Q_{ijk}^S = \begin{cases} 1, \exists x_z \in S_{ij} : Div\left(\frac{x_z}{H}\right) = k \\ 0, \text{інакше} \end{cases},$$

тобто елемент множини відмінний від нуля у випадку, якщо в i -ї групі в j -й день тижня в розкладі є k -е від початку цього дня заняття.

Позначимо номери першого й останнього занять i -ї групи в j -й день тижня

$$W_{ij}^{min} = \left(\min_{x_z \in S_{ij}} \left(Div\left(\frac{x_z}{H}\right) \right) \right); \quad W_{ij}^{max} = \left(\max_{x_z \in S_{ij}} \left(Div\left(\frac{x_z}{H}\right) \right) \right).$$

Тоді з урахуванням наведених формулювань загальне число "вікон" у всіх навчальних груп може бути записане так

$$Y_1^{(1)} = \sum_{i=1}^{N_G} \sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=W_{ij}^{min}+1}^{W_{ij}^{max}-1} Q_{ijk}^S.$$

В задачі складання розкладу занять для вищів важливим є критерій балансу навчального навантаження в розкладі навчальних груп. Дисципліни, що вивчаються студентами мають різний рівень складності і бажано планувати розклад з урахуванням фізіологічних можливостей студентів щодо виконання складних задач. Щоб сформулювати критерій балансу навчального навантаження, задамо множину найменувань навчальних предметів

$$U = \{u_k | k = \overline{1, N_S}\},$$

де N_S - число найменувань навчальних предметів.

Зв'язок занять груп за навчальним планом L з назвами предметів виражається множиною

$$Q^U = \left\{ Q_z^U | Q_z^U = k, l_{ip} = z, l_{ip} \Leftrightarrow u_k, k \in [1, N_S], z = \overline{1, N}, p \in [1, L_i], i \in [1, N_G] \right\},$$

де знаком \Leftrightarrow позначається, що елементу навчального плану l_{ip} взаємнооднозначно відповідає назва дисципліни u_k .

Складність вивчення різних навчальних дисциплін задається множиною

$$V^U = \{v_k \mid k = 1, N_S\}.$$

Кожний елемент цієї множини дає оцінку складності вивчення конкретної дисципліни u_k . Множина V^Y будується за допомогою експертних оцінок з урахування складності вивчення дисципліни у балах. Далі, користуючись наведеними позначеннями, сумарна складність навчального навантаження i -ї навчальної групи в j -й день тижня записується в наступному вигляді

$$V_{ij}^G = \sum_{x_z \in S_{ij}} V_{x_z}^U.$$

Розподіл навчального навантаження по днях тижня задається диспетчером на підставі особистого досвіду й умов діяльності освітньої установи. Розподілити навчальне навантаження по днях тижня можна, увівши частку μ_j щотижневого навчального навантаження групи, що доводиться на j -й день тижня

$$\mu_j < 1, \sum_{j=1}^{N_D} \mu_j = 1.$$

У цьому випадку функція $Y_2^{(1)}$ для критерію по врахуванню балансу тижневого навантаження в розкладі навчальних груп має такий вигляд

$$Y_2^{(1)} = \sum_{i=1}^{N_G} \sum_{j=1}^{N_D} \left| V_{ij}^G - \mu_j \sum_{j=1}^{N_D} V_{ij}^G \right|.$$

Розподіляти навчальне навантаження по парам занять з урахуванням складності дисциплін можна частку μ_k щоденного навчального навантаження групи, що доводиться на k -е заняття від початку дня

$$\mu_k < 1, \sum_{k=1}^{N_D} \mu_k = 1.$$

У цьому випадку функція $Y_3^{(1)}$ для критерію по врахуванню балансу денного навантаження в розкладі навчальних груп має такий вигляд

$$Y_3^{(1)} = \sum_{i=1}^{N_G} \sum_{k=1}^{N_D} \left| V_{ik}^G - \mu_k \sum_{k=1}^{N_D} V_{ik}^G \right|.$$

Деякі навчальні дисципліни відповідно до вимог кафедр варто проводити блоками, що включають кілька пар однієї дисципліни, або одночасне проведення занять у різних групах у різних лабораторіях. Наприклад, необхідно проводити складні і трудомісткі лабораторні роботи, які технічно неможливо виконати за одну пару і не можна переривати. Обмеження такого типу будемо називати правилами угруповання навчальних занять, і для виконання цих правил будується частинний критерій оптимальності. Для запису математичного формулювання цього

критерію введемо наступні позначення $W = \left\{ w_k \mid k = \overline{1, N_W} \right\}$ - множина типів занять (лекція,

практика і. т.ін.), де N_W - число таких типів. Аналогічно назвам предметів, зв'язок конкретного заняття й типу цього заняття задається наступною множиною

$$Q^W = \left\{ Q_z^W \mid Q_z^W = k, l_{ip} = z, l_{ip} w_k, k \in [1, N_W], z = \overline{1, N}, p \in [1, L_i], i \in [1, N_G] \right\}.$$

Далі вводиться множина виписок $V^P = \left\{ V_j^P \mid j = \overline{1, N_V} \right\}$,

де N_V - загальне число виписок. Формально окрема виписка з навчального плану записується так

$$V_j^P = \left\{ x_z \mid l_{ip} = z, Q_z^U = k, Q_z^W = r, k \in [1, N_S], r \in [1, N_W], i: g_i \in G_s, s \in [1, F_G], p \in [1, L_i] \right\},$$

де G_s - узагальнена група, що відповідає j -й виписці. При цьому окремі виписки не перетинаються, а об'єднання елементів всіх виписок відповідає множині всіх компонентів вектора x

$$V_j^p \cap V_k^p = \emptyset, k \neq j, k \in [1, N_V], j \in [1, N_V], \cup V_j^p = \{x_i\}, j = \overline{1, N_V}, i = \overline{1, N}.$$

Позначимо за допомогою $\|V_j^p\|$ число компонентів вектору невідомих, що входять до j -ї виписки, тоді різні правила угруповання занять можна класифікувати за значенням $\|V_j^p\|$. Наприклад, якщо $\|V_j^p\| = 3$, то три пари, що входять у виписку, групуються по днях тижня декількома способами: три заняття повинні бути проведені в один день навчального тижня, що можна умовно позначити як "3"; заняття повинні проводитися у два дні навчального тижня, тобто в один день дві пари й одна пара в інший день тижня, що позначимо "2+1"; заняття проводяться по одному в три різних дні навчального тижня, і цей варіант далі позначається як "1+1+1".

Розглянемо формальний вигляд правил угруповання. Уведемо функцію $F^p(x, V_j^p)$, що дорівнює нулю, якщо правило V_j^p для відповідної виписки угруповання занять виконується, і одиниці в іншому випадку. Наприклад, для правила "2+1" ця функція має такий вигляд

$$F^p(x, V_j^p) = \begin{cases} 1, & \left(\left[\frac{x^{[1]}}{H} \right] = \left[\frac{x^{[2]}}{H} \right] = \left[\frac{x^{[3]}}{H} \right] \right) \wedge \left(\left[\frac{x^{[1]}}{H} \right] \neq \left[\frac{x^{[2]}}{H} \right] \neq \left[\frac{x^{[3]}}{H} \right] \right), \\ 0, & \left(\left[\frac{x^{[1]}}{H} \right] = \left[\frac{x^{[2]}}{H} \right] \right) \wedge \left(\left[\frac{x^{[2]}}{H} \right] = \left[\frac{x^{[3]}}{H} \right] \right) \wedge \left(\left[\frac{x^{[1]}}{H} \right] = \left[\frac{x^{[3]}}{H} \right] \right) \end{cases},$$

де $x^{[1]} \in V_j^p$ означає перший у послідовності компонент вектора x у виписці V_j^p (за умови, що компоненти які входять у виписку впорядковані), знак \wedge позначає операцію диз'юнкції. Дужки що входять у визначення функції розглядаються як предикати, які мають значення істини, якщо укладені в дужки вирази виконуються. Зроблені формулювання дозволяють записати скалярну функцію $Y_3^{(1)}$ для критерію виконання правил угруповання занять по днях навчального тижня

$$Y_4^{(1)} = \sum_{j=1}^{N_V} F^p(x, V_j^p)$$

Хоча кількість частинних критеріїв оптимальності N_1 , що входять у групу критеріїв по врахуванню інтересів студентів, може бути набагато більше чотирьох, будемо розглядати наведені частинні критерії, як приклад можливих критеріїв оптимальності, і розглянемо далі групу частинних критеріїв по врахуванню інтересів викладачів.

Як і для студентів, для викладачів будується критерій, що враховує число "вікон" у розкладі викладачів. За аналогією з множиною S_{ij} будується допоміжна множина S'_{ij} , що має компоненти x які відповідають заняттям i -го викладача в j -й день тижня

$$S'_{ij} = \left\{ x_z \mid t \in T_k, T_k \Leftrightarrow V_S^p, x_z \in V_S^p, x_z \in S_{pj} \right\}, i = \overline{1, N_T}, j = 1, N_D,$$

де $z \in [1, N]$, $p \in [1, N_G]$, $s \in [1, N_V]$, $k \in [1, F_T]$.

Для визначення кількості "вікон" у розкладі викладача будується множина

$$Q^y = \left\{ Q_{ijk}^y \mid i = \overline{1, N_T}, j = 1, N_D, k = \overline{1, H} \right\}$$

Елементи цієї множини приймають наступні значення $Q_{ijk}^y = \begin{cases} 1, & \exists x_z \in S'_{ij} : Div\left(\frac{x_z}{H}\right) = k \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$, тоб-

то елемент множини відмінний від нуля у випадку, якщо у i -го викладача в j -й день тижня в розкладі є k -е від початку цього дня заняття.

Позначимо номери першого й останнього занять i -го викладача в j -й день тижня

$$W_{ij}^{min} = \left(\min_{x_z \in S_{ij}} \left(Div\left(\frac{x_z}{H}\right) \right) \right); \quad W_{ij}^{max} = \left(\max_{x_z \in S_{ij}} \left(Div\left(\frac{x_z}{H}\right) \right) \right).$$

Тоді з урахуванням наведених формулювань загальне число "вікон" у всіх викладачів може бути записане так

$$Y_1^{(2)} = \sum_{i=1}^{N_T} \sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=W_{ij}^{\min}+1}^{W_{ij}^{\max}-1} Q_{ijk}^Y.$$

У вищих навчальних закладах викладачі можуть бути зайнятими викладацькою роботою не кожен день на тижні, наприклад, методичний день, викладачі - сумісники, яким необхідно планувати заняття у конкретні дні тижня. Тому будується частинний критерій оптимальності, що контролює максимальне число зайнятих днів на тиждень для викладачів. Для формулювання цього критерію вводиться множина

$$T_i^D = \{k \mid S'_{ik} \neq \emptyset, k \in [1, N_D]\}, i = \overline{1, N_T}.$$

Позначимо за допомогою $\|T_i^D\|$ число елементів у множині T_i^D . $\|T_i^D\|$ відповідає числу днів навчального тижня, у які i -й викладач проводить заняття. Задамо максимальне число днів навчального тижня для проведення занять i -го викладача T_i^{\max} . На підставі зроблених визначень задається функція

$$F^C(i) = \begin{cases} 0, & \|T_i^D\| \leq T_i^{\max} \\ 1, & \|T_i^D\| > T_i^{\max} \end{cases} i = \overline{1, N_T}.$$

Тоді функція, що задає носій нечіткої множини для часткового критерію, що контролює максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, може бути сформульована так

$$Y_2^{(2)} = \sum_{i=1}^{N_T} F^C(i).$$

Часто небажаним у розкладі викладача вважається призначення тільки одного заняття протягом дня. Тому введемо частинний критерій оптимальності, що контролює мінімальне число занять у довільний день тижня. Позначимо $\|S'_{ik}\|$ кількість занять i -го викладача в j -й день тижня. Для кожного викладача задається T_i^{\min} мінімальне число занять, що i -у викладачеві потрібно проводити протягом одного навчального дня. Визначимо допоміжну функцію

$$F^B(i) = \begin{cases} 0, & \|S'_{ik}\| \geq T_i^{\min}, \forall k \in [1, N_D]: \|S'_{ik}\| > 0 \\ 1, & \exists k \in [1, N_D]: \|S'_{ik}\| < T_i^{\min} \end{cases} i = \overline{1, N_T}.$$

Тоді функція $Y_3^{(2)}$ для часткового критерію оптимальності врахування мінімального числа занять у довільний день тижня для викладачів може бути сформульована в такий спосіб

$$Y_3^{(2)} = \sum_{i=1}^{N_T} F^B(i).$$

Як було відзначено [6], побажання будь-якого викладача по складанню розкладу занять виражаються у вигляді нечіткої множини. Носій цієї множини формується з періодів годинної сітки розкладу D , а функція приналежності $\mu_p(Y_p^{(2)})$ відбиває рівень згоди викладача на проведення занять у ці періоди часу.

Якщо вважати всіх викладачів рівноправними, то варто ввести N_T частинних критеріїв оптимальності описаного виду. Слід зазначити, що освітня система є ієрархічною соціальною системою [11], тому на практиці диспетчери ділять множину викладачів на підмножини, що мають різний пріоритет.

Різні пріоритети побажань викладачів ураховуються за допомогою завдання різних ступенів важливості S_p для частинних критеріїв оптимальності. Якщо допустити, що всі заняття проводить один викладач, то носій нечіткої множини у формулюванні часткового критерію оптимальності, що враховує його особисті побажання по складанню розкладу, може бути записаний у такий спосіб

$$Y_4^{(2)} = k, k \in [0, M].$$

Використовуємо уведені частинні критерії оптимальності для побудови двох узагальнених критеріїв оптимальності. Як було відзначено раніше, з огляду на велику кількість частинних

критеріїв оптимальності, узагальнені критерії оптимальності вводяться як зважена адитивна згортка частинних критеріїв.

У цьому випадку, в узагальненій критерій врахування інтересів студентів входять чотири частки критерію оптимальності: число "вікон" у розкладі навчальних груп, баланс навантаження в розкладі навчальних груп, виконання правил угруповання занять по дням тижню, виконання правил угруповання занять по порядку занять в один день.

До складу критерію врахування інтересів викладачів входять наступні частинні критерії: число "вікон" у розкладі викладачів (як і в студентів), виконання обмеження на максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, виконання обмеження на мінімальне число занять у довільний день тижня для викладачів, переваги викладачів.

Множина всіх оцінюваних варіантів розкладів позначається за допомогою X^* . Результатом оцінки якого-небудь варіанта розкладу $x \in X^*$ по групах частинних критеріїв $f_{p1}^{(1)}, p1 = \overline{1, N_1},$

$f_{p2}^{(2)}, p2 = \overline{1, N_2}$ є два вектори $f_{p1}^{(1)}$ для інтересів студентів і $f_{p2}^{(2)}$ для інтересів викладачів

$$f^{(1)}(x) = (\mu_1(\varphi_1(x)), \mu_2(\varphi_2(x)), \dots, \mu_{N_1}(\varphi_{N_1}(x))).$$

Результатом оцінки всіх елементів множини X^* є дві множини векторів $F_1 = \{f^{(1)}(x) | x \in X^*\}$ і $F_2 = \{f^{(2)}(x) | x \in X^*\}$ кожне з яких відповідає одному узагальненому критерію. Тепер сформулюємо перший узагальнений критерій I_1 для заданого задалегідь варіанта розкладу x

$$I_1(x) = \sum_{i=1}^{N_1} s_i^* f_i^{(1)}(x),$$

де s_i^* - числовий еквівалент ступеня важливості s_i i -го часткового критерію оптимальності.

Аналогічно визначається й другий узагальнений критерій $I_2(x)$

$$I_2(x) = \sum_{i=1}^{N_2} s_i^* f_i^{(2)}(x).$$

Висновки та напрямок подальших досліджень. Практичне використання наведених вище обмежень, критеріїв оптимізації і інших математичних методів, в значній мірі залежить від кваліфікації людини, що безпосередньо складає розклад - тобто диспетчера.

Цей фахівець, як правило, не має достатніх знань і досвіду у математиці, але він має досить цінний практичний досвід складання придатних розкладів.

Найбільш повно і точно цей досвід відображається у самому розкладі. Маючи базу даних розкладів за попередні роки можливо, до деякої міри, автоматично сформулювати побажання викладачів та критерії оптимальності.

Список літератури

1. Луценко Е.В. Рефлексивная автоматизированная система управления качеством подготовки специалистов / Луценко Е.В., Коржаков В.Е. // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2007. №4. С.28-3.
2. Савельев А.Я. Автоматизация управления вузом. / А.Я. Савельев, Ю.Б. Зубарев В.Е. Коваленко, Т.А. Колоскова - М.: Радио и связь, 1984.
3. Галузин К.С. Математическая модель оптимального учебного расписания с учетом нечетких предпочтений. // Автореф. дисс. канд. физ. мат. наук: спец. 05.13.18 "" / К.С. Галузин. - Пермь: Перм. гос.техн. ун-т, 2004.
4. Ерунов В.П. Формирование оптимального расписания учебных занятий в вузе / Ерунов В.П., Морковин И.И. // Вестник Оренбургского государственного университета: сб. науч. трудов. – Оренбург, 2001. № 3. С. 55-63.
5. Молибог А.Г. Методика составления расписания занятий на ЦВМ / Молибог А.Г., Медведский М.В., Неворов Г.С. -МВИРТУ, Минск. - 1972.
6. Бурнасов П.В. Критерії якості автоматичного складання розкладу занять у ВНЗ [Текст] / П.В. Бурнасов // Вісник Криворізького технічного університету.: зб. наук. праць. - Кривий Ріг, 2008. - Вип. 22. – С. 136-140.
7. Клеванский Н.Н. Разработка математической модели глобальной оптимизации расписания занятий / Клеванский Н.Н., Костин С.А., Пузанов А.А.// Сложные системы. Анализ, моделирование, управление - Саратов: ООО Издательство "Научная книга", 2005. - С.39-42.
8. Касьянов В.Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. / В.Н. Касьянов, В.А. Евстигнеев. - Санкт-Петербург: "БХВ-Петербург", 2003. - 108бс.

9. Галузин К.С. Автоматизированное составление оптимального учебного расписания в МОУ "Лицей №1" с учетом предпочтений учащихся и преподавателей / Галузин К.С., Волкова Н.В., Столбов В.Ю. // Социокультурная многомерность лицейского образования: сб. науч. трудов. /МОУ "Лицей №1". -Пермь, 2004. С.97-110.

10. Robin C. Relationships in Evolutionary Multi-criterion Optimization. / Robin C. Purshouse, Peter J. Fleming // Second International Conference, EMO 2003, Faro, Portugal, April 8-11, 2003, Proceedings. Lecture Notes in Computer Science 2632 Springer 2003, ISBN 3-540-01869-7.

11. Галузин К.С. Критерии качества дополнительного довузовского образования / Галузин К.С., Останина Т.В., Столбов В.Ю. // Критерии качества дополнительного образования: труды временного научно-исследовательского коллектива по проблемам образования. Перм. гос. техн. ун-т. -Пермь, 2002. С.26-34.

Рукопис подано до редакції 25.02.14

УДК 631.31: 631.331

В.Й. ЛОБОВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ НАРІЗАННЯ БОРОЗНИ СОШНИКОМ СІВАЛКИ

У статті проаналізовано конструкторські та технологічні особливості сучасних сошників, які можуть бути використані для нарізування борозни просапних сільськогосподарських культур, виявлено їх основні недоліки. Основним недоліком сошників є їх складність у виготовленні і експлуатації. Пристрої управління сошниками мають динамічну помилку по потужності при врізанні в ґрунт до 60%.

З підвищенням коефіцієнта різання ґрунту сошником, недостатньо підвищується стійкість для потрібної якості формування посівної борозни, при цьому помилка досягає 40%. Тому для підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідно забезпечити більш дружні сходи, а це можливо лише при формуванні сошниками посівної машини борозенок відповідає агротехнічним вимогам глибини. Так як на схожість і розвиток рослин впливають рівномірність посіву насіння по довжині рядка і глибині закладення, то запропоновано регулювати глибину посівної борозни при зміні швидкості переміщення сівалки з урахуванням в борозні параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту з варіюванням величин статичної та динамічної помилок. Дана блок-схема системи для адаптивного керування процесом різання борозен. Визначено передатні функції елементів системи.

Пристрій для адаптивного управління процесом нарізування борозни сошником сівалки містить: блок завдання, суматор, привід сошника, редуктор приводу сошника, блок керування швидкістю переміщення сівалки, датчик потужності, пороговий елемент, модель процесу управління нарізування борозни, датчик швидкості переміщення сошника, фільтр і датчики параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту. Встановлено, що змінюючи глибину зворотного зв'язку (пропорційну частину), можна варіювати величиною статичної помилки. Регулюючи глибину зворотного зв'язку (диференціальна та інтегральна частини), можна варіювати величиною динамічної помилки (пере регулювання системи при накиданні навантаження).

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сучасному етапі розвитку сільського господарства вирощування просапних культур займає важливе місце в загальному сільськогосподарському виробництві. Відомо, що запорукою високих урожаїв цих рослин є отримання своєчасних і дружних сходів не тільки за рахунок посіву в межах терміну агрономічних вимог, а й завдяки правильному виконанню технологічного процесу робочими органами, які впливають на швидкість проростання насіння просапних культур. Основними факторами, які впливають на схожість та розвиток рослин, є рівномірність посіву насіння по довжині рядка і глибині загортання. Але якщо висівний апарат сівалки має забезпечувати рівномірність укладання по довжині рядка, то сошник і коток, що прикоткує, повинні розв'язати проблему укладання насіння в борозні та утворення необхідних умов для його проростання, а саме - точне нарізання глибини борозни та укриття насіння вологими шарами ґрунту нижнього горизонту та прикочування насіння з обох боків у зоні його знаходження. Тому чим більш рівномірна подача насіння висівним апаратом, тим важливіше значення має правильна робота сошника. Останній є складовою частиною сівалки чи посадочної машини, яка утворює в ґрунті канавку - борозну для укладання у ній насіння та забезпечує загортання насіння. Сошники, які залежно від конструкції поділяються на анкерні, полозкові, одно дискові та дводискові, можуть мати різну будову, розміщуються або відособлено або жорстко прикріплюються до секції, що висіває.

Агротехнічними вимогами передбачається формування сошниками посівної машини борозенок, в які падає насіння, що мають ущільнене ложе для насіння, що сприяє більш дружнім

сходам і, в насамкінець, забезпечує підвищення урожайності сільськогосподарських культур. Грунт обсіпається зі стінок борозенки й засипає насіння. Від якості загортання насіння в грунт значною мірою залежать їх схожість і розвиток рослин. Тому сошники повинні задовольняти основним агротехнічним вимогам: відкривати борозенки однаково заданої глибини; не виносити нижні шари ґрунту на поверхню, щоб уникнути втрати вологи; ущільнювати дно борозенок для відновлення капілярності ґрунту; не порушувати рівномірність потоку насіння; при посіві насіння, коріння яких можуть бути пошкоджені туками, утворювати між насінням і добривами ґрунтовий прошарок.

Аналіз досліджень та публікацій. Конструктивно-технологічний огляд наявних сошників та елементів, задіяних у процесі укладання й загортання насіння показав, що завдяки дослідженням Горячкіна В.П., Нагібіна В.І., Василенко П.М., Камищенко Д.Е., Семенова О.М., Басіна В.С., Пігулевського М.Х., Пронько Л.Ю., Будагова А.А., Петуніна А.Ф., Глуховського В.С., Данченко В.Н., Фалоли О.І., Морозова І.В., Голозубова А.Н., Картамишева Н.І., Берзиньша Е.Р. і ін. було удосконалено конструкцію сошника просапних сівалок, а також зроблено висновок про доцільність використання елементів для активного загортання насіння вологими шарами ґрунту. Учені М.В. Колесніков, В.С. Басін, А.І. Лебедик, Т.О. Золотарьова, Л.Ю. Пронько, В.Н. Данченко навіть запропонували конкретні рішення з використання таких елементів, але в сучасних конструкціях сошників їх не використано. То ж можна говорити про сформований на сьогодні порядок виконання технологічного процесу сошником, він складається з двох операцій - це утворення борозни наральником сошника, який одночасно формує насіннєве ложе, ущільнюючи його стінки, та усунення само осипання ґрунту після проходу щік сошника.

Відомі сошники, в яких удосконалення направлено на зміну конструкторських і технологічних вимог. У [1] сошник включає диски із закріпленими на них знімними ребордами у формі усіченого конуса. Робочі поверхні реборд розташовані під кутом 150-155° до бічної поверхні диску. До загортачів сошника закріплена планка, що вирівнює загортання. Сошник дозволяє забезпечити рівномірну глибину загортання насіння на ґрунтах різної щільності і комковатості, а в іншому [2] сошник обладнано ребордами для обмеження глибини ходу.

Основним недоліком цих сошників є складність у виготовленні й експлуатації, а робоча поверхня кільцевих пластин наближається до циліндричної форми, а це сприяє підняттю сошника при наїзді на грудки, що знижує рівномірність глибини загортання насіння. При цьому сошники піднімаються над ґрунтом настільки, що одна частина насіння виявляється на поверхні поля, інша - заглиблюється до глибини 3-5 см кожен раз після проїзду грудок сошником, що також веде до прямих втрат частини посівного матеріалу.

Відома конструкція одно дискового сошника [3], який містить диск, встановлений на рамі з повідцем, на якому розташована натискна штанга з пружиною, а також має пристрій, що направляє насіння, який розташований за борозно утворюючим диском, запірний клапан, загортач-обмежувач глибини ходу сошника, причому борозно утворюючий диск має по периферії клинчасту заокруглену форму. Дана конструкція борозно утворюючого диска продавлюючи ґрунт залишає борозну з ущільненим дном, що позитивно позначається на створенні насінню необхідних умов для їх проростання і подальшого розвитку рослин.

Відома також інша конструкція сошника [4], яка включає два борозно закриваючих диска, кожен з яких зібраний з двох опуклих дисків, жорстко з'єднаних між собою опуклостями назовні так, що між ними закріплений дисковий ніж, або відомий двох дисковий сошник [5,6,14-20], диски яких мають опуклу форму, що зменшує ширину висівної борозни. Ззаду дисків встановлені направляючі для насіння з запірними клапанами у вигляді зовнішньо розташованих пластин, які запобігають закупорюванню направляючих насіння ґрунтом і виконують функції загортачів.

Опуклі диски і наявність у кожного сошника запобіжного пристрою від каменів гарантують, що диски витримують роботу і в складних умовах. Диски сошників зазубрені, що полегшує їх проникнення в ґрунт. Крім того, диски мають різні діаметри і тому обертаються з різною швидкістю, що дає ефект самоочищення їх від налипаючого ґрунту, і тому спеціальні очисні скребки не потрібні. Між дисками розташовані уретанові язички, які розділяють потоки насіння і добрив. Проміж тим, недоліком наведених конструкцій сошників є недостатнє ущільнення дна борозни за рахунок ефекту розрізання ґрунту. Ущільнення піддаються тільки

стілки борозни, а не її дно, на яку укладаються насіння, що не забезпечує підведення вологи до зернам через зруйновані капіляри дна борозни, це перешкоджає дружному проростанню насіння і активного росту рослин.

Оригінальне конструкторське рішення використовується у сівалок NOVA COMBI [7]. Кожна пара сошників спирається на колесо, розташоване перед ними. Змінюючи розташування цього колеса по висоті, ви тим самим регулюєте глибину загортання насіння і добрив. Завдяки тому, що колесо стоїть перед сошниками, глибина загортання залишається незмінною при роботі на нерівній поверхні поля, при цьому проробляється сошниками борозна, швидкість руху також не робить впливу на робочу глибину. Регульовальне колесо ущільнює ґрунт перед сошниками, завдяки чому вони не забиваються і висів відбувається по рівній, «незруйнованій» поверхні. Колесо притискає, наприклад, соломі до поверхні землі, що дозволяє сошника безперешкодно нарізати необхідну посівну борозну. Отже, залишки соломи не потрапляють в борозну. Ступінь заповнення бункерів сівалки Nova Combi не впливає на робочу глибину.

У пневматичних сівалках MORRIS [8] паралелограмне з'єднання завжди підтримує постійний кут нахилу сошника по відношенню до землі і зберігає фіксовану глибину завдяки ковзанці, що прикатує. Сошник може копіювати контур поля в межах 25,4 см вгору і на 17,8 см вниз. Кожен сошник рухається незалежно від рухів рами і інших сошників для найбільш точного копіювання контуру поля. При цьому забезпечується неперевершена точність висіву насіння і внесення добрив на горбистій місцевості.

У патентах [9-11] запропоновано спосіб, систему та пристрій реалізації сівби просапних культур і внесення добрив для систем точного землеробства із реалізацією змінних норм внесення насіння та інших технологічних матеріалів при висіву просапних культур у реальному часі при переміщенні агрегату по полю з використанням термографічної інформації про стан посівного поля. Тобто враховується рівень і характер місцевизначених фізико-механічних параметрів сільськогосподарського поля, динамічних характеристик робочих органів сівалки, тощо. Місцевизначені параметри посівного поля, після їх збору, аналізу та параметричної інтерпретації мають, у широкому розумінні, детермінований характер і значною мірою визначають закон керування щільністю ґрунту, потоків води, активованих добрив і стимуляторів росту, насіння та визначають глибини борозни, зусилля для загортання насіння та ущільнення борозен після їх висіву.

В іншому патенті [12] у робочій зоні сівалки у атмосферному повітрі вимірюють фізико-хімічні властивості сільськогосподарського пилу (пилу ґрунтової дефляції), який виникає при переміщенні посівного агрегату, обчислюють гігроскопічність цього пилу, по якому визначають вологість ґрунту, і в залежності від її рівня автоматично керують виконавчими механізмами сошників сівалки, наприклад гідроциліндрами, які регулюють потрібні глибини борозен для закладання насіння, а у посівну борозну вводять порцію води для приведення ґрунту до стану оптимальної вологості, що забезпечує необхідну польову схожість насіння в тому випадку, якщо вологість ґрунту, розрахована за даними її вимірювань до висіву і в процесі висіву, менше нормованої, та визначають коефіцієнт спектральної яскравості сільськогосподарського пилу, по якому розраховують гумусові речовини ґрунту, та залежно від його рівня керують виконавчими механізмами, які регулюють подачу у борозни органічних речовин, які необхідні рослинам для забезпечення потрібної родючості.

У роботі [13] наведено результати дослідження роботи сошника, за умови забезпечення глибини посівної борозни з урахуванням в ній вологи ґрунту. На основі побудованої математичної моделі визначено раціональні кінематичні і динамічні параметри переміщення сошника при керуванні від пневмоприводу.

Постановка завдання. Метою роботи є вивчення можливостей, визначення переваг та недоліків сучасних конструкцій сошників і систем автоматичного керування ними, так як у відомих роботах не враховується, що пристрої керування сошниками мають динамічну помилку за потужністю при врзанні у ґрунт до 60 %, а з підвищенням коефіцієнту різання ґрунту сошником, недостатньо підвищується стійкість для потрібної якості формування посівної борозни, при цьому помилка досягає 40 %.

Тому стає завдання не тільки забезпечення сошником глибини відповідно до агротехнічних умов загортання насіння на ґрунтах з різними фізико-механічними властивостями, але й забезпечення потрібних статичних та динамічних характеристик керування.

Викладення матеріалу та результати. Пристрій для адаптивного керування процесом нарізання борозни сошником сівалки наданий на рис. 1 містить: блок завдання 1, суматора 2, привод сошника 3, редуктор приводу сошника 4, сівалка 5, блок керування швидкістю переміщенням сівалки 6, датчик потужності 7, елемент 8, який має поріг, модель процесу керування нарізання борозни 9, датчик швидкості переміщення сошника 10, фільтр 11 і датчики параметрів фізико-механічних властивостей ґрунту 12.

Процес нарізання борозни може бути описаний як передавальна функція

$$W_p(p) = \frac{P_p}{\varpi_n(p)} = \frac{K_{p\delta}}{T_p p + 1}, \quad (1)$$

де P_p - потужність нарізання борозни; ω_n - швидкість приводу сошника; $K_{p\delta}$ - коефіцієнт передачі процесу нарізання борозни; T_p - стала часу процесу нарізання борозни.

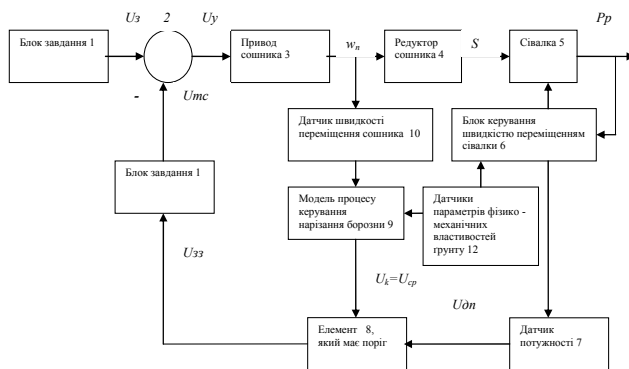


Рис. 1. Блок-схема пристрою для адаптивного керування процесом нарізання борозни сошником

Коефіцієнт передачі процесу нарізання борозни при посіву насіння

$$K_{p\delta} = C_{p\delta} * t_{\delta}^{X_p} * n_c * B * D^{q_r} * Z_{\phi_z}, \quad (2)$$

де $C_{p\delta}$ - коефіцієнт, який враховує умови нарізання борозни; t_{δ} - глибина посівної борозни; n_c - швидкість переміщення сошника; B - ширина борозни; D - параметри сошника; Z_{ϕ_z} - функція, яка визначає параметри фізико-механічних властивостей ґрунту, до найважливіших яких належать: твердість, пластичність, липкість, зв'язність, набухання, усадка та питомий опір ґрунту; X_p, q_r - показники ступенів.

Коефіцієнт $K_{p\delta}$ змінюється

відповідно з формулою (2) у десятки разів, що в режимі стабілізації потужності нарізання борозни приводить до значного перерегулювання у роботі сошника сівалки. Для усунення перерегулювання системі потрібне відповідне перестроювання моделі процесу нарізання борозни.

Робота пристрою для адаптивного керування процесом нарізання борозни виглядає так.

З блоку завдання 1 через суматор 2 поступає сигнал управління U_y на вхід приводу сошника 2. Кутова швидкість приводу сошника 3 через редуктор 4 діє на процес нарізання борозни сівалкою 5.

Сигнал корекції U_k на виході блоку 9 моделі процесу керування нарізання борозни 9

$$U_k = U_{cp} = \varpi_n \cdot K_{n,m}, \quad (3)$$

де $K_{n,m}$ - коефіцієнт передачі моделі процесу, надходить до опорного входу порогового елемента 8.

Сигнал $U_{\delta m}$ датчика потужності нарізання борозни надходить до порогового елемента 8 та порівнюється з напругою корекції U_k . Отже, сигнали, які надходять на вхід фільтра 11, дорівнюють

$$U_{33} = U_{\delta n} - U_{cp} \text{ при } U_{\delta\delta} > U_{cp}$$

$$U_{33} = 0 \text{ при } U_{\delta\delta} < U_{cp}$$

де $U_{\delta n}$ - напруга датчика 7 активної потужності транспортного засобу; U_{33} - напруга зворотного зв'язку.

Напруга U_{mc} виходу фільтра дорівнює

$$U_{mc} = K U_{33} + p U_{33} + (1/p) U_{33}$$

Отже, сигнали, які надходять на вхід приводу сошника дорівнюють

$$U_y = U_3 - U_{mc} \text{ при } U_{\delta\delta} > U_{cp},$$

$$U_{mc} = K U_{33} + p U_{33} + (1/p) U_{33} \text{ при } U_{\delta\delta} < U_{cp},$$

де U_{mc} - напруга технологічного зворотного зв'язку.

При збільшенні потужності P_p нарізання посівної борозни, за рахунок змінення параметрів фізико-механічних властивостей ґрунту, то зростає сигнал U_{on} на виході датчика потужності.

При $U_{ob} > U_{cp}$ сигнал керування на вході приводу сошника зменшується

$$U_y = U_z - KU_{z3} + pU_{z3} + \frac{1}{p}U_{z3}.$$

При цьому величина U_y в значній мірі визначається швидкістю pU_{z3} зміни напруги зворотного зв'язку. Відповідно, зменшується і швидкість ω_n приводу сошника. Отже, зменшується сигнал $U_k = U_{cp}$ на виході моделі процесу керування нарізання борозни. Це приводить до подальшого зростання напруги U_{mc} технологічного зворотнього зв'язку.

Висновок. Чутливість системи стабілізації потужності нарізання посівної борозни виявляється більш високою, ніж у розроблених системах. Змінюючи глибину технологічного зворотного зв'язку (пропорційну частину), можна варіювати величиною статичної помилки.

Змінюючи глибину технологічного оборотного зв'язку (диференціальна та інтегральна частини), можна варіювати величину динамічної помилки (перерегулювання системи при накиданні навантаження). При такому настроюванні значно збільшується стійкість системи стабілізації потужності, знижується динамічна помилка, підвищується якість нарізання борозни.

Список літератури

1. А.С. СССР кл. А 01 С, N 7/20, № 2146436. Сошник / **Даибов С.З.** Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства.
2. Сільськогосподарська техніка. Каталог. Ч. 1, Москва, 1981 р. С. 249 - 250.
3. Патент РФ № 2224401, МПК А01С7/00, Сошник /**Ивженко С.А., Боков Д.В., Плешков Е.Н.**
4. Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И.Вавилова/ опубл. 27.02.2004.
5. Патент РФ № 2177215, МПК А01С 7/20, опубл. 27.12. 2001.
6. **Спицин И.А., Орлов А.Н., Ляпченко В.В.** и др. Сельскохозяйственная техника и технологии. /Под редакцией И.А. Спицина. Колос, 2006. - 647 с с ил. - (учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений)
7. **Любушко Н.И., Гламоздина Л.С., Зайцев И.И.** Совершенствование двухдискового сошника для равномерной заделки семян // Тракторы и сельхозмашины. 1985. - № 8. - с. 33-37.
8. Сеялка Tume Nova combi [Електронний ресурс]. - Режим доступу : URL : http://no-till.ru/view_seeders.php?id=36.
9. Посібник. Машины для обработки ґрунту та сівби/ За ред. **Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф.** – дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.- 2009.- 288.
10. Пат. на корисну модель № 84931 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Пристрій для висіву насіння просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Назаренко В. М., Дубовик І.І.**; заявл. 26.03., опубл.11.11.2013, Бюл. № 21.
11. Пат. на корисну модель № 84925 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Назаренко В. М., Дубовик І.І.**; заявл. 26.03., опубл.11.11.2013, Бюл. № 21.
12. Пат. на корисну модель № 84902 Україна, МПК А01С 7/00, G01D 5/12, G01D 9/00. Система контролю висіву насіння / **Лобов В. Й., Назаренко В.М., Дубовик І. І., Мірошник А. В.**, опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.
13. Пат. на корисну модель № 93947 Україна, МПК 2013.01, А01С 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив/ **Лобов В. Й., Дубовик І.І., Савосько В.М.**, заявл. 22.04.2014, опубл. **27.10.2014**, Бюл. № 20.
14. **Лобов В.Й., Дубовик І.І.** Математична модель системи керування сошником сівалки/ Вісник ДВНЗ "Криворізький національний університет". – 2014.- Вип № 36.- С. 198-203.
15. **Морозов И.В.** Технологические и технические основы совершенствования конструкций сошников зерновых сеялок. Докторская диссертация. – Тернополь, 2003. – 401 с.
16. **Любушко Н.И., Пушинская О.В.** Направления совершенствования параметров двухдисковых сошников зерновых сеялок // Тракторы и сельхозмашины. 1981. - № 12. - с. 7-12.
17. **Пушинская О.В., Сокол Н.А.** Влияние отражателя на качество заделки семян по глубине двухдисковым сошником зерновой сеялки. Тракторы и с.-х. машины. 1992. - № 7. - с. 3-6.
18. **Пушинская О.В.** Обоснования параметров двухдискового сошника зерновой сеялки для равномерной заделки семян по глубине: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., - 1984. - 23 с.
19. **Любушко Н.И., Гламоздина Л.С., Зайцев И.И.** Совершенствование двухдискового сошника для равномерной заделки семян // Тракторы и сельхозмашины. 1985. - № 8. - с. 33-37.
20. Определение оптимальных параметров направителя и отражателя семян в сошнике // Совершенствование рабочих органов сельскохозяйственных машин. Межвузовский сб. науч. тр. МИИСП. Том 14, вып. 2. – М., 1977. – с. 59-63.
21. **Бойко А.І.** та інші. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. – К.: В-во Кіровоградського національного технічного університету – 2003, – 204с.

Рукопис постуила в редакцію 25.02.14

Ю.С. РУДЬ, д-р техн. наук, проф., И.С. РАДЧЕНКО, канд. физ.-мат. наук, доц.,
С.И. МАЛИНОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц., В.Ю. БЕЛОНОЖКО, ст. преподаватель
Криворожский национальный университет

РАСЧЕТ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ СВЕТА НАНОЧАСТИЦАМИ МАГНИЯ

Наночастицы металлов с размерами 1-100 нм обладают статистическими свойствами и в настоящее время находят широкое применение в медицине и в различных областях техники. При этом необходимо знать размер и форму наночастиц. Особенно важным является вопрос, при каких размерах наночастиц происходит переход металл-диэлектрик. Исследование спектров поглощения света наночастицами металлов позволяет ответить на многие вопросы. Оптические методы исследования свойств наночастиц занимают особое место, так как при этом не производится никакого физического воздействия на частицы. Знание вычисленных спектров поглощения света наночастицами и сравнение их с экспериментальными данными для центров окраски разными способами обработанных и облученных кристаллов позволяет идентифицировать эти центры.

В настоящей работе вычислены спектры ослабления (рассеяние-поглощение) света сферическими наночастицами магния в различных средах (системы MgF_2 -Mg, LiF-Mg, бензин-магний). Спектральные зависимости коэффициентов ослабления сферическими наночастицами вычислялись по полным формулам Г.Мие. Оптические постоянные магния можно описать классической теорией оптических свойств металлов, основанной на модели свободных электронов, разработанной Друде, Зинером, Кронигом. При этом плазменная частота $\omega_p^2 = 137,09 \cdot 10^{30} \text{ c}^{-2}$, скорость электронов на уровне Ферми $U_F = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ нм/с}$, частота релаксации электронов $1/\tau = 0,05 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$. Мы нашли, что максимумы полос ослабления расположены $\lambda_{\max} = 270 \text{ нм}$ для системы бензин-магний, $\lambda_{\max} = 440 \text{ нм}$ для системы LiF-Mg. Для системы наночастиц магния в бензине были измерены спектры поглощения. Сравнение вычисленных экспериментальных данных показывает удовлетворительное согласие между ними.

Вычисленные спектры поглощения и рассеяния света наночастицами магния в различных средах сравниваются с экспериментальными данными, имеющимися в литературе. Такое сравнение позволяет идентифицировать центры окраски.

Ключевые слова: наночастицы магния, спектры поглощения и рассеивания света наночастицами, показатель преломления кристаллами света.

Введение. В развитии современных нанотехнологий значительную роль играют исследования наночастиц металлов. Это вызвано, прежде всего, широким спектром возможностей их применения. Особую роль среди них играют наночастицы магния в связи с их широким применением в медицине, где они играют важную роль в заживлении ран [1-4].

В настоящее время детально исследуются щелочно-галогенидные кристаллы, содержащие магний.

При различных воздействиях на такие кристаллы в них образуются несколько центров окраски. Идентификация их затруднительна.

В работе [5] показано, что в кристаллах Li-Mg (0,06 вес.%) после рентгеновского облучения при комнатной температуре появляется ряд полос поглощения в ультрафиолетовой области спектра с максимумами при 225, 250, 270, 310 и 380 нм. Полоса 250 нм соответствует поглощению F -центров, а остальные обусловлены введением магния. Максимумы полос 225 и 250 нм смещаются в коротковолновую область спектра с понижением температуры. При 120К для них λ_m равно 221 и 243 нм соответственно.

Авторы работы [7] полосу с максимумом при 310 нм идентифицировали как Z_2 -полосу на основании наблюдаемого термического преобразования 310 нм центров в 225 нм Z_3 центры при температурах выше 373К. Однако, в [5] отмечается, что такое заключение является не совсем корректным, так как Z_2 - Z_3 - преобразование является чисто электронным процессом, а при таких высоких температурах не исключена возможность ионных процессов.

Авторы работы [5] предполагают, что во фтористом литии при соответствующих условиях протекают процессы восстановления магния и полосу 310 нм можно связать с Mg^+ -центрами, а полосу 221 нм Mg^0 -центрами.

В работе [8] изучали оптические свойства центров магния, которые образуются при напылении металлического магния и MgF_2 . Максимум полосы поглощения находится при $\lambda_m = 250 \text{ нм}$, что согласуется с предсказанием теории Максвелл-Гарнета. В расчетах использовали показате-

тель преломления MgF_2 $m_o=1,4$, что не совсем корректно, так как m_o с учетом дисперсии обычно повышается в ультрафиолетовой области.

Из этого обзора ясно, что в литературе нет четкого представления о том, какие центры окраски отвечают за ту или иную наблюдаемую полосу поглощения в облученных кристаллах с примесью магния. Для интерпретации этих центров окраски надо знать спектральные положения коллоидных полос поглощения. Целью настоящей работы было вычисление спектральных зависимостей коэффициентов ослабления k_o и рассеяния k_p света совокупностью частиц магния в разных средах. Для вычисления мы воспользовались теорией Mie [9] по оптике коллоидных растворов металлов, которая позволяет, зная оптические константы металла и растворителя, вычислить спектральную зависимость коэффициентов поглощения и рассеяния коллоидных систем. Mie показал, что при вычислении количества света, поглощенного и рассеянного коллоидным раствором металла в среде с показателем преломления m_o , каждый металлический шарик может быть заменен системой из электрических a_N и магнитных b_N диполей. Каждый из диполей является сложной функцией параметра

$$\alpha = 2\pi R m_o / \lambda$$

где (R - радиус частицы, λ - длина электромагнитной волны, падающей на частицу) и оптических констант металлической частицы

$$m = \frac{n}{m_o} - i \frac{\kappa}{m_o},$$

где n - показатель преломления, κ - показатель поглощения, m - комплексный показатель преломления.

Оптические константы магния. Магний имеет гексагональную плотноупакованную решетку с $a=3,2028 \text{ \AA}$, $c=5,1898 \text{ \AA}$. Во всех своих стойких соединениях магний 2-валентен.

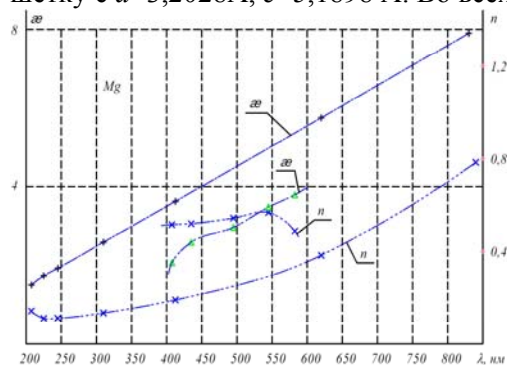


Рис. 1. Спектральная зависимость оптических постоянных n и κ магния по данным различных исследователей

Двухвалентные металлы имеют почти заполненные перекрывающиеся полосы, области поглощения, соответствующие переходам между полосами этих металлов должны лежать ближе к красному концу спектра, чем соответствующие области поглощения в одновалентных металлах.

Систематические исследования оптических постоянных магния в спектральной области 400-620 нм впервые были проведены О'Брайном [10] (см. рис. 1).

$$\left. \begin{array}{l} + - + - + - \kappa \\ x - x - x - n \end{array} \right\} \text{ по Landolt - Börnstein [12]}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 - 0 - 0 - n \\ \Delta - \Delta - \Delta - \kappa \end{array} \right\} \text{ по O'Bryan [10]}$$

Он использовал при измерении метод «параллельных поляризаторов» и автоколлимационный принцип. При двукратном отражении от образца под главным углом падения он добивался на выходе плоской поляризации с направлением, перпендикулярным прежнему, благодаря чему пучок на обратном пути гасился входным поляризатором.

Авторы работы [11] для определения оптических констант магния использовали монокристаллы 99,999% чистоты ручной полировки. Они обнаружили на кривых $2n\kappa/\lambda$ (λ) максимум при $\lambda \approx 1480$ нм, а на кривых $(n^2 - n'^2)$ (λ) - при $\lambda \approx 1980$ нм. В этой работе данные измерений n и κ представлены в мелкомасштабном графике, что затрудняет использования их данных.

На рис. 1 показаны спектральные зависимости коэффициентов $n(\lambda)$ и $\kappa(\lambda)$ для магния согласно данным [12]. На этом же рисунке показаны такие же зависимости из «старой» работы [10]. Из рисунка видим, что новые данные для n значительно меньше старых, а для коэффициента поглощения κ наоборот: новые значения больше старых.

Анализ спектральных зависимостей действительной $\varepsilon_1(\lambda) = n(\lambda)^2 - \kappa(\lambda)^2$ и мнимой $\varepsilon_2(\lambda) = 2n(\lambda) \cdot \kappa(\lambda)$ частей диэлектрической проницаемости $\varepsilon(\lambda) = \varepsilon_1(\lambda) - i\varepsilon_2(\lambda)$ магния показывает, что они в первом приближении могут быть описаны уравнениями

$$\varepsilon_1 = 1 - f \cdot \frac{4\pi N e^2}{n \left(\omega^2 + \frac{1}{\tau^2} \right)} + \varepsilon_1^b, \quad (1)$$

$$\varepsilon_2 = f \cdot \frac{4\pi N e^2}{m} \cdot \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{\tau} \cdot \frac{1}{\omega^2 + \omega^2 + \frac{1}{\tau^2}} + \varepsilon_2^b, \quad (2)$$

где N - число свободных электронов в единице объема массивного металла, e и m - заряд и масса электрона, τ - время релаксации, ε_1^b и ε_2^b - действительная и мнимая части диэлектрической проницаемости, обусловленные связанными электронами. Коэффициент f показывает, что только fN свободных электронов в наночастице участвуют в дисперсии.

Плазменная частота электронов в наночастице определяется по формуле

$$\omega_p^2 = f \frac{4\pi N e^2}{m}, \quad (3)$$

т.е. при $f < 1$ она может быть меньше плазменной частоты массивного металла. Уменьшение числа дисперсных электронов в наночастицах обусловлено наличием поверхностных электронов и их связью с окружающей частицу средой. Уменьшение плазменной частоты в наночастице вызывает смещение коллоидной полосы для мельчайших частиц в длинноволновую область спектра.

Особенно простые зависимости для ε_1 и ε_2 имеем из (1) и (2) при $\omega_2 \gg \frac{1}{\tau}$

$$\varepsilon_1 = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} + \varepsilon_1^b = 1 - \frac{\lambda^2}{\lambda_p^2} + \varepsilon_1^b; \quad (4)$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \cdot \frac{1}{\tau} + \varepsilon_2^b \quad (5)$$

или с учетом значений ε_1 и ε_2 из табл.1 и при $\omega = \frac{2\pi C}{\lambda} = \frac{1883,6517 \cdot 10^{15}}{\lambda}$ имеем

$$\varepsilon_1 = A\lambda^2 + C = -3,7862 \cdot 10^{-5} + 0,1413\lambda^2, \quad (6)$$

$$\varepsilon_2 = B\lambda^2 + D = 1,9667 \cdot 10^{-8} + 0,4906. \quad (7)$$

В то же время из формулы (3) находим

$$\omega_p^2 = \frac{4\pi N e^2}{m}; \quad N = 6,0222 \frac{d}{A} \cdot 10^{23},$$

где $d = 1,739$ г/см³ - плотность магния; $A = 24,312$ - атомный вес; $z = 2$ - валентность магния.

При $z = 1 \cdot \omega_p^2 = 137,0903 \cdot 1030 \cdot c^{-2} z = 1 \cdot c^{-2}$, при $z = 1 \cdot \omega_p^2 = 274,1805 \cdot 1030 \cdot c^{-2} z = 2 \cdot c^{-2}$.

При известном числе дисперсных электронов в единице объема N находим частоту релаксации

$$\frac{1}{\tau} = \frac{e^2}{m} = 2,8112 \cdot 10^{-4} N \rho = 2,8112 \cdot 10^{-4} \cdot 4,3076 \cdot 10^{22} \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 0,05455 \cdot 10^{15} \cdot c^{-1} \cdot c^{-1},$$

где $\rho = 20 \cdot 10^{-6}$ Ом·см – удельное электросопротивление.

Скорость электронов на поверхности Ферми равна $U_F = (h/m) \cdot \sqrt[3]{3\pi^2} \cdot \sqrt[3]{N} = 3,5815 \cdot \sqrt[3]{N}$ (см/с). Для магния $U_F = 1,2554 \cdot 10^{15}$ нм/с.

Величина $1/\tau$ учитывает столкновения электронов проводимости с фононами, с дефектами решетки, с электронами, с примесями

$$1/\tau = \Sigma(1/\tau_i), \quad (8)$$

где $1/\tau_i$ - частота релаксации для отдельного взаимодействия.

При вычислении действительной ε_1 и мнимой ε_2 частей диэлектрической проницаемости для наночастиц по формулам (1) и (2) необходимо учитывать частоту соударений электронов с поверхностью коллоидной частицы. Результаты опытов на тонких пленках показывают, что отражение на границах является диффузным. Такое же отражение предполагается и при отра-

жении электронов проводимости на границе коллоидной частицы. Из (8) для времени релаксации электронов проводимости в коллоидной частице

$$\frac{1}{\tau} = \sum \frac{1}{\tau_i} + \frac{U_F}{R} + U_F \sqrt[3]{N_1}, \quad (9)$$

где N_1 - число примесей в 1 см^3 частицы.

При расчете оптических постоянных наночастиц на ЭВМ с учетом размерных эффектов мы придерживались следующего порядка вводим значения ω_p^2, U_F и $\Sigma(1/\tau_i)$; по формулам

$$\varepsilon_1^f = 1 - f \cdot \left(\omega_p^2 / \omega^2 + \frac{1}{\tau^2} \right) \quad (10)$$

$$\varepsilon_2^f = \omega_p^2 / \omega \left(\omega^2 + \frac{1}{\tau^2} \right) \cdot \frac{1}{\tau} \quad (11)$$

вычисляем действительную ε_1^f и мнимую ε_2^f части диэлектрической проницаемости; определяем ε_1^b и ε_2^b

$$\varepsilon_1^b = \varepsilon_1 - \varepsilon_1^f, \quad \varepsilon_2^b = \varepsilon_2 - \varepsilon_2^f,$$

(они должны храниться в запоминающем устройстве машины до конца расчетов); вычисляем значения $1/\tau$ для каждого R ; по значениям $1/\tau$ рассчитывали $\varepsilon_1^f(\lambda)$ и $\varepsilon_2^f(\lambda)$. Складывая их с величинами $\varepsilon_1^b(\lambda)$ и $\varepsilon_2^b(\lambda)$ получали $\varepsilon_1(R, \lambda)$ и $\varepsilon_2(R, \lambda)$ для наночастиц. Их использовали в дальнейших расчетах коэффициентов ослабления $k_o(R, \lambda)$ и рассеяния $k_p(R, \lambda)$ света наночастицами металлов.

Расчет коэффициентов ослабления и рассеяния света наночастицами магния. По Mie [9] коэффициенты ослабления k_o и рассеяния k_p выражаются через суммы амплитуд парциальных электрических a_n и магнитных b_n колебаний

$$k_o = C \cdot \frac{6\pi}{\lambda_o} m_o R \Sigma_{n=1} (2n+1) \left(\frac{a_n}{2a^3} + \frac{b_n}{2a^3} \right), \quad (12)$$

$$k_p = C \cdot \frac{6\pi}{\lambda_o} m_o 2\alpha^3 \Sigma (2n+1) \left(\left| \frac{a_n}{2a^3} \right|^2 + \left| \frac{b_n}{2a^3} \right|^2 \right) \quad (13)$$

где

$$a_n = \frac{m' \psi_n(m' \alpha) \psi_n'(\alpha) - \psi_n(\alpha) \psi_n'(m' \alpha)}{m' \psi_n(m' \alpha) \cdot \xi_n'(\alpha) - \xi_n(\alpha) \psi_n'(m' \alpha)}, \quad (14)$$

$$b_n = \frac{m' \psi_n(m' \alpha) \psi_n'(\alpha) - \psi_n(m' \alpha) \psi_n'(\alpha)}{m' \xi_n(m' \alpha) \cdot \psi_n'(m' \alpha) - \psi_n(m' \alpha) \xi_n'(\alpha)}. \quad (15)$$

Здесь введены функции Риккати-Бесселя

$$\psi_n(z) = z \cdot J_n(z), \quad \xi_n(z) = z h_n^{(1)}(z) \quad (16)$$

$$h_n^{(1)} = J_n(z) + iy(z), \quad (17)$$

$$J_n(z) = \sqrt{\pi/2z} \cdot I_{n+\frac{1}{2}}(z) \quad (18)$$

$$y_z(z) = \sqrt{\pi/2z} \cdot I_{n+\frac{1}{2}}(z). \quad (19)$$

Все четыре функции удовлетворяют рекуррентным соотношениям следующего вида

$$\psi_{n+1}(z) = \frac{2n+1}{z} \psi_n(z) - \psi_{n-1}(z) \quad (20)$$

Производные функций выражаются через сами функции

$$\psi_n'(z) = \psi_{n-1}(z) - \frac{n}{z} \psi_n(z). \quad (21)$$

По формулам (12)-(21) можно составить программу для соответствующих расчетов на компьютере.

Результаты расчетов спектральных зависимостей коэффициентов ослабления и рассеяния света наночастицами магния

На рис. 2 показаны спектральные зависимости коэффициента ослабления света наночастицами магния в кристалле MgF_2 .

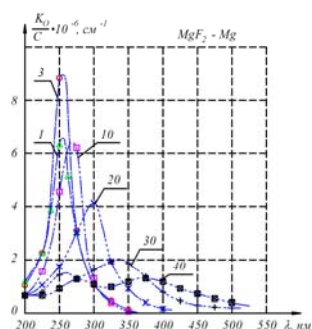


Рис. 2. Спектральная зависимость коэффициента ослабления света совокупностью сферических частиц магния в кристалле MgF_2 . Цифры у кривых показывают радиус частиц в нм

Показатель преломления кристалла фтористого магния вычислялся по формуле

$$m_o = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}, \quad (22)$$

где λ выражено в нм. В расчетах для магния использовали $\omega_p^2 = 137,0903 \cdot 10^{30} c^{-2}$; $U_p = 1,25543 \cdot 10^{15}$ нм/с;

$$1/\tau = 0,05455 \cdot 10^{15} c^{-1}.$$

Показатель преломления кристалла фтористого магния вычислялся по формуле

$$m_o = A + (B/\lambda^2) + (C/\lambda^2), \quad (22)$$

где λ выражено в нм. В расчетах для магния использовали $\omega_p^2 = 137,0903 \cdot 10^{30} c^{-2}$; $U_F = 1,2554 \cdot 10^{15}$ нм/с; $1/\tau = 0,05455 \cdot 10^{15} c^{-1}$.

Характеристики коллоидных полос ослабления света системой MgF_2 -Mg приведены в табл. 1 и рис. 3.

Таблица 1

Характеристики коллоидных полос ослабления света системой MgF_2 - Mg

R, нм	λ_m , нм	H, нм	$(k_0/c) \cdot 10^{-6}, cm^{-1}$
1,0	255	40	6,44
3,0	256	35	8,87
5,0	258	28	10,05
10,0	265	45	6,29
20,0	300	67	4,18
30,0	337		2,12
40,0	375		1,28

Из рис. 2 видно, что наибольшее значение коэффициента ослабления света частицами магния в кристалле MgF_2 имеют сферические частицы радиуса $R=5$ нм. Коллоидная полоса поглощения для этих частиц имеет наименьшую полуширину.

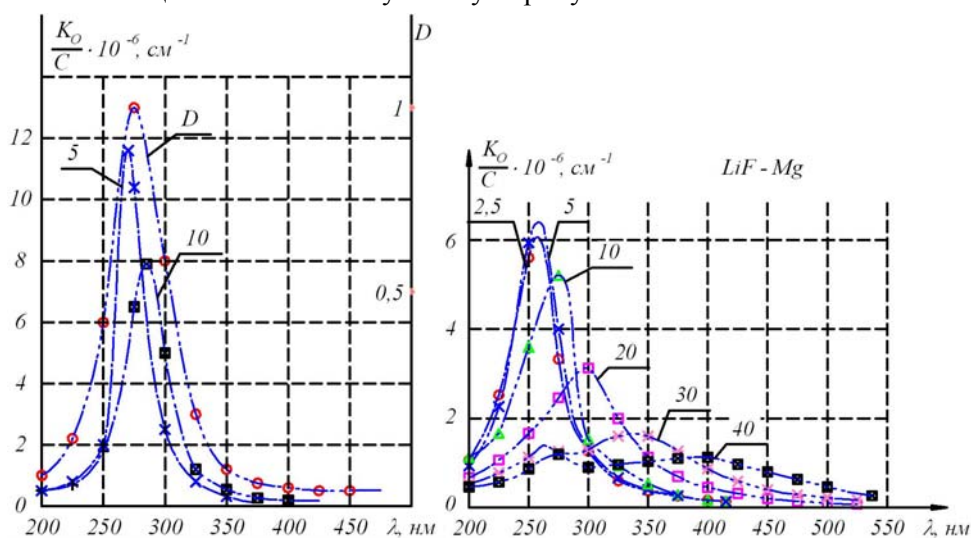


Рис. 3. Спектральная зависимость коэффициента ослабления света совокупностью сферических частиц магния в кристалле LiF. Цифры у кривых показывают радиус частиц в нм

Дальнейшее увеличение размеров частиц, как всегда, приводит к смещению максимума полосы поглощения в длинноволновую область спектра.

Полуширина полосы поглощения при этом увеличивается.

Для частиц с $R \geq 25$ нм появляются побочные максимумы.

За эти побочные максимумы ответственны вторая, третья и т.д. электрические парциальные волны.

Это слагаемые $\frac{a_2}{2a^3}$, $\frac{a^3}{2a^3}$ и т.д. в формуле (12).

Отметим следующий факт: первый побочный максимум появляется для частиц с $R \approx 1$, где l - длина свободного пробега электронов проводимости.

Для магния $l = U_F \cdot \tau = 1,2554 \cdot 10^{15} \cdot 18,33 \cdot 10^{-15} = 23,01$ (нм).

На рис. 3 показано спектральную зависимость коэффициента ослабления света сферическими частицами магния в кристалле фтористого лития.

Характеристики коллоидных полос ослабления света системой LiF-Mg приведены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики коллоидных полос ослабления света системой LiF - Mg

R , нм	λ_m , нм	H , нм	$(k_0/c) \cdot 10^{-6}$, см ⁻¹
1,0	254	57,4	5,84
2,5	257	55,1	6
5,0	262	53,3	6,01
10	272	56,9	5,32
20	298	84,3	3,07
30	335	124,0	1,69
40	388	159	1,13

Выводы. Анализ полученных расчетных данных по спектрам поглощения и рассеяния света наночастицами магния в разных средах позволяет сделать следующие выводы.

При идентификации центров окраски различными способами обработанных кристаллов (это касается и облученных γ -радиацией Co^{60} щелочно-галоидных кристаллов) необходимо вычислять спектры поглощения и рассеяния света коллоидами наночастицами соответствующих металлов.

Такой расчет дает возможность теоретически определить спектральное положение коллоидной полосы и ее характеристики.

Спектральная зависимость оптических констант магния такова, что коллоидные полосы поглощения света располагаются в ультрафиолетовой области спектра.

Список литературы

1. Gates B.C., eds. Metal clusters in catalysis. N.Y.: Elsevier.1986.
2. Научные основы и перспективы развития онкологии. Нанотехнологии и наноматериалы в медицине. Сборник материалов XIX (82) сессии Общего собрания РАМН. М.: ОАО «Издательство «Медицина». 2008.
3. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: Изд-во МГУ. 2003.
4. Wilcoxon J.P., Abrams B.L. Synthesis, structure and properties of metal nanoclusters.// Chem.Soc.Rev.2006. V.35. p.1162-1175.
5. Непомнящих А.И., Раджабов Е.А. Магниево-электронные центры окраски в кристаллах LiF-Mg.// Оптика и спектроскопия.1980. Т.48. Вып.2.с.273-276.
6. Not I.Phys.Lett.1966.V.21.P.124-127.
7. Nink R., Kos H.I. Phys.Stat.Sol.(a).1876. V.35. P.1-4.
8. Sichel E.K.,Gitteman I.I.,Abeles B. Optical properties of granular magnesium films.//
9. Mie G. Beiträge zur Optik trüber Metien speziell kolloidaler Metallösungen. Ann.Phys.,1908, B.25, S.377-445.
10. O'Bryan. The optical constants of several metals in vacuum. J.O.S.A., Vol.26, P.122-127, 1936.
11. Graves R.H., Lenham A.P. Interband absorption in single crustals of Mg, Zn and Cd at 295°K and 82°K. Vol.58, №1, P.126-129, 1968.

Рукопись поступила в редакции. 28.03.14

М.А. РЫБАЛЬЧЕНКО, аспирант, В.И. ГОЛОВКО, д-р техн.наук, проф.,
А.А. ВЕРХОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц., Г.А. ПАПАНОВ, ст. преподаватель
ГВУЗ «Национальная металлургическая академия Украины», ГВУЗ «Днепропетровский на-
циональный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ЗАТВОРА ВЕСОВОЙ ВОРОНКИ СИСТЕМЫ ШИХТОПОДАЧИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Установлено, что для электропривода весовых воронок доменной печи с конвейерной подачей шихты на колошник наилучшим является векторное управление с ориентацией по потокосцеплению ротора. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода в широком диапазоне, с высоким быстродействием и большой точностью.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Особенностью технологии загрузки современных доменных печей с конвейерной подачей шихты на колошник является возможность управления смешиванием различных видов материалов по длине порции, формируемых на конвейере с целью повышения эффективности распределения в доменной печи и увеличения производительности агрегата в целом [1].

Формирование многокомпонентных порций можно осуществить с помощью ЭВМ системы шихтоподачи в процессе разгрузки материалов из весовых воронок на доменный конвейер [2,3].

Для получения требуемых параметров порций необходим регулируемый выпуск шихтовых материалов из весовых воронок с одновременным контролем геометрических параметров шихты на конвейере.

Ранее для управления выпуском магнитных материалов использовались устройства [4-6]. Положительные результаты применения электромагнитного регулятора расхода шихтового материала отмечены в работе [7]. Его использование при формировании смешанной железорудной порции описано в [8].

Однако данные устройства не позволяют регулировать расход шихты при разгрузке из весового бункера в широком диапазоне, с большой точностью и высоким быстродействием. Для решения такой задачи эффективным является применение управляемого электропривода затворов весовых воронок.

Анализ исследований и публикаций. Управление выпуском материала на современных доменных печах осуществляется в основном затвором секторного типа.

Его открытие (закрытие) осуществляется поворотом тяги, связанной с кривошипом, при его повороте на угол 180 после подачи напряжения на электродвигатель. Одновременно подается (снижается) напряжение на электромагнитный тормоз для расторможения (торможения) быстроходно вала редуктора.

В качестве приводного двигателя применяют асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором, который реализован на базе силовой полупроводниковой техники с применением микропроцессорного управления. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода (ЭП) в широком диапазоне, с высоким быстродействием и большой точностью. В качестве силового преобразователя используется преобразователь частоты (ПЧ). Различают векторное и скалярное управление ЭП.

Характеристики векторной системы и скалярной управления ЭП сведены в табл. 1.

Как следует из таблицы, для получения высоких динамических показателей, высокой точности поддержания скорости наиболее предпочтительной является векторная система управления электроприводом.

В источниках [9-14] описаны принципы построения системы векторного управления по ориентации потокосцепления ротора. В [12,14] есть примеры синтеза регуляторов, которые можно применить при построении системы управления по структурной схеме [9,11].

Наиболее полно принципы системы векторного управления изложены в [12,14]. В указанных источниках есть сведения о современном построении систем векторного управления, проблемы возникающие при построении таких систем, способы реализации моделей потока и скорости.

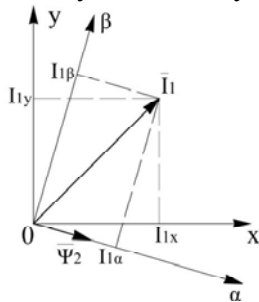
Сравнение систем управления

Показатель	СВУЭП		Скалярная СУЭП	
	без датчика скорости	инкрементальный энкодер	без датчика скорости	инкрементальный энкодер
Точность регулирования	0,2%	0,02%	20%	10%
Диапазон регулирования	1:100	1:1000	(6-10):1	$\approx 2/S_k$
Метод регулирования	$\psi_2 = \text{const}$		$U/f = \text{const}$	$U/f = \text{const}$
Перегрузочная способность	Постоянная во всем диапазоне частот вращения ротора		Низкая в области малых частот вращения ротора	

В таблице обозначено: СВУЭП – система векторного управления электроприводом; S_k - критическое скольжение двигателя; ψ_2 - потокосцепление ротора; U – напряжение на статоре; f – частота напряжения на статоре

Постановка задачи. Целью работы явилась разработка системы управления асинхронным двигателем затвора весовой воронки шихтоподачи доменной печи с конвейерной подачей шихты на колошник для регулирования выпуска материалов на конвейер в процессе формирования многокомпонентных порций.

Изложение материала и исследований. Идея векторной системы управления асинхронным двигателем заключается в реализации раздельного управления скоростью и потокосцеплением. Ток двигателя измеряется в неподвижной системе координат x - y и преобразуется во вращающуюся систему координат α - β (см. рис. 1).

Рис. 1. Система координат α - β в системе координат x - y

При ориентации оси α по вектору потокосцепления ротора одна проекция вектора тока определяет величину потокосцепления, а вторая проекция пропорциональна скорости вращения вала двигателя.

В теории систем управления асинхронными электроприводами нашел место уникальный принцип ориентации системы координат по вектору потокосцепления ротора.

В данном случае имитационная модель АД приобретает определенное сходство со структурной схемой машины постоянного тока, где возможно раздельное управление магнитным состоянием и моментом на валу двигателя.

Математически условие ориентации выражается следующим образом

$$\psi_{ry} = 0; \quad d\psi_{ry}/dt = 0; \quad \psi_{rx} = \psi_r, \quad (1)$$

где ψ_{ry} и ψ_{rx} - проекции потокосцепления ротора

Уравнения, описывающие АД в системе координат с принудительной ориентацией по вектору потокосцепления ротора.

$$\begin{cases} \frac{di_{sx}}{dt} = \frac{1}{l_e} (u_{sx} - r_e i_{sx} + k_r a_r \psi_r + l_e \omega_k i_{sy}), & \frac{di_{sy}}{dt} = \frac{1}{l_e} (u_{sy} - r_e i_{sy} - k_r \omega_r \psi_r - l_e \omega_k i_{sx}) \\ \frac{d\psi_r}{dt} = r_r k_r i_{sx} - a_r \psi_r; & 0 = r_r k_r i_{sy} - \beta_k \psi_r; & m = k_m \psi_r i_{sy}; & \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J} (m - m_{нагр}) \end{cases}, \quad (2)$$

где $i_{sx}, i_{sy}, u_{sx}, u_{sy}$ - составляющие векторов тока и напряжения статора; r_r, a_r, k_r, k_m - коэффициенты, учитывающие параметры АД; r_e - эквивалентное активное сопротивление двигателя; l_e - эквивалентная индуктивность рассеивания двигателя; J, ω_r, m - момент инерции, частота вращения и момент, развиваемый на валу АД; $m_{нагр}$ - момент приложенный к валу двигателя со стороны нагрузки.

В системе β_k представляет собой скольжение системы координат, а ω_k соответственно скорость ее вращения. Данные параметры определяются в соответствии со следующими выражениями

$$\beta_k = \frac{r_r k_r i_{sy}}{\psi_r}; \quad \omega_k = \omega_r + \beta_k, \quad (3)$$

В системе уравнений переменные с индексами «x» и «y» соответствуют компонентам пространственного вектора в координатной системе с ориентацией по вектору потокосцеплений ротора ψ_r . С помощью правил создания и преобразования структурных схем, принятых в теории автоматического управления, представим систему уравнений в виде структурной схемы.

На рис. 2 представлена структурная схема, имитационной модели АД в системе координат с ориентацией по вектору потокосцепления ротора ψ_r .

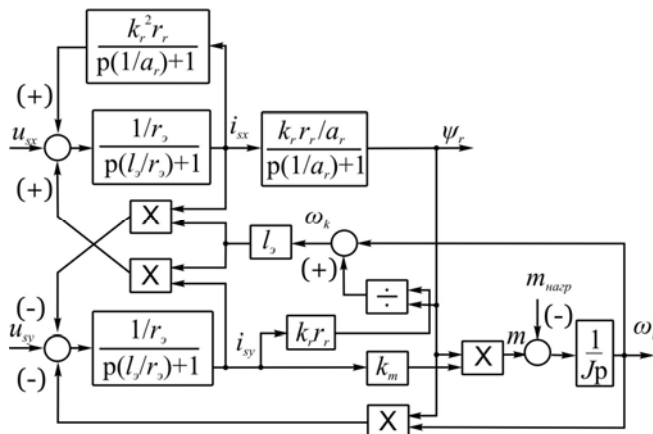


Рис. 2. Структурная схема имитационной модели АД в системе координат с ориентацией по вектору потокосцепления ротора ψ_r .

При расчете контура управления частотой вращения (в данном случае объект управления содержит интегральное звено) возникла необходимость использования пропорционального регулятора при настройке на модульный оптимум, что делает невозможным получение системы астатической по возмущению.

Именно поэтому выполнен расчет двукратно - интегрирующей системы регулирования скорости, а для приближения характеристик контура к характеристикам, соответствующим настройке на модульный оптимум на входе контура установим фильтр в виде аperiодического звена.

Общая схема управления АД представлена на рис. 3.

Общая схема управления АД представлена на рис. 3.

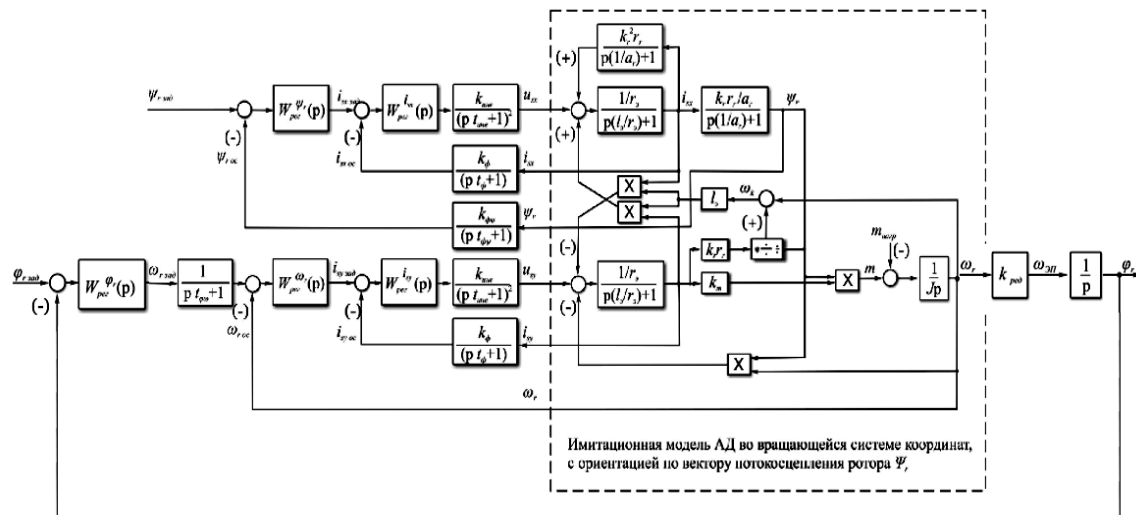


Рис. 3. Общая схема управления АД с векторным управлением с принудительной ориентацией по потокосцеплению ротора

Модель АД, изложенная выше, удобна для реализации и расчета в любом из прикладных программных продуктов, поддерживающих объектно-структурное моделирование систем (Simulink-Matlab, Windora и т.д.).

Моделирование работы электропривода весовых воронок шихтоподачи доменной печи (ДП) объемом 5000 м³ ОАО «АрселорМиттал Стил Кривой Рог», проведено в среде MATLAB

Simulink, обладающей широкими возможностями выполнения математического моделирования, создавая модель из простых блоков. Также в среде Simulink содержатся блоки, которые позволяют визуализировать процессы моделирования.

На шихтоподаче указанной ДП работают асинхронные двигателя с короткозамкнутым ротором типа АР.

Технические характеристики двигателя АР 83-12: синхронная частота 500 об/мин; номинальная частота вращения 460 об/мин; число пар полюсов 6; мощность 6,7 кВт; пусковой момент 392 Н·м; максимальный момент 395 Н·м; пусковой ток 70А; номинальный ток 17А; $\cos\varphi=0.72$; КПД 83% ; $J_{дв}=1.925\text{кг/м}^2$.

Общая схема моделирования в среде Matlab Simulink представлена на рис. 4.

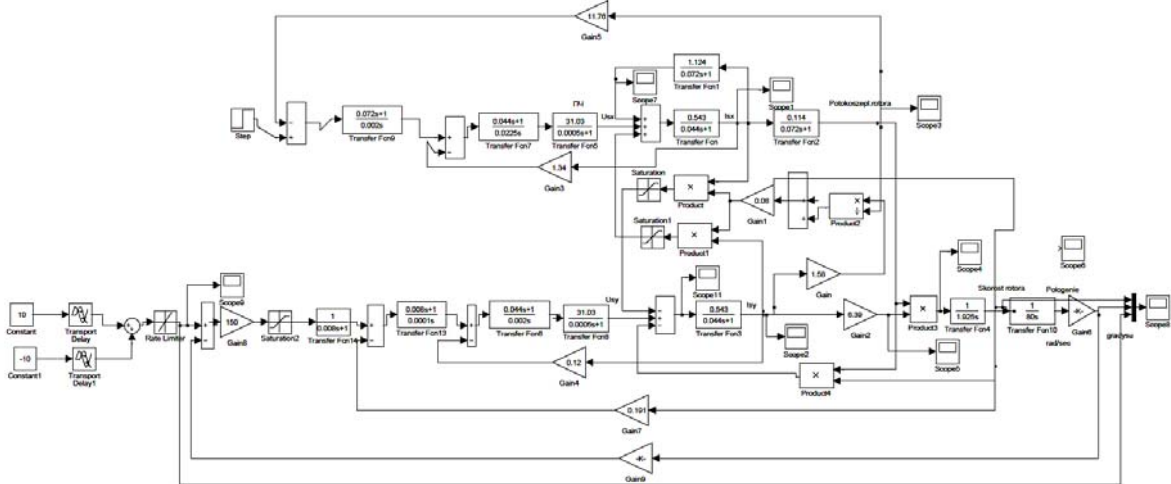


Рис.4.Общая схема моделирования системы векторного управления АД с ориентацией по потокоцеплению ротора в среде Matlab/Simulink

На рис. 5 представлены результаты моделирования.

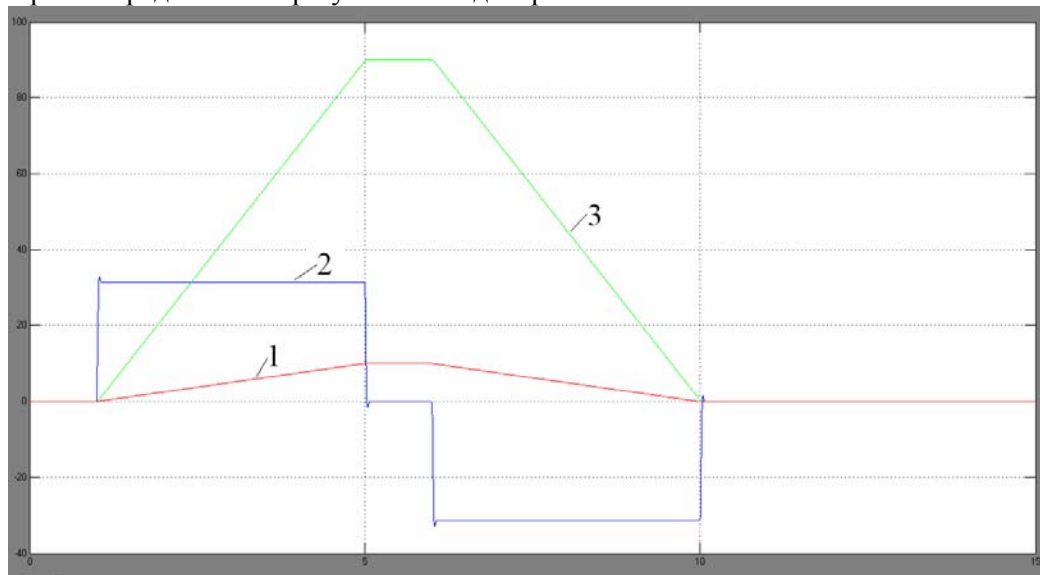


Рис. 5. Результаты моделирования: 1 - задание; 2 - скорость двигателя; 3 - угол перемещения

Результаты работы обеспечивают анализ процессов в электродвигателе при векторном управлении в момент пуска от задатчика интенсивности, работе в установившемся режиме и торможении.

Анализ графиков показывает, что разгон двигателя до установившейся скорости и его торможение составляет 0.1с, перерегулирование 3,8%, статическая ошибка равна 0. График изменения положения затвора плавно подходит к заданному значению, что обеспечивает отсутствие перерегулирования, а, следовательно, выполняется технологическое требование о точной остановке технологического механизма.

Таким образом, для электропривода весовых воронок доменной печи с конвейерной подачей шихты на колошник наилучшим является векторное управление с ориентацией по потокоцеплению ротора. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода в широком диапазоне, с высоким быстродействием и большой точностью.

Применение такой системы управления позволит реализовать формирование многокомпонентной порции шихты на доменном конвейере в любой последовательности разгрузки весовых воронок.

Список литературы

1. **Большаков В.И.** Теория и практика загрузки доменных печей / **В.И. Большаков.** – М.: Металлургия, 1990. – 255с.
2. **Праздников А. В.** Системы шихтоподачи в доменном производстве: монография [для инж.-техн. И науч. Работников] / **А. В. Праздников, Е. Я. Клоцман, В. И. Головки.** – М.: Металлургия, 1980. – 200 с.
3. **Клоцман Е.Я.** Системы шихтоподачи доменных печей / **Е.Я. Клоцман.** – Днепропетровск: Пороги, 2007. – 204 с
4. **Гиршман Ю.И., Головки В.И., Дмитриев Э.М. и др.** «Затвор бункера» Авторское свидетельство СССР № 918188. МПК В65D 90/58. Заявка № 2861017. Приоритет изобретения 02.01.1980. Опубликовано 07.04.1982. Бюллетень №13.
5. **О.Н.Кукушкин, Е.Я.Клоцман, В.И.Головки, Н.Г.Иванча, Э.М.Дмитриев** «Устройство для выпуска ферромагнитных сыпучих материалов из бункера». Авторское свидетельство СССР № 971885. МПК С21В7/20. Заявка № 2979044. Приоритет изобретения 08.07.1980. Опубликовано 07.11.1982. Бюллетень №41
6. **О.Н.Кукушкин, Е.Я.Клоцман, В.И.Головки, Н.Г.Иванча, Н.С.Антипов** «Способ подачи магнитных материалов на доменный конвейер». Авторское свидетельство СССР № 1027217. МПК С21В7/20. Заявка № 3360846. Приоритет изобретения 27.11.1981. Опубликовано 07.07.1983. Бюллетень №25
7. Освоение системы загрузки современной доменной печи / **В.И.Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г. Иванча** и др.(Обзор.информ.). – М.:Ин-т Черметинформация, 1989. – 53с.
8. **О.Н.Кукушкин, Е.Я.Клоцман, Н.Г.Иванча и др.** «Способ подачи железорудных материалов на доменный конвейер». / Авторское свидетельство СССР № 1539207. МПК С21В7/20. Заявка № 4240722.. Опубликовано 30.01.1990. Бюллетень №4.
9. **Терехов В.М.** Системы управления электроприводов: учебник для студ.вузов / **В.М. Терехов, О.И. Осипов;** под ред. **В.М. Терехова.** - 3-е изд., стер. - М.:Издательский центр "Академия", 2008. - 304с.
10. **Чиликин М. Г.** и др. Теория автоматизированного электропривода: Учебн. пособие для вузов / **Чиликин М. Г., Ключев В. И., Сандлер А. С.** -М.: Энергия, 1979. - 616 с
11. **Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г.** Управление электроприводами: / Учебн. пособие для вузов. - Л.: Энергоиздат., 1982. - 392с., ил.
12. **Виноградов А.Б.** Векторное управление электроприводами переменного тока / ГОУ ВПО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина". - 2008. - 298с.
13. **Рудаков В. В.** и др. Асинхронные электроприводы с векторным управлением / **В.В. Рудаков, И.М. Столяров, В.А. Дартау.** - Л.: Энергоатомиздат, 1987. - 136 с.: ил.
14. **Соколовский Г.Г.** Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: / Учебн. для студ. высш. учебн. зав. **Г.Г. Соколовский.** - М.: Академия, 2006. – 272 с.
15. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник. **А.Э. Кравчик, М.М.Шлаф** – М.: Энергоиздат, 1982 – 504 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

УДК 621.771.22: 62-52

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук., проф., В.Ю. ХАРЛАМЕНКО, ассистент
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ФОРМУВАННЯ УЗГОДЖЕНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКОСТЯМИ РОБОЧИХ ВАЛКІВ ОБТИСКНОЇ КЛІТИ БЛЮМІНГА З ВИЗНАЧЕННЯМ ПРОБУКСОВОК

У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності керування електромеханічним обладнанням обтискної кліти блюмінга, що представлено пружними розподіленими електромеханічними системами за рахунок узгоджених керуючих впливів, сформованих з використанням алгоритму визначення пробуксовок робочих валків кліти. На основі проведеного аналізу характеру динамічного навантаження на електромеханічне обладнання обтискної кліти блюмінга розроблено алгоритм формування узгодженого керування швидкостями робочих валків з визначенням типу та інтенсивності пробуксовок та величини коректуючої дії на швидкість приводних двигунів. Визначено вектор найбільш інформативних параметрів, що повинні використовуватись при формуванні узгодженого керування робочими валками. Наведено результати моделювання запропонованого алгоритму в умовах односторонньої пробуксовки.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Конструктивно кінематичні лінії обтискової кліти виконані з різними довжинами валопроводів нижнього і верхнього робочих валків. Це приводить до виникнення динамічного розузгодження, що виникає в нестационарних режимах при наявності обертальних коливань розгалужених несиметричних систем з різними жорсткостями валопроводів [1]. Експериментальні дослідження в [2] показали, що в період захвату металу різниця швидкостей валків може досягати значних величин - до 18% від номінальної швидкості. Розузгодження швидкостей робочих валків є причиною нерівномірності розподілу динамічних навантажень між робочими валками, що призводить до зниження продуктивності обтискного стану.

При формуванні узгодженого керування швидкістю робочих валків основними параметрами швидкісного режиму є швидкості захвату і викиду, максимальна швидкість, прискорення та уповільнення. Від цих параметрів залежить цикл прокатки і продуктивність стану в цілому.

Аналіз досліджень та публікацій. Дослідженням способів підвищення ефективності керування блюмінгом без зниження продуктивності процесу прокатки займалися провідні вітчизняні та закордонні науковці, серед яких можна виділити Л.В. Акімова, Б.І. Кузнецова, О.С. Лехова, С.Л. Коцаря, В.А. Чигирину, Б.Н. Полякова, В.А. Воскресенського, Ф.К. Іванченко, П.І. Полухіна, М.А. Тилкіна, В.П. Полухіна, В.Б. Клепікова та ін.

Так, проф. Л.В. Акімов запропонував новий спосіб підвищення точності роботи двоконтурної системи регулювання швидкості електропривода обтискних валків з використанням спостерігачів стану. В працях Б.І. Кузнецова та його наукової школи розглянуто підхід до керування процесом обтиснення зливків на блюмінгу, що передбачає використання робастного регулятора.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є розробка методу узгодженого керування швидкостями робочих валків обтискної кліти блюмінга з визначенням їх пробуксовок. Для цього необхідно визначити найбільш інформативні параметри процесу обтиснення при визначенні пробуксовок та розробити алгоритм узгодженого керування швидкостями робочих валків із визначенням їх пробуксовок.

Викладення матеріалу та результати. Досвід експлуатації обтискних станів показує, що захоплення металу валками на низькій швидкості викликає перегрівання двигуна, при цьому через вимушені просадки швидкості збільшується тривалість циклу прокатки. Захоплення на високих швидкостях може бути зірване через зниження коефіцієнта тертя внаслідок збільшення швидкості. Для реверсивних станів швидкість захоплення ($\omega_3(t)$) та викиду ($\omega_6(t)$) береться в межах 10-45 об/хв [3,4,5]. Менші значення застосовуються в перших пропусках, а більші - в наступних. В останньому пропуску викид металу здійснюється на максимальній швидкості.

З умови мінімального нагрівання двигунів [5]

$$\sum_i M_{ci} \cdot t_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

де M_{ci} - повний статичний момент в i -ому пропуску, t_i - час i -го пропуску, визначаються оптимальні швидкості обертання двигуна. Максимальна швидкість складає [5], об/хв.

$$\omega_{\max. onm} = \sqrt{\frac{2ab \cdot (60L/\pi D) + \omega_6^2 \cdot a + \omega_3^2 \cdot b}{a + b}}, \quad (2)$$

де L - довжина зливка після прокатки в даному пропуску, мм; D - діаметр валків, мм, a і b - величини прискорення і гальмування відповідно, (об/хв)/с.

З урахування обмеження (1) оптимальною максимальною швидкістю в пропуску є номінальна швидкість двигуна $\omega_{\max. опт.}$

Оптимальне значення швидкості виходу зливку із валків $\omega_{в. опт.}$ залежить від співвідношення між динамічним моментом гальмування $M_b(t)$ та статичним моментом $M_c(t)$ [5]

$$\omega_{6. onm} = \omega_{\max. onm} \cdot \left(1 - \frac{M_b(t)}{M_c(t)}\right), \quad M_b(t) = J_1 \cdot b, \quad (3)$$

де J_1 - момент інерції якоря.

Згідно [5], швидкість захвату металу валками становить

$$\omega_{3. onm} = \omega_{\max. onm} \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{M_a(t)}{M_c(t)}\right), \quad M_a(t) = J_1 \cdot a, \quad (4)$$

де $M_a(t)$ - динамічний момент розгону.

З формули видно, що при умові мінімального нагріву двигуна, швидкість при захваті металу повинна бути найбільшою. Проте вона має бути обмежена практичними граничними умовами захвату.

Рекомендації по вибору допустимої швидкості $\omega_{\text{доп}}$ залежно від калібру та обчислених $\omega_{3,\text{опт}}$ та $\omega_{\text{в,опт}}$ наведено в табл. 1 [5].

Таблиця 1

Рекомендації по вибору $\omega_{\text{опт}}$

Калібр	Кантовка	$\omega_{3,\text{опт}}$, об/хв	$\omega_{\text{в,опт}}$, об/хв	$\omega_{\text{доп}}$, об/хв
1	+	$\omega_{\text{max,опт}}$	10÷15	50
	-	15÷20	10÷15	
2, 3	+	≤ 50	15÷30	60÷70
	-	20÷40	15÷30	
4, 5	-	$\omega_{\text{max,опт}}$	30÷50	80÷90

Дослідження режимів роботи обтискних станів показує, що, з метою скорочення навантаження на двигун, необхідно використовувати високі швидкості захвату та низькі швидкості викиду зливка із валків. Оптимальна максимальна швидкість в пропуску, при цьому, повинна бути в межах номінальних значень швидкості приводного двигуна.

При визначенні вектору ознак необхідно керуватися тим, що при великій кількості входів експерту важко описати причинно-наслідкові зв'язки у вигляді нечітких правил. Це обумовлено тим, що в оперативній пам'яті людини може одночасно зберігатися не більше п'яти ознак. Тому, при більшій кількості входних змінних необхідно їх ієрархічно класифікувати з урахуванням наведених вище рекомендацій. Зазвичай, виконання такої класифікації не становить труднощів для експерта, так як при прийнятті рішень людина ієрархічно враховує впливають фактори [6].

Основними інформативними параметрами при формуванні узгодженого керування є статичні моменти M_c , струми якорних обмоток $I_{\text{я}}$, пружні моменти M_{ij} , швидкості робочих валків $\omega_{2(3)}$ та похідні від цих параметрів.

З метою мінімізації надходження надлишкової інформації при формуванні узгодженого керування та визначення пробуксовок проведено дослідження інформативності наведених вище сигналів в різних режимах навантаження.

Аналіз характеру процесів в режимі пробуксовки показав, що визначення односторонньої пробуксовки доцільно використовувати різницю статичних моментів ΔM_c , так як їх динаміка описує характер навантаження, та пружні моменти. Використовувати для фіксації початку пробуксовки лише струм якоря недоцільно через значної інерційності приводних двигунів [2].

Як видно з графіків на рис. 1 для реєстрації двосторонньої пробуксовки доцільно використовувати падіння пружних моментів та їх перехід через нуль.

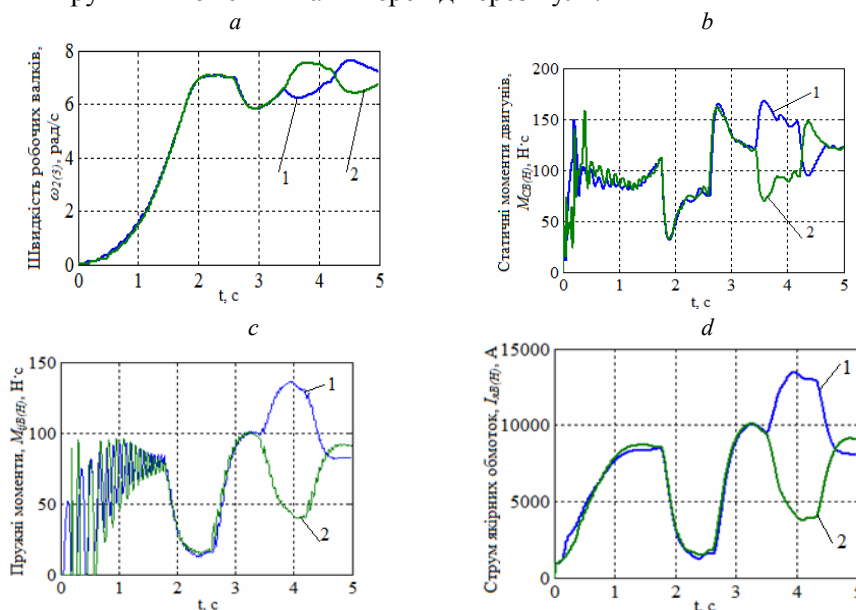


Рис. 1. Графіки швидкостей робочих валків *a*, статичних моментів *b*, пружних моментів *c*, струмів якорних обмоток *d* в режимі односторонньої пробуксовки

Також для визначення пробуксовки доцільно використати похідну сигналу з найбільшої дисперсією - M_{ij} . Отже, сформовано вектор інформативних сигналів за якими доцільно визначати пробуксовку $X=(\Delta M_{c}, M_{ij}, dM_{ij}/dt)$.

На рис. 1,2 наведено графіки $M_c, I_{я}, M_{ij}, \omega_{2(3)}$, в режимі односторонньої і двосторонньої пробуксовки відповідно

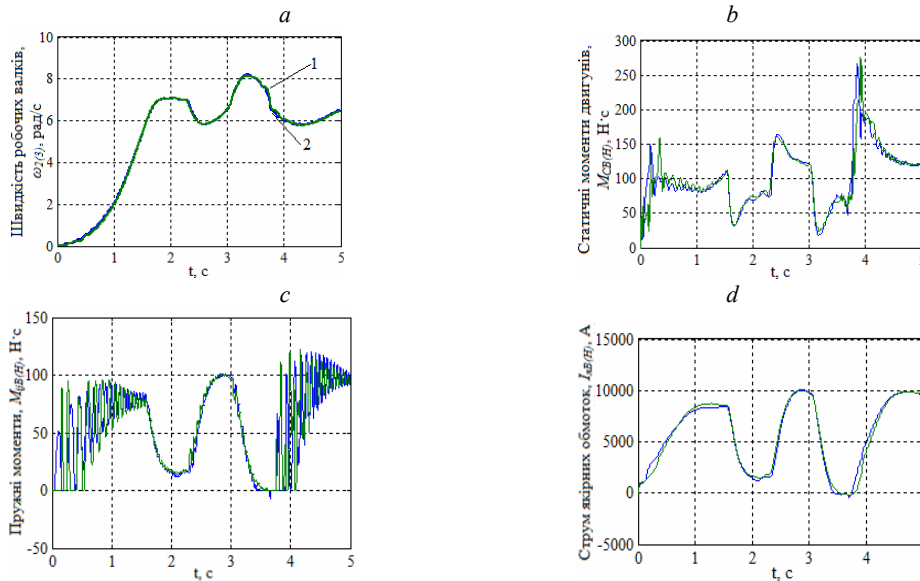


Рис. 2. Графіки швидкостей робочих валків *a*, статичних моментів *b*, пружних моментів *c*, струмів якірних обмоток *d* в режимі двосторонньої пробуксовки

На основі проведеного дослідження характеру зміни основних координат та графу станів динамічного навантаження в режимі пробуксовок для формування узгодженого керування з використанням нечіткого методу визначення пробуксовки розроблено алгоритм, блок-схема якого наведена на рис. 3.

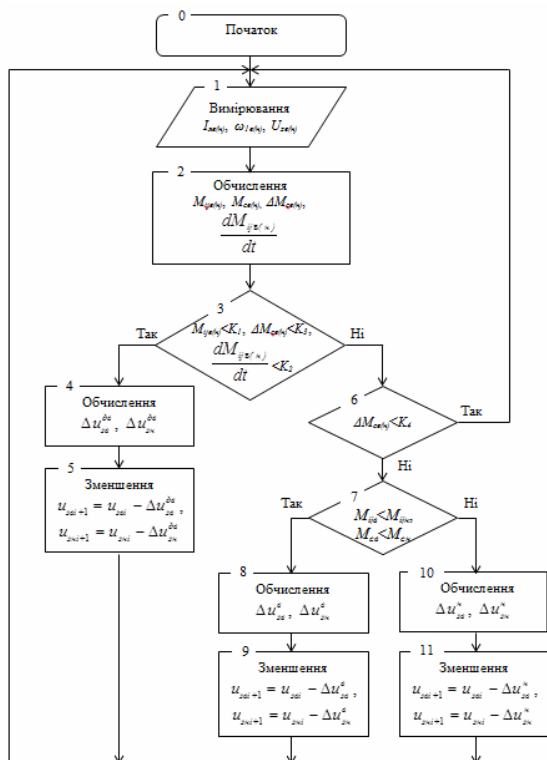


Рис. 3. Блок-схема алгоритму формування узгодженого керування робочими валками обтискної кліті

Він ґрунтується на визначенні типу та інтенсивності пробуксовки і визначенні величини коректуючої дії на сигнал завдання оператора.

Щоб ліквідувати пробуксовку або попередити розвиток односторонньої пробуксовки в двосторонню підсистема узгодженого керування видає сигнал на зниження швидкості обох валків.

Необхідність зниження швидкості небуксуючого валка, що в процесі пробуксовки сприймає додатковий момент, пов'язана з тим, що із зменшенням швидкості зростає граничний момент сил тертя на його контакт і знижується ймовірність виникнення небезпечного випадку двосторонньої пробуксовки.

Блоком датчиків вимірюються доступні до вимірювання координати струми якірних обмоток $I_{яв(н)}$, швидкості приводних двигунів $\omega_{1в(н)}$ та напруга на якорі $U_{яв(н)}$ (блок 1).

За допомогою адаптивного спостерігача стану відновлюється вектор стану, складові якого використовуються при визначенні початку пробуксовки - пружні моменти $M_{ijв(н)}$ та обчисленні швидкостей валків - статичні моменти $M_{св(н)}$ (блок 2). На цьому ж етапі обчислюються різниця статичних моментів $\Delta M_{св(н)}$ та швидкість її зміни пружних моментів $dM_{ijв(н)}/dt$.

Наступним етапом роботи алгоритму є визначення типу пробуксовки. Якщо реєструється падіння пружних моментів до визначеної уставки K_1 , похідних пружних моментів до K_2 , а різниця статичних моментів прямує до визначеної уставки K_3 , то має місце двостороння пробуксовка (блок 3). При цьому обчислюються значення коректуючі значення $\Delta u_{зв}^{дв}$ та $\Delta u_{зн}^{дв}$ (блок 4) та відбувається зменшення поточного сигналу завдання (блок 5). В алгоритмі індекс «дв» свідчить про роботу в режимі двостороннього буксування.

Якщо умова, що перевіряється в блоці 3 не виконується, то має місце одностороння пробуксовка. Вид двосторонньої пробуксовки визначається в блоці 7. При цьому перевіряється чи має місце хибна пробуксовка (блок 6) шляхом порівняння величини розузгодження струмів із заданою уставкою K_4 . Визначення хибних пробуксовок необхідне через те, що не кожне розузгодження викликане розвитком нестійких режимів прокатки Розузгодження швидкостей робочих валків в межах 3-5 % викликане технологією прокатки і необхідне, наприклад, для формування «лижі». Також незначні пробуксовки до 15% від M_c не розвиваються до небезпечних явищ і суттєво не впливають на динаміку стану.

Якщо фіксується розузгодження статичних моментів більше уставки K_4 і $M_{ij6} < M_{ijn}$, $M_{c6} < M_{cn}$, то має місце одностороння пробуксовка на верхньому валку. В іншому випадку - на нижньому. При цьому, залежно від буксує чого валка, визначаються коректуючі значення сигналу завдання $\Delta u_{зв}^в$, $\Delta u_{зн}^в$, $\Delta u_{зв}^н$, $\Delta u_{зн}^н$ (блоки 8, 10), де верхні індекси «в» і «н» - ознаки приналежності до режиму пробуксовки верхнього та нижнього валків та відбувається корекція поточного сигналу завдання на швидкість (блоки 9,11).

Для реалізації запропонованого алгоритму використано систему нечіткого логічного висновку типу Такагі-Сугено [6], для якої база правил побудована на основі формалізації дій персоналу в нестійких режимах функціонування обтискної кліті.

На рис. 4 зображено діаграму зміни сигналу завдання із задавача інтенсивності та опрацьований сигнал завдання блоком узгодженого керування. Для демонстрації реакції блоку узгодженого керування на початок пробуксовки на діаграму додано осцилограми статичних моментів по яким можна ідентифікувати початок та закінчення пробуксовки. Для узгодження масштабів зміни досліджуваних величин (пружні моменти, сигнал завдання та опрацьований сигнал завдання), всі сигнали подано у відносних величинах.

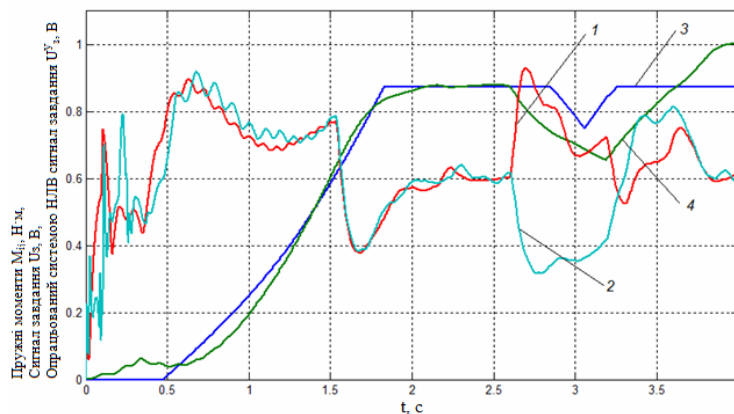


Рис. 4. Порівняння сигналу задавача інтенсивності та опрацьований сигнал завдання блоком узгодженого керування: 1, 2 – пружні моменти верхньої та нижньої кінематичної лінії відповідно; 3, 4 – сигнали завдання із існуючого задавача інтенсивності та сигнал опрацьований системою нечіткого логічного висновку ТС відповідно

Моделювання проводилось для випадку виникнення односторонньої пробуксовки при падінні моменту навантаження на верхньому валку в умовах $U_{зв}=6В$, $U_{зн}=6,4В$, $M_{нв}=25$ Нс·м, $M_{нн}=195$ Нс·м та в режимі усталеного обтиснення, в умовах $U_{зв}=8В$, $U_{зн}=8,7В$, $M_{нв}=110$ Нс·м, $M_{нн}=115$ Нс·м. На рис. 4 видно, до часу $t_{уст}=2,58$ с має місце усталений режим прокатки, а з 2,58с починається одностороння пробуксовка. При цьому при використанні запропонованого способу формування завдання для системи керування динамічними навантаженнями в обтискній кліті реакція на виникнення пробуксовки істотно швидша ніж при існуючому підході.

Отже, блок узгодженого керування фактично виконує роль датчика пробуксовки, виявляючи початок пробуксовки ще до розвитку її до небезпечних масштабів.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для формування узгодженого керування використано алгоритм, що базується на визначенні типу пробуксовки та величини коректуючої дії на сигнал завдання. При цьому визначено, що доцільніше використовувати факт падіння пружного моменту $M_{ijв(н)}$ в кінематичних лініях стану в комплексі з різницею статичних моментів $\Delta M_{св(н)}$ та похідною пружних моментів в кінематичній лінії стану dM_{ij}/dt , що дозволить визначити початок пробуксовки на ранній стадії до її розвитку у аварійний стан. Аналіз результатів використання запропонованого алгоритму показав зменшення часу реакції на пробуксовку, порівняно з існуючими методами, на 0,18 с.

Список літератури

1. **О.В. Слежановский.** Электропривод реверсивных станов горячей прокатки / **Слежановский О.В.** // М.: Металлургиздат, 1961. - 444 с.
2. **Коцарь С.Л., Поляков Б.Н., Макаров Ю.Д., Чичигин В.А.** Статистический анализ и математическое моделирование блюминга. – М.: Металлургия, 1974. – 280 с.
3. **Бычков В.П.** Электропривод и автоматизация металлургического производства. Учебное пособие для / **В.П. Бычков.** – [2-е изд., перераб и доп.] – М.: Высшая школа, 1977. – 391 с.
4. **Афанасьев В.Д.** Автоматизированный электропривод в прокатном производстве: учебник для вузов / **Василий Данилович Афанасьев.** – М.: Металлургия, 1977. – 280 с.
5. **Тарновский И.Я., Пальмов Е.В., Тягунов В.А., Макаев С.В., Котельников, Л.В. Андреюк В.П.** Прокатка на блюминге / под ред. **И.Я. Тарновского.** – М.: Металлургиздат, 1963. – 390с.
6. **Штовба С. Д.** Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB // Exponenta Pro. – 2003. - № 2 (2). – С. 9–15.

Рукопис подано до редакції 15.04.14

УДК 622.73: 658.562

А.А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, проф., Д.В. ШВЕЦ, аспирант,
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ НА ЭТАПЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Выполнен критический анализ средств и методов контроля качества железорудного сырья на этапе подготовке руды к обогащению. Разработана функциональная схема автоматизированной системы управления процессом подготовки руды к обогащению, позволяющая стабилизировать массовую долю магнитного железа в сливе классификатора, объемное заполнение мельницы и плотность пульпы на сливе классификатора.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Контроль качества железорудного сырья является приоритетным направлением на сегодняшний день на горнообогатительных предприятиях Украины. Отсутствие комплексных систем стабилизации технологических параметров процесса подготовки руды к обогащению обуславливает колебание качества конечного продукта и большие потери полезного компонента в хвосты обогащения. Колебания качества концентрата происходят по причине изменений содержания полезного компонента в питании мельницы, недостаточной загрузки мельницы и колебания плотностных режимов в ней, нестабильности плотности пульпы на сливе классификатора. В связи с этим требуется создание системы автоматизации, которая будет контролировать и управлять основными контурами процесса измельчения.

Анализ исследований и публикаций. Проблема стабилизации качества минерального сырья начинала рассматриваться еще в советское время [1-3]. В нынешнее время в связи с переходом на рыночную экономику к качеству концентрата предъявляются гораздо более жесткие требования.

В проблемно-отраслевой лаборатории министерства промышленной политики Украины под руководством профессора А.А. Азаряна разрабатываются методы и средства для стабилизации массовой доли железа на конвейере при помощи магнитного и гамма-гамма методов [4-12]. Гамма-методы позволяют определять в горной породе содержание железа общего (FeO , Fe_2O_3), магнитный метод - железа магнитного (Fe_3O_4) [13].

Также рассматриваются методы стабилизации соотношения «твердое-жидкое» в мельнице и контроль плотности пульпы на ее сливе [14]. Помимо данных параметров также важным является контроль объемной загрузки мельницы [15] и снижение энергоемкости процесса измельчения. В ряде работ [16-18] анализируются факторы, приводящие к колебаниям качества конечного продукта, и способы его стабилизации.

Перспективным направлением можно считать применение интеллектуальных систем для управления процессом измельчения [19], а также объединение в единую схему нескольких контуров контроля технологических параметров [20].

Анализ существующих систем стабилизации показал, что на этапе подготовки руды к обогащению основное внимание уделяется одному конкретному контуру вместо стабилизации технологических параметров в основных точках системы и направления информационных потоков в управляющий блок для оперативной коррекции отклонений от заданных значений.

Постановка задания. Основными факторами при автоматизации процессов измельчения железной руды и ее классификации, непосредственно влияющими на качество конечного продукта, являются поддержание объемного заполнения мельницы сырьем, плотности пульпы как в измельчительной установке, так и на сливе классифицирующего аппарата. Автоматизация процесса измельчения руды дает возможность повышения качества концентрата и снижения его себестоимости, благодаря оптимизации параметров исходного сырья, которое поступает на магнитную сепарацию. Поэтому наличие сведений о качестве руды на питателе и о содержании в ней полезного компонента является важным фактором для оптимизации процесса подготовки руды к обогащению и разработка системы для контроля этих параметров является актуальной.

Анализируя источники, следует отметить, что большинство систем автоматизации подразумевают автоматизацию одного конкретного контура процесса, но не учитывается необходимость объединения систем автоматизации разных контуров в единую систему для координации информационных потоков от них.

В связи с этим, необходимо разработать такую систему контроля процессов измельчения сырья, в которой информационные потоки от каждого из контуров будут направляться в единый информационный блок для согласования последующих управляющих воздействий, что позволит повысить качество процесса подготовки руды к обогащению и качество сырья, подаваемого на первый этап магнитной сепарации.

Изложение материала и результаты. Рассматривая процессы измельчения и обогащения железной руды, можно рассматривать обрабатываемое сырье таким образом: руда, подаваемая на питатель, характеризуется содержанием в ней полезного компонента. После подачи в мельницу руда смешивается с водой и превращается в пульпу. На данном этапе основными свойствами обрабатываемого сырья (пульпы) является плотность, а также соотношение твердой фазы и жидкой (Т:Ж). После измельчения в мельнице пульпа поступает в классификатор, где происходит разделение недоизмельченной и измельченной в достаточной мере руды. Недоизмельченная руда в составе циркулирующей нагрузки отправляется обратно в мельницу на доизмельчение (основными параметрами является плотность циркуляционной нагрузки и ее объем), а измельченное до необходимых размеров сырье отправляется в слив классификатора. Основными его свойствами являются плотность и соотношение твердой фазы и жидкой (Т:Ж). После завершения этапа измельчения происходит магнитная сепарация, которая, в зависимости от технологии, может состоять из нескольких этапов, но конечными продуктами которой являются концентрат (характеризуется содержанием в нем железа) и хвосты обогащения (пустая порода). Схематически данная последовательность изображена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема преобразования сырья на этапах измельчения и обогащения железной руды

На рис. 2 изображена функциональная схема системы автоматизации процесса измельчения руды, позволяющей контролировать изменения технологических параметров в наиболее важных узлах измельчительной системы и оперативно производить регулирующие воздействия для их стабилизации.

Описание элементов функциональной схемы:

Питатель - это конструкция, предназначенная для равномерной подачи сыпучих, кусковых грузов из бункеров, загрузочных лотков, магазинов и других загрузочных устройств в перерабатывающие машины. Производительность регулируется изменением скорости движения ленты и высоты слоя руды. Питатель обеспечивает равномерную непрерывную подачу материала в технологической цепи.

Датчик содержания магнитного железа - прибор, анализирующий количество магнитной составляющей руды, находящейся на питателе. Позволяет на выходе получать одинаковую массу магнитной составляющей руды, что предусматривает подачу на первую стадию магнитной сепарации сырья, из которого будет получена заданная масса концентрата. Благодаря датчику содержания магнитного железа осуществляется контроль количества полезного компонента в руде, питающей мельницу. После измерения количества полезного компонента в руде полученное значение сравнивается с заданным значением, установленным в регуляторе с задатчиком, и в случае необходимости, корректируется - при отклонении текущего значения в начальной руде от заданного в сторону увеличения заданное значение потребления руды в мельницу уменьшают, а при его отклонении в сторону уменьшения - увеличивают.

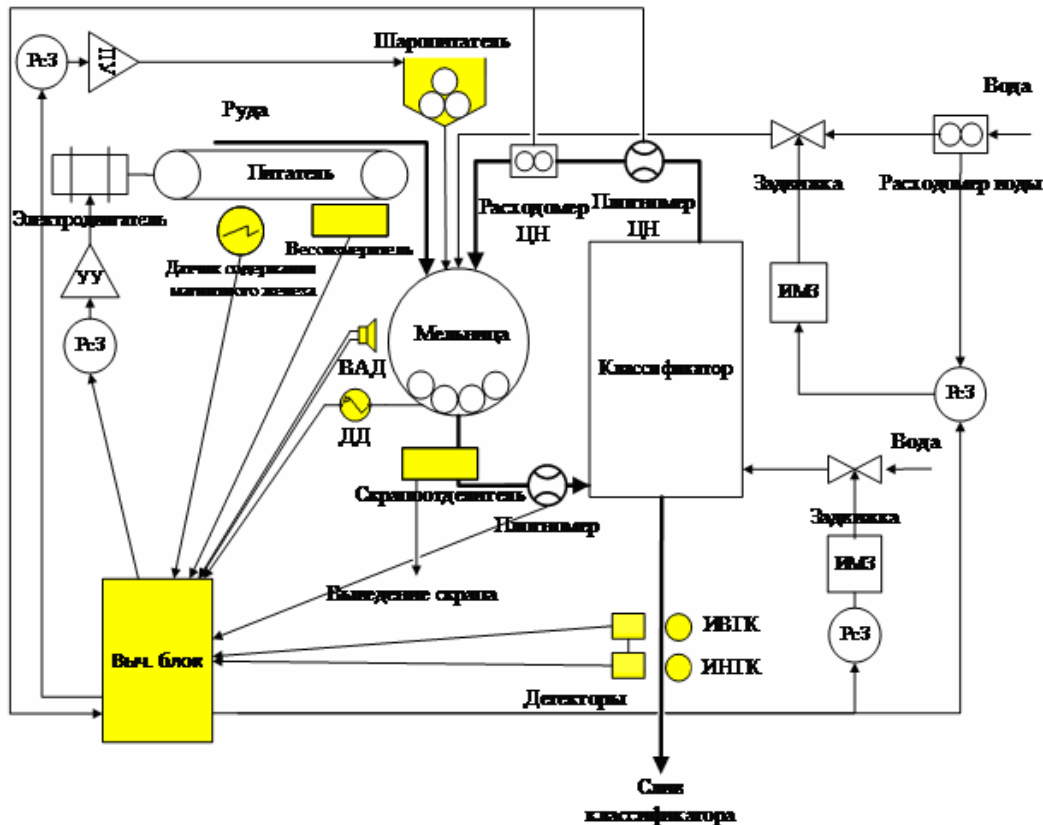


Рис. 2. Функциональная схема системы автоматизации процесса измельчения руды: ИВГК - источник высокоэнергетических гамма-квантов; ИНГК - источник низкоэнергетических гамма-квантов; ВАД - виброакустический датчик; Расходомер ЦН - расходомер циркуляционной нагрузки; лотномер ЦН - лотномер циркуляционной нагрузки; Р-З - регулятор с задатчиком; ИМЗ - исполнительный механизм задвижки; УУ - устройство управления; ДД - другие датчики (датчик активной мощности мельницы, датчик уровня давления масла в подшипнике мельницы, радиоизотопный датчик заполнения мельницы)

Датчик содержания магнитного железа может быть выполнен из источника гамма-излучения (например, с радионуклидами $Cz-137$), помещенного в свинцовый контейнер с небольшим отверстием для направленного вывода излучения, а также приемника сигнала (детектора), расположенного над питателем, и, соответственно, источником излучения. Приемник сигнала связан с вычислительным блоком, который в зависимости от интенсивности получен-

ного гамма-излучения рассчитывает содержание полезного компонента в руде на питателе. Для этого в вычислительный блок должна быть занесена таблица соответствий интенсивностей гамма-излучений содержанию магнитного железа.

Также для эффективного контроля содержания полезного компонента в руде необходимо учитывать высоту слоя руды на питателе - для этого можно использовать датчик высоты, который может измерять расстояние, например, с помощью ультразвука (точность - до 0,2 мм). Значение высоты слоя руды направляется в вычислительный блок. Другим способом будет использование механизма, позволяющего насыпать руду на питатель так, чтобы высота ее слоя оставалась постоянной. В таком случае значение высоты слоя должно быть занесено в вычислительный блок как константа.

Весоизмеритель - определяет количество руды на питателе и взаимодействует с регуляторами расхода воды и скорости движения конвейера.

Мельница - устройство, управляющее процессом разрушения и уменьшения размеров кусков минерального сырья под воздействием механических сил. Различают шаровые, стержневые и мельницы самоизмельчения. Шаровые мельницы измельчают руду за счет движения металлических шаров, описывающих параболические движения при вращении барабана мельницы. Стержневые мельницы работают аналогично, но измельчающей средой в них служат стержни разного размера. В мельнице самоизмельчения разрушения материала происходит в результате удара кусков друг о друга при падении и сжатии [21].

Шаропитатель - устройство для подачи порции измельчающих стальных шаров в мельницу через заданные промежутки времени. Временной промежуток определяется исходя из твердости руды и прочности шаров. Осуществляется догрузка либо наиболее крупных шаров (регулярная догрузка мельницы), либо шаров разных размеров (рациональная догрузка), что в ряде случаев позволяет добиться лучших результатов измельчения.

Скрапоотделитель - конструкция, расположенная на сливе мельницы, предназначенная для выведения из цикла измельчения остатков измельчающей среды - скрапа, образующегося в результате стирания шаров. Она позволяет уменьшить энергоемкость процесса измельчения и увеличить его эффективность за счет уменьшения циркуляционной нагрузки.

Виброакустический датчик - датчик, позволяющий определить уровень загрузки мельницы на основе анализа шума и вибраций, исходящих от нее. Для изоляции датчика от воздействия на него посторонних шумов (например, от соседних мельниц), он защищается кожухом и располагается непосредственно у мельницы.

Вычислительный блок - устройство для расчета уровня загрузки мельницы. Получает информацию от датчиков: содержания магнитного железа в руде на питателе; весоизмерителя; виброакустического датчика и других устройств, определяющих уровень объемного заполнения мельницы (датчика активной мощности мельницы, датчика уровня давления масла в подшипнике мельницы, радиоизотопного датчика заполнения мельницы), а также плотномера и расходомера циркулирующей нагрузки. На основе полученной информации рассчитывает необходимое количество руды и воды для подачи в мельницу для поддержания ее заданного объемного заполнения, поддержания заданного соотношения "жидкое - твердое", а также стабилизации содержания магнитного железа в руде, подаваемой на измельчение. Также подает сигналы через определенные промежутки времени на шаропитатель, который обеспечивает мельницу свежими порциями шаров. Также вычислительный блок используется для стабилизации плотности пульпы на сливе классификатора. Блок выполняет расчеты на основании информации, получаемой от плотномеров слива мельницы и слива классификатора, и передает сигнал на регулятор с задатчиком для сравнения подсчитанного значения требуемого объема подачи воды в классификатор с текущим значением, после чего формирует управляющее воздействие на исполнительный механизм задвижки и регулирует подачу воды.

Классификатор - аппарат, предназначенный для разделения тонкозернистых материалов на фракции различной крупности и плотности в жидкой или воздушной среде. Осуществляемый в нем процесс разделения основывается на различии скоростей ограниченного падения крупных и мелких, плотных и легких частиц, взвешенных в среде, которая находится в состоянии покоя или движется. Классификатор разделяет зерна разных размеров и плотности - по равнопадению, зерна с одинаковой плотностью - по крупности, зерна одинакового размера - по плотности [22].

Вода вместе с взвешенными в ней минеральными частицами является пульпой, что является начальным продуктом (питанием) классификатора. В классификаторе пульпа разделяется на два или несколько продуктов (фракций) различной крупности. При разделении на два продукта больший продукт носит название песковой фракции, сокращенно - песков, а продукт, который мельче - называется сливом.

Плотномер - автоматический прибор, обеспечивающий измерение плотности жидких образцов.

Источник высокоэнергетических гамма-квантов - источник (Cs-137, 660 кэВ), расположенный в свинцовом контейнере, обеспечивающем биологическую защиту и формирующий узкий пучок гамма-квантов. Позволяет получить информацию о плотности пульпы, которая проходит через поток гамма-квантов.

Источник низкоэнергетических гамма-квантов - источник (Am-241, 60 кэВ), расположенный в свинцовом контейнере, обеспечивающем биологическую защиту и формирующий узкий пучок гамма-квантов. Позволяет получить информацию об эквивалентном атомном номере вещества, проходящем через пульпопровод, т.е. информацию о содержании железа в сливе классификатора.

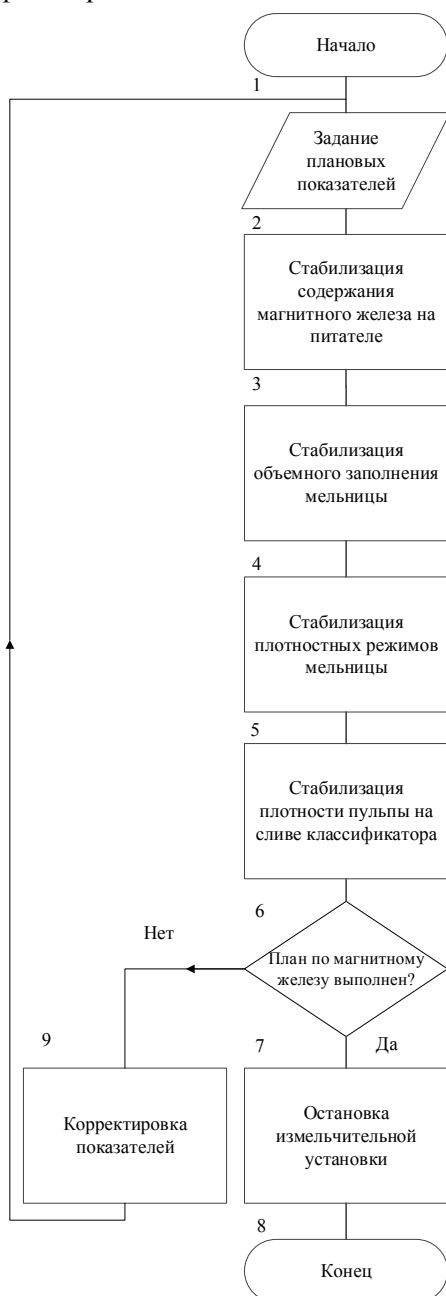


Рис. 3. Алгоритм работы системы автоматизации процесса измельчения руды

Детектор (сцинтилляционный) - устройство, позволяющее оценить интенсивность гамма-излучения, проходящего через пульпопровод, и на основе этой информации сделать расчет плотности пульпы и содержания полезного компонента в сливе классификатора.

Устройство управления (УУ) - блок, координирующий взаимодействие регуляторов с задатчиками с приборами, к которым они подключены. Осуществляет управление ключевыми элементами системы, автоматически поддерживает заданные параметры работы управляемых устройств, обеспечивает защиту от аварийных режимов.

Описание функциональной схемы. Система автоматизации подготовки руды к обогащению работает следующим образом: в регуляторе с задатчиком, соединенным с вычислительным блоком, задается плановая выработка магнитного железа. Далее руда подается в шаровую мельницу с помощью ленточного питателя, который приводится в действие двигателем, включающимся после задания плановой выработки полезного компонента.

На соответствующем участке ленточного питателя происходит измерение массы руды, находящейся на данном участке, а также измерение содержания в ней магнитного железа.

Результаты измерений передаются в вычислительный блок, где подсчитывается масса полезного компонента в измеряемой порции (масса руды умножается на содержание в ней магнитного железа). Далее эта масса суммируется с массами полезного компонента уже измеренных ранее порций сырья и проводится сравнение этой суммы с общей плановой массой магнитного железа.

В случае, если сумма равна или превышает общую плановую массу, то происходит подача по-

следней измеренной порции руды в мельницу и двигатель ленточного питателя отключается, далее происходит доизмельчение последних порций руды в мельнице и их классификация, после чего процесс прекращается. В случае, если сумма масс полезного компонента меньше общей плановой массы магнитного железа, то движение ленточного питателя продолжается и происходит измерение новых порций сырья.

Для контроля объемного заполнения мельницы используется виброакустический датчик шума мельницы, а также могут применяться комбинации других датчиков (датчик активной мощности мельницы, датчик уровня давления масла в подшипнике мельницы, радиоизотопный датчик заполнения мельницы).

Этот вид контроля позволяет проверить, достигнут ли установленный максимальный предельный уровень загрузки мельницы, при котором мельница еще может продолжать работу без угрозы аварии, однако превышение которого может вызвать выход из строя измельчительного оборудования.

В случае, если достигнут максимально предельный уровень загрузки мельницы, двигатель ленточного питателя останавливается, руда перестает поступать в мельницу, в вычислительном блоке выполняется перерасчет соотношения "твердое - жидкое", и стабилизируется для подачи воды в мельницу для изменения режимов плотности.

Через некоторое время снова происходит проверка уровня загрузки мельницы, и если он стал ниже критического, то подача руды с ленточного питателя будет возобновлена. В противном случае ряд вышеупомянутых операций вновь будет повторен.

Основываясь на информации о циркулирующей нагрузке и режимах плотности в мельнице, поступающей от датчиков в вычислительный блок, этот блок осуществляет расчеты, позволяющие стабилизировать соотношение "твердое - жидкое" путем регуляции скорости подачи руды в мельницу и количества подаваемой воды.

Вычислительный блок подает управляющие сигналы на вторичные приборы, соединенные с электродвигателем, управляя его скоростью, а также на исполнительный механизм задвижки для регулирования подачи воды в дробильный аппарат.

Еще одной задачей вычислительного блока является своевременная доставка новых порций шаров в мельницу для обеспечения эффективного измельчения. Через некоторый рассчитанный промежуток времени, определенный на основе информации о твердости руды и крепости шаров, вычислительный блок подает управляющее воздействие на регулятор с задатчиком, который передает сигнал на устройство управления шаропитателя.

После этого шаропитатель отправляет порцию шаров в дробильный аппарат.

Мелющие шары, которые стерлись в процессе измельчения сырья, выводятся из цикла с помощью скрапоотделителя, установленного в сливе мельницы.

Он разделяет куски руды и стертые шары, непригодные для эффективного измельчения сырья.

Пульпа, прошедшая через скрапоотделитель, измеряется плотномером, а результаты измерений передаются в вычислительный блок.

Классифицирующий аппарат разделяет измельченную руду, недоизмельченные куски которой отправляются в мельницу для доизмельчения, а готовый продукт проходит через плотномер, установленный на сливе классификатора, результаты измерений которого также отправляются в вычислительный блок.

Вычислительный блок на основе информации о плотности пульпы на входе классификатора и его сливе рассчитывает необходимое для подачи в классификатор количество воды, что позволяет добиться заданной плотности на сливе классификатора.

Устройство для контроля содержания полезного компонента позволяет определить количество магнитного железа, уже отправленного на стадию магнитной сепарации и количество магнитного железа, которое находится в измельчительном комплексе на текущий момент.

Через плотномер и расходомер проходит циркулирующая нагрузка, сведения с приборов передаются в вычислительный блок, и процесс продолжается до тех пор, пока план по магнитному железу не будет выполнен.

Выводы и направления дальнейших исследований. Проведен критический анализ литературы по вопросу стабилизации качества железорудного сырья на этапе подготовки руды к обогащению. Разработана функциональная схема автоматизированной системы управления

процессом подготовки руды к обогащению, которая позволит стабилизировать массовую долю магнитного железа в сливе классификатора, объемное заполнение мельницы и плотность пульпы на сливе классификатора. Вычислительный блок позволит координировать информационные потоки и формировать управляющие воздействия для оптимизации параметров процесса измельчения.

Использование описанной системы позволит увеличить эффективность процесса измельчения сырья и уменьшить его энергоемкость, стабилизировать содержание магнитного железа в концентрате, повысить качество концентрата и уменьшить количество потерь полезного компонента в хвосты обогащения.

Список литературы

1. **Марюта А.Н.** Контроль качества минерального сырья / **А.Н. Марюта, П.К. Младецкий, П.А. Новицкий.** // К.: Техніка, 1976. –220 с.
2. **Троп А.А., Козин В.З., Прокофьев Е.В.** Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. – М.: Недра, 1986. – 303 с.
3. **Процудо В.С.** Автоматизированные системы управления процессами обогатительных фабрик, - М., Недра, 1987, 253 с.
4. **Азарян А.А.** Система оперативного контроля качества железистых кварцитов на конвейере / **А.А. Азарян, В.А. Азарян, В.В. Дрига** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.184-190.
5. **Дрига В.В.** Исследование и классификация факторов снижающих точность непрерывного контроля качества магнетитовых руд / **В.В. Дрига** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.168-179.
6. **Дрига В.В.** Исследование влияния изменения пространственного расположения рудного материала в магнитном поле накладного индуктивного преобразователя на точность непрерывного контроля качества магнетитовых руд / **В.В. Дрига** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.64-80.
7. **Цыбулевский Ю.Е.** Исследование влияния физических характеристик материала железосодержащей пробы на размеры индуктивных датчиков. / **Ю.Е. Цыбулевский, А.В. Швыдкий** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.208-212.
8. **Азарян А.А.** Непрерывный контроль технологических потоков на конвейере / **А.А. Азарян, Г.Н. Лисовой, Д.Ю. Мирошник** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.221-228.
9. **Азарян А.А.** Разработка переносного устройства оперативного контроля качества минерального сырья / **А.А. Азарян, В.В. Дрига, Д.С. Белименко** // Форум гірників–2006 : мат. міжнар. конф., 11–13 жовт. 2006 р., Дніпропетровськ / Нац. гірничий ун-т. –Дніпропетровськ, 2006.
10. **Дрига В.В.** Исследование и классификация факторов, влияющих на геофизический мониторинг массовой доли магнетита в горной массе / **В.В. Дрига** // Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. пр. / Криворізький техн. ун-т. –Кривий Ріг: Мінерал, 2006. –Вип. 14. –С. 150-153.
11. Качество минерального сырья / **А.А. Азарян, В.А. Колосков, Л.А. Ломовцев, А.Д. Учитель** – Кривой Рог: Мінерал, 2001 – 201 с.
12. **Азарян А.А., Василенко В.Е., Зубкевич В.Ю., Лисовой Г.Н.** Контроль качества железной руды на конвейере // Сборник научных трудов «Качество минерального сырья»: – Кривой Рог, 2000.
13. **Белименко Д.С.** Лабораторные испытания устройства оперативного контроля качества минерального сырья/ **Д.С. Белименко** // Разработка рудных месторождений – Кривой Рог – Вып. 92, 2008.
14. **Ворников Д.Н.** Исследование и разработка системы контроля и управления режимом работы мельницы / **Д.Н. Ворников** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.310-322.
15. Спосіб автоматичного керування одностадійним циклом мокрого подрібнення: патент 56304 / **Кучер В.Г., Черняков С.Н., Кривенко Ю.Ю.**; власник патенту КТУ; завл. 14.06.2010; опубл. 10.01.2011, Бюл. №1.
16. **Зубкевич В.Ю.** Контроль вещественного состава железорудного сырья / **В.Ю. Зубкевич** // Качество минерального сырья: Сб. научн. тр. – Кр. Рог, 2011. - С.154-168.
17. **Шолох Н.В.** Формирование качества полезного ископаемого и рудного сырья горнорудных предприятий / **Н.В. Шолох, А.Л. Топчий** // Гірничий вісник. – Кривий Ріг – Вип. 97, 2014. - С.26-29.
18. **Кондратец В.А.** Исследование динамики пульпы в улитковом питателе при измельчении песков механического двухспирального классификатора / **В.А. Кондратец А.Н. Мацуй** // Гірничий вісник. – Кривий Ріг – Вип. 97, 2014. - С.276-280.
19. **Маринич И.А.** Обоснование применения интеллектуальных систем управления дробильно-измельчительным комплексом / **И.А. Маринич** // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг – Вип. 35, 2014. - С.134-138.
20. **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 Криворізького національного університету. – Кривий Ріг – Вип. 36, 2014. - С.275-280.
21. Горная энциклопедия: мельница [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mining-enc.ru/m/melnica/>
22. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч.1 / [**Островский Г.М., Абиев Р.Ш., Барабаш В.М.** и др.]; под ред. **Г.М. Островского.** – Санкт-Петербург: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 846 с.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

В. Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц.,
М.П. СЕРГЄЄВА, ст. викладач, Криворізький національний університет

ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСНИХ ПРОГРАМИ

Розглянуто програмне забезпечення, що призначене для керування наземним лазерним сканером, є невід'ємною частиною приладів, тому що враховує різного роду помилки в результатах вимірювання інженерних об'єктів, які знаходяться на денній поверхні території гірничого відводу. Для прискорення маркшейдерсько-геодезичного забезпечення робіт, а також для підвищення інформативності отриманих при цьому даних, запропоновано використовувати технологію тривимірного наземного сканування при розв'язуванні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства. Проаналізовано програмні продукти, що дозволяють одночасно вказати кілька областей сканування і для кожної з них вибрати індивідуальну роздільну здатність зйомки. Створено високоточну технологію тривимірного наземного лазерного сканування на автомобільній дорозі «Техбаза - кладовище «Західне». Виконано камерально-графічну обробку наземного лазерного 3D-сканування, яка базуються на створенні комплексних програмних продуктів, що дозволяють одночасно вирішувати завдання управління лазерним сканером та опрацювання отриманих результатів в системі автоматизованого проектування. При цьому більшість програм опрацювання дозволяє вирішувати прикладні завдання в різних областях народного господарства. На основі аналізу програм, призначених для керування сканером і опрацювання даних наземного лазерного сканування і практичного досвіду їх застосування рекомендується при виборі програмного забезпечення для розв'язання конкретних завдань враховувати їхні функціональні можливості, зручність інтерфейсу і швидкість виконання тих або інших операцій. Для побудови тривимірних векторних моделей у програмному забезпеченні «Cyclone SCAN» використовується автоматичний, напівавтоматичний і інтерактивний режими. Доведено, що інтерактивний режим моделювання об'єктів менш точний у порівнянні з автоматичним і напівавтоматичним, однак при наявності в користувача достатнього досвіду роботи з програмним забезпеченням використання його дозволяє отримати необхідну точність формування тривимірної моделі і заощаджувати час.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Програмне забезпечення камеральної обробки польових вимірювань базується на створенні комплексних програмних продуктів, що дозволяють одночасно вирішувати завдання управління наземним лазерним сканером, опрацювання отриманих результатів, що і включають функції систем автоматизованого проектування, наприклад: порівняння реальної моделі із проектною і виведення графічної інформації про наявні розбіжності; редагування векторної тривимірної моделі; створення моделі у вигляді *Solid* різної форми, тобто у вигляді твердого тривимірного тіла, а не набору полігонів і структурних ліній і інші.

Аналіз досліджень та публікацій. Програмне забезпечення, призначене для керування наземним лазерним сканером, є невід'ємною частиною приладів, тому що враховує різного роду помилки в результатах вимірів (наприклад, постійні і закономірні помилки віддалекоміра, ексцентриситети вісей обертання і інші). Виробники наземних лазерних сканерів пропонують своє програмне забезпечення для керування сканером і опрацювання результатів сканування. При цьому більшість програм опрацювання дозволяє вирішувати прикладні завдання в різних областях народного господарства. На основі аналізу програм, призначених для керування сканером і опрацювання даних наземного лазерного сканування, і практичного досвіду їх застосування рекомендується при виборі програмного забезпечення для розв'язання конкретних завдань враховувати їхні функціональні можливості, зручність інтерфейсу і швидкість виконання тих або інших операцій.

Постановка завдання. Для прискорення маркшейдерсько-геодезичного забезпечення робіт, а також для підвищення інформативності отриманих при цьому даних, пропонується використовувати технологію тривимірного наземного сканування при розв'язуванні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства. Створення високоточної технології тривимірного наземного лазерного сканування на автомобільній дорозі «Техбаза - кладовище «Західне», яка знаходиться на віддаленні 1300 м від залізничного переїзду у напрямку кладовища, знаходиться на території гірничого відводу шахтоуправління по підземному видобуванню руди (на правах шахт) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і проходить над виробленим простором шахти «Родіна» ПАТ «Криворіжзалізорудком». Розміри виробленого простору: довжина в площині прошарку – 360 м; глибина від 900 до 1140 м; потужність по нормалі – 75 м, по

вертикалі – 100 м. Розробка інтерактивної системи у вигляді окремого програмного середовища, що дозволяє оперувати великими об'ємами польових вимірювань.

Викладення матеріалу та результати. Програмні продукти, застосовувані в технології лазерного сканування, залежно від їхнього функціонального призначення можна розділити на наступні групи: керуюче програмне забезпечення, програмне забезпечення для створення єдиної точкової моделі, програмне забезпечення для побудови тривимірних моделей і двовимірних креслень за даними сканування і комплексне програмне забезпечення (табл. 1).

Вибір області і роздільної здатності сканування. Дані функції необхідні, по-перше, для того, щоб скоротити час роботи на сканерній станції, по-друге, це дозволяє зменшити об'єм отримуючої інформації. У більшості випадків спочатку зйомку території навколо сканера виконують по параметрах, рекомендованим заводом-виготовлювачем. Ця маркшейдерсько-геодезична зйомка зветься «оглядове» або «панорамне» сканування. Потім більш детально (з більш високою роздільною здатністю) знімають область, яка цікавить і яка являє собою частину всього поля зору лазерного сканера. Залежно від моделі сканера, вибір області сканування здійснюється одним зі способів: шляхом уведення чисельних параметрів, що представляють собою початкові і кінцеві значення кутів сканування по горизонталі і вертикалі; по цифровій світлинці або відеозображенні, отриманих за допомогою вбудованої в наземний лазерний сканер камери; по «оглядовому» або «панорамному» скану, отриманому на даній точці стояння сканера. У кожному програмному продукті реалізовано кілька способів завдання області сканування.

При використанні першого способу ділянка сканування фактично задається координатами його кутів у полярній системі координат скана. У цьому випадку область сканування являє собою прямокутник. При використанні двох інших способів зону сканування можна задати у вигляді полігона довільної форми.

Таблиця 1

Класифікація програмних продуктів, які застосовуються при наземному лазерному 3D-скануванні, по функціональному призначенню

Програмне забезпечення	Призначення програмного забезпечення
Керуюче програмне забезпечення	Керування сканером для завдання роздільної здатності сканування, сектору сканування шляхом візуального вибору об'єктів, режиму сканування, режиму роботи цифрової камери; візуалізація сканів у режимі реального часу; контроль отриманих результатів; налаштування і калібрування сканера; тестування сканера, виявлення можливих несправностей; облік помилок, пов'язаних із впливом зовнішніх умов навколишнього середовища; об'єднання сканів; зовнішнє орієнтування сканів; експорт результатів сканування.
Програмне забезпечення для створення єдиної точкової моделі	Об'єднання сканів; зовнішнє орієнтування сканів; редагування точкової моделі; сегментування і розрідження; візуалізація точкової моделі; експорт і друк.
Програмне забезпечення для побудови тривимірних моделей і двовимірних креслень за даними сканування	Створення по масиву точок нерегулярної триангуляційної маркшейдерсько-геодезичної мережі (TIN) і NURBS-поверхні; редагування TIN; створення моделі об'єкта за допомогою геометричних примітивів; профілювання; побудова креслень; проведення вимірювань (довжин, діаметрів, площ, об'ємів об'єктів); візуалізація побудованої моделі; автоматизовані механізми створення креслень; побудова ізоліній; можливість порівняння побудованої моделі із проектною; тестування тривимірної моделі; експорт і друкування результатів опрацювання даних наземного лазерного сканування.
Комплексне програмне забезпечення	Всі функції керуючого програмного забезпечення; створення точкової моделі; побудова тривимірних моделей і двовимірних креслень по даним наземного лазерного сканування.

Деякі програмні продукти дозволяють одночасно вказати кілька областей сканування і для кожної з них вибрати індивідуальну роздільну здатність зйомки. При цьому після запуску сканера буде послідовно виконуватися сканування кожної ділянки без втручання оператора. Для кожної області можна задати або кількість повторних сканувань при реалізації в наземному лазерному скануванні безперервного способу обертання головки і скануючої призми, або число вимірювань на кожну точку у випадку крокового способу повороту скануючих елементів. Дана функція дозволяє зменшити величину випадкових помилок у результатах сканування. Як показали практичні дослідження, збільшення кількості даних параметрів (понад дев'яти) не приводить до підвищення точності, однак при цьому зростає час сканування. Роздільна здатність ска-

нування залежно від видалення об'єкта зйомки щодо сканера можна задавати як у кутовий, так і в лінійній мірі.

Візуалізація сканів. У різних керуючих програмних продуктах візуалізація сканів здійснюється в 2D або 3D режимі. Дана функція дозволяє в *On-Line* режимі контролювати процес зйомки (якість і детальність) і визначати «мертві» зони при скануванні.

Облік метеорологічних параметрів і введення параметрів калібрування наземного лазерного сканування є дуже важливими функціями при виконанні високоточних робіт за допомогою лазерних сканерів, тому що дозволяють виключити помилки сканування, викликані впливом атмосфери і інструментальні похибки приладу.

Зовнішнє орієнтування сканів. У перших версіях багатьох керуючих програмних продуктів не були реалізовані алгоритми зовнішнього або взаємного орієнтування сканів, що викликало певні труднощі при подальшому використанні результатів сканування. У цьому випадку для приведення сканів у задану систему координат необхідно було виконати експорт отриманих сканерних даних в інші програмні продукти, що вимагало значних тимчасових витрат. У наш час зовнішнє орієнтування сканів виконується в керуючому програмному забезпеченні. Крім того, деякі виробники пропонують додаткові модулі до керуючого програмного забезпечення для зрівнювання сканів. У наш час найбільш потужним програмним продуктом для обробки даних наземного лазерного 3D-сканування з метою побудови тривимірних моделей є програмне забезпечення «*Cyclone SCAN*». Основна частина робіт у технології побудови тривимірних моделей об'єктів ситуації і рельєфу по даним наземного лазерного сканування припадає на камеральне опрацювання результатів маркшейдерсько-геодезичної зйомки, що виконана за допомогою наземного лазерного 3D-сканування.

Програмне забезпечення «*Cyclone SCAN*» призначене для побудови тривимірних моделей у вигляді геометричних примітивів, *Mesh*-поверхні, а також структурних ліній об'єктів. Крім того, у цьому програмному продукті реалізовані функції, що дозволяють створювати векторну модель у вигляді плоских креслень. Для побудови тривимірних векторних моделей у програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*» використовуються наступні режими: автоматичний; напівавтоматичний; інтерактивний. Сутність даних режимів для побудови тривимірних векторних моделей полягає в наступному.

Автоматичний режим побудови тривимірної моделі об'єкта. При використанні даного режиму виконується аналіз точкової моделі навколо обраної точки, на основі чого здійснюється вбудовування геометричного примітива в масив точок. Реалізація даної функції в програмному продукті «*Cyclone SCAN*» полягає в наступному.

На першому етапі за допомогою функції *Create Object*→*Region Grow* виділяється масив точок і вказується тип примітива, що вбудовується. Потім виводиться вікно з розрахованими параметрами примітива, а на точковій моделі в білий колір розфарбовуються точки, прийняті в опрацювання. У вікні приводяться кількість точок, прийнятих в опрацювання при побудові примітива, його геометричні параметри, середня квадратична помилка вписування і час виконання розрахунків.

Програмне забезпечення «*Cyclone SCAN*» дозволяє операторові при вбудовуванні геометричного примітива втручатися в роботу алгоритму. Шляхом пересування джойстиків можна змінити розмір вибірки, що брали участь в опрацюванні, що створює зручність при роботі із програмою професіоналам, а наявність налаштувань «*за замовчуванням*» робить її зручною для новачків. У випадку задовільної якості вписування примітива створюється тривимірна модель об'єкта шляхом натискання кнопки *OK*.

З досвіду побудови тривимірних моделей об'єктів у програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*» автоматичний режим слід використовувати для моделювання об'єктів, відсканованих з високою щільністю, і при опрацюванні даних з низьким рівнем «шуму».

Автоматичний режим створення тривимірних моделей об'єктів є найбільш точним, тому що розмір і положення моделюемого об'єкта обчислюються математично. Така процедура дозволяє добитися найбільш точного положення геометричного примітива в точковій моделі, однак іноді вона вимагає досить багато часу.

Напівавтоматичний режим побудови тривимірної моделі. Ця функція заснована на оцінці всієї точкової моделі, наявної у вікні перегляду даних наземного лазерного сканування (*Model Space*) і обчисленні параметрів геометричного тіла або примітива, що вписується в цю модель.

Для тривимірного моделювання об'єкта із застосуванням цієї функції виконується наступний порядок дій. Спочатку за допомогою інструмента *Polygonal Fence Mode* виділяється масив точок маркшейдерсько-геодезичної мережі, що належать об'єкту, і проводиться процес копіювання даних у нове вікно *Model Space* з використанням функції *Copy Fenced to New Model Space*. Потім віддаляються точки, що не ставляться до обраного об'єкта моделювання.

Після цього за допомогою функції *Create→Fit to Cloud* вказується вид геометричного тіла або примітива, який необхідно вписати в масив точок. У результаті виконаних операцій буде побудована тривимірна модель об'єкта в напівавтоматичному режимі, приклад якої надано на рис. 1.

При використанні напівавтоматичного режиму побудови тривимірної моделі об'єктів оцінка якості моделювання проводиться візуально. Також можливий інший варіант технології побудови тривимірних моделей об'єктів у напівавтоматичному режимі. На точковій моделі за допомогою функції *Polygonal Fence Mode* вказуються точки маркшейдерсько-геодезичної мережі, у які необхідно вмонтувати геометричне тіло або примітив, задається функція *Create Object→Fit to Fenced*, у результаті буде створена тривимірна модель об'єкта.

Застосування того або іншого варіанта побудови тривимірної моделі в напівавтоматичному режимі в програмному продукті «*Cyclone SCAN*» насамперед обумовлене ступенем завантаженості об'єктами ділянки моделювання.

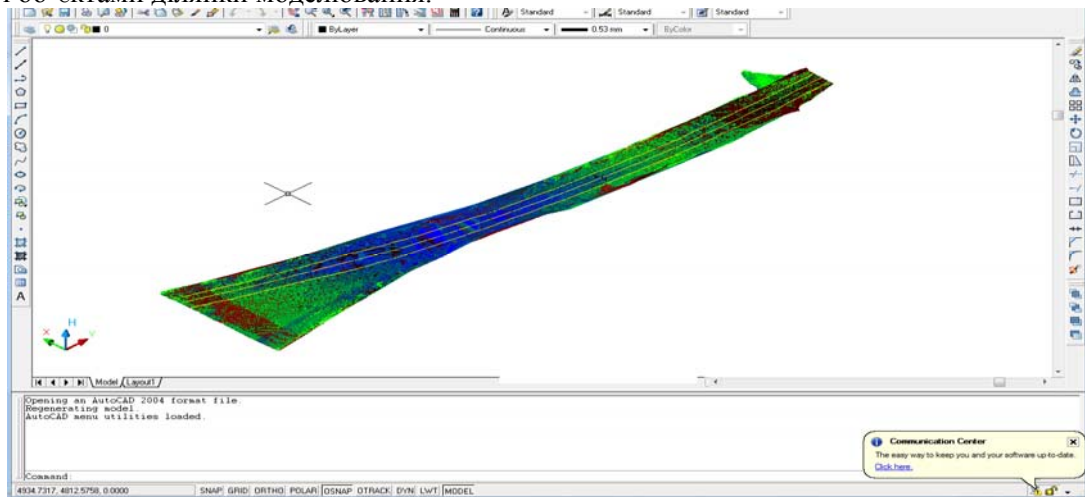


Рис. 1. Тривимірна модель проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза – кладовище «Західне»

При моделюванні складних технологічних об'єктів найбільше ефективно використовувати другий варіант напівавтоматичного режиму побудови моделей.

Інтерактивний режим побудови тривимірної моделі. Цей режим використовується у випадку моделювання дрібних деталей об'єктів або при наявності сканерних даних низької якості. Спочатку з використанням абриса або цифрових знімків створюється геометричне тіло або примітив, найбільш відповідний елементу об'єкта, із застосуванням функції *Create Object→Insert*. Потім виконується редагування положення і орієнтації створеного тіла (примітива), яке можна або виконувати вручну за допомогою інструмента *Edit Object→Handles→Show Rotation Handles*, або за допомогою функції *Edit Object→Move/ Rotate* задаються напрямком, величина переміщення тіла, а також вказуються вісь, щодо якої буде виконуватися його обертання, і величина кута повороту. Після цього проводиться редагування параметрів (розмірів) геометричного тіла або примітива. Функція мінливості параметрів примітивів також використовується при автоматичному і напівавтоматичному режимах моделювання об'єктів у програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*».

Інтерактивний режим моделювання об'єктів менш точний у порівнянні з автоматичним і напівавтоматичним, однак при наявності в користувача достатнього досвіду роботи з програмним забезпеченням використання його дозволяє отримати необхідну точність формування тривимірної моделі і заощаджувати час. Оскільки відображення кожної окремої точки на екрані монітора вимагає певного об'єму оперативної і графічної пам'яті, при роботі в програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*» оператор вказує обмеження по кількості відображуваних маркшейдерсько-геодезичних точок, що одночасно завантажуються. Тривимірну модель об'єктів

ситуації можна створювати за допомогою тривимірних поліліній і креслень профілів. Для цих цілей у програмному забезпеченні «Cyclone SCAN» реалізовано два режими рисовки поліліній: автоматичний і інтерактивний.

Після виклику функції *Create Objects*→*Fit Edge* з'являється діалогове вікно автоматичного вбудовування поліліній, у якому вказується поперечний переріз об'єкта, по якому необхідно створити структурні лінії. Після цього оператор показує місця, у які необхідно вмонтувати полілінії, і натискає кнопку *Fit*.

Координати точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі для побудови *TIN*- моделі нерегулярної поверхні полотна проїжджої частини обстеженої ділянки автомобільної дороги визначені в березні 2014 р. за результатами наземного *3D*- сканування відносно *St1* ($X=0, Y=0, H=0$) з точністю не гірше ± 11 мм в плані і ± 10 мм по висоті.

Зрівнювання і оцінка точності координат в програмному забезпеченні «Cyclone SCAN» наведені на рис. 2.

Координати точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі етапу робіт: *St3, St4, St9, St10*, в системі координат 1963 р. визначені 5 березня 2014 року комплектом двох-частотних приймачів *GNSS Leica GX1230GG* і *ATX1230GG* в режимі статички від початкової точки знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі *St1*. Точність вимірювань відносно початкової точки знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі *St1* дорівнює ± 10 мм.

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
TargetID: mpp13v	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m22	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: mst3h	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000) m
TargetID: m26	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp13v	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp15v	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp15n	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp15n	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.001, -0.001) m
TargetID: m29	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.001) m
TargetID: m20	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: m16	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 3 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.001) m
TargetID: m9	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.001) m
TargetID: m20	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
TargetID: mst3h	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.001) m
TargetID: m2	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.002) m
TargetID: m32	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m27	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m24	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.002) m
TargetID: m18	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, -0.001, 0.000) m
TargetID: mpp15v	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, -0.002, -0.001) m
TargetID: mst3v	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m
TargetID: m15	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.002) m
TargetID: m8	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m11	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 5 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: st9	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.002) m
TargetID: m19	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.002, 0.001) m
TargetID: m3	ScanWorld 1 (Leveled)	ScanWorld 2 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.002, 0.000, 0.001) m
TargetID: mst3h	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: mst6n	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.003, 0.000) m
TargetID: m3	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.000, 0.003) m

Рис. 2. Зрівнювання і оцінка точності координат точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі в програмному забезпеченні «Cyclone SCAN»

На останньому етапі програма пропонує операторові вибрати ступінь згладжування поліліній, що вбудовуються, після чого дія функції завершується. Представлені способи побудови тривимірних моделей об'єктів є основними для тривимірного моделювання технологічних об'єктів.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, концепція повної автоматизації при опрацюванні просторових даних про об'єкти гірничого відводу засобами лазерного сканування дозволяє розв'язати дві основні проблеми будь-якого гірничовидобувного виробництва: підвищити продуктивність робіт, якість і надійність одержуваного кінцевого результату.

Фактично, точність визначення координат точок об'єкта маркшейдерсько-геодезичної зйомки з використанням наземних лазерних сканерів залежить в основному від характеристик приладу, тобто виключається ряд помилок при наведенні на марку, установці вішки, нумерації пікетів і т.ін.

Підвищення надійності результатів сканування обумовлене, насамперед, зниженням впливу людського фактора при роботі із приладом.

При камеральному опрацюванні матеріалів польових сканерних маркшейдерсько-геодезичних зйомок як і раніше більшу роль відіграє досвід оператора в інтерпретації великого об'єму даних лазерного сканування і проблема автоматизації опрацювання цих даних стає головною.

Однак у цьому напрямку ведуться активні розробки алгоритмів і програмних продуктів, що дозволяють спростити і автоматизувати камерально-графічні маркшейдерсько-геодезичні роботи.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.:Недра, 1987. - 240 с.
2. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Ленинград.: ВНИМИ, 1975. - 68 с.
3. **Здешиц В.М., Сидоренко В.Д.** Сучасна техніка виявлення підземних порожнеч / Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 29, 2011. - С. 59-64.
4. GS100 3D laser scanner [Електронний ресурс]: сайт Mensi.- Режим доступу: <http://mensi.com/Website2002/Specs/Spec G100.pdf>.
5. GS200 3D laser scanner [Електронний ресурс]: сайт Mensi.- Режим доступу: <http://mensi.com/Website2002/Specs/Spec G200.pdf>.

Рукопис подано до редакції 25.02.14

УДК 528.8.042: 622.2

В.М. ЗДЕЩИЦ, д-р техн. наук, проф., М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц.,
М. П. СЕРГЄЄВА, ст.викладач, Криворізький національний університет

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГРСЬКОМУ МАСИВІ

При видобуванні корисної копалини з сліпих покладів на глибоких горизонтах актуальною є проблема погашення виробленого простору. Утворення підземних пустот значних розмірів при відсутності планомірної їх ліквідації після закінчення очисного виймання створює небезпечні умови праці внаслідок самообвалень, при яких виникають повітряні удари, що роблять в окремих випадках руйнівний вплив на гірничі виробки і механізми, які розташовані на значній відстані від місця обвалення. Знання закономірностей мінливості напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисного простору, об'ємів, часу і характеру обвалення порід дозволить запобігти виникненню повітряних ударів. Аналіз відпрацювання сліпих покладів на глибоких горизонтах показав, що самообвалення в очисному просторі залежить не тільки від параметрів оголення і їхнього стану, але і від інтенсивності загального характеру зрушення вмішуючих порід, що свідчить про збільшення об'єму раніше утвореної воронки на поверхні від 500 до 3000 м, а в зоні зрушення концентричних тріщин. Розглянуто заходи створення умов для стійкого стану поверхонь, оголених гірничими роботами при інтенсивному видобуванні корисних копалин, без яких неможливі безпека праці робітників, можливість найбільш раціонального використання вже порушеної частини підземного гірського масиву. Аналіз критеріїв руйнування найбільш придатних для гірських порід показав, що основною механічною характеристикою, є межа міцності на одноосовий стиск, яка отримана у лабораторних умовах. Показано, що прогнозування проявів гірського тиску ускладнюється на етапі видобування корисної копалини з сліпих покладів на глибоких горизонтах в структурно-геологічних порушеннях гірського масиву. Доведено, що аналітичні і числові методи оцінки стану гірського масиву в основному спрямовані на виявлення детермінованих геомеханічних закономірностей і не враховують складного стохастичного характеру процесів в неоднорідному структурно - порушеному середовищі. Розроблено теоретичні положення дослідження математичного моделювання вимірювальних, реєструючих, обчислювальних і камерально-графічних маркшейдерсько-геодезичних напівавтоматичних систем для оцінки стану геомеханічних процесів при формуванні виробленого простору.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Впродовж багатьох років видобування корисних копалин з Криворізького родовища залізистих кварцитів сотні квадратних кілометрів земної поверхні знаходяться під зонами зрушення, шламо- та хвостосховищами, ставками - накопичувачами шахтних вод, відвалами, що призвело до активізації різного роду екзогенних процесів та явищ. Внаслідок порушення гідрогеологічного режиму гірського масиву в межах басейну утворились численні депресійні воронки, в яких вільно переміщується вода, що потрапляє до глибинних зон порушення надр і підвищує їх небезпечність внаслідок підвищення рухомості порушеного масиву. Зазначені техногенні процеси у поточний час складають геотехнічну ситуацію, яка за гостротою прояву негативних наслідків видобування і перероблення корисних копалин близька до критичної [3].

Аналіз досліджень та публікацій. На основі виконаного аналізу сучасних напівавтоматичних систем для просторового визначення місцезнаходження і спостереження за виробленим

простором при підземному способі видобування корисних копалин з родовища, покладу, рудного тіла або його ділянки та маркшейдерського забезпечення зйомки доступних і недоступних гірничих пустот [2,3], розроблено теоретичні положення математичного моделювання волоконно-оптичних систем. За основу розроблення таких напівавтоматичних систем взято вивчення процесу формування виробленого простору з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід під впливом підповерхового способу проведення гірничих робіт для умов Кривбасу. Вибрано оптимальні варіанти, які закладено в проектні рішення створення напівавтоматичної системи для вимірювання доступних і недоступних гірничих пустот з використанням волоконно-оптичних технологій.

Постановка завдання. Розроблення методів та засобів для дослідження геомеханічних процесів у гірничодобувних регіонах в зоні впливу гірничих робіт на процес формування і заповнення виробленого простору, стійкості налягаючих порід, визначення характеру мінливості планово-висотних деформацій і переміщення гірських порід на основі розроблення принципово нових математичних моделей вимірювальних, реєструючих, обчислювальних і камерально-графічних маркшейдерсько-геодезичних напівавтоматичних систем, для маркшейдерського забезпечення гірничого виробництва при видобуванні корисних копалин з сліпих покладів на глибоких горизонтах у відповідності з проектними рішеннями перспективного і поточного планування гірничих робіт та гірничо-геологічними умовами.

Викладення матеріалу та результати. При розробці сліпих покладів на глибоких горизонтах досить актуальною є проблема погашення виробленого простору. Зазначене питання набуває особливого значення в умовах Кривбасу, де накопичено велику кількість підземних пустот з загальним обсягом більше 10 млн. м³. Утворення підземних пустот значних розмірів при відсутності планомірної їх ліквідації після закінчення очисного виймання створює небезпечні умови праці внаслідок можливих самообвалень, при яких виникають повітряні удари, що роблять в окремих випадках руйнівний вплив на гірничі виробки і механізми які розташовані на значній відстані від місця обвалення. Для запобігання виникнення повітряних ударів набуває значення закономірностей мінливості напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисного простору, об'ємів, часу і характеру обвалення порід. Аналіз відпрацювання покладів у Кривбасі показав, що самообвалення в очисному просторі залежить не тільки від параметрів оголення і їхнього стану, але і від інтенсивності загального характеру зрушення вмшуючих порід, що свідчить про збільшення об'єму раніше утвореної воронки на поверхні від 500 до 3000 м, а в зоні зрушення концентричні тріщини. Інтенсивне видобування корисних копалин, безпека праці робітників, можливість найбільш раціонального використання вже порушеної частини підземного масиву неможливі без створення умов для стійкого стану поверхонь, оголених гірничими роботами. На сучасному етапі видобування корисних копалин здійснюється на великих глибинах в структурно-геологічних порушеннях гірського масиву. За такими обставинами прогнозування проявів гірського тиску ускладнюється. Розвинуті на цей час аналітичні і числові методи оцінки стану гірського масиву в основному спрямовані на виявлення детермінованих геомеханічних закономірностей і не враховують складного стохастичного характеру процесів у неоднорідному структурно-порушеному середовищі.

Природною властивістю гірських порід є їх неоднорідність. Відповідно до принципів статистичної механіки, рівноважні стани фізико - хімічних процесів, у результаті яких формується мікроструктура масиву, неоднаково реалізуються в кожній точці породного середовища, що породжує статистичну сукупність його властивостей і ознак. Проведення гірничих виробок, появлення неоднорідностей, порожнин у гірському масиві, викликає миттєвий перерозподіл напружень і формувань нового стану порід у природному полі. Створюються умови для розвитку нових неоднорідностей різних порядків: від розриву міжатомних зв'язків, розкриття контактів по поверхнях зерен, до інтенсивного розвитку хаотичної тріщинуватості у приконтурних зонах. На виявлення закономірної складової мінливості гірського масиву спрямовані аналітичні методи визначення напружено-деформованого стану порід, що базуються на положеннях механіки суцільного чи дискретного середовища. Випадкова мінливість властивостей порід, що обумовлена дією неоднорідностей різних порядків залишається за межами розгляду. Тим самим поза дослідженнями опиняється випадкова складова загальної закономірності взаємодії механічної системи «масив - підземні утворення». Ймовірна природа перебігу процесів навколо підземних гірничих виробок досліджувалась у роботах [2,3].

Природним продовженням аналітичних і числових методів повинен стати комплексний підхід, що об'єднує їх як взаємодоповнюючий елемент і разом з тим враховує стохастичну природу об'єкта. Аналіз критеріїв руйнування найбільш придатних для гірських порід показав, що основною механічною характеристикою, є межа міцності на одноосовий стиск, яка отримана у лабораторних умовах. Однак визначена в такий спосіб характеристика не є досить правдивою для даного типу порід. Це обумовлено великою кількістю випадкових чинників, що вплинули на формування структури масиву, але не виявляються при дослідженні зразків. Відмінність міцності реального гірського масиву R_m від середньої міцності лабораторних зразків m_R оцінюється коефіцієнтом структурного послаблення, що дорівнює відношенню

$$k_C = R_m / m_R \quad (1)$$

Враховуючи різний порядок неоднорідностей з яких складається гірський масив, відзначимо, що властивості такого середовища не можна охарактеризувати одним числовим значенням параметра, так-як реакція середовища на зовнішній вплив буде різною у різних її точках. Властивості неоднорідного масиву описуються функціональною залежністю механічних характеристик від просторових координат. Сукупність значень міцності в деякій області гірського масиву, що отримана по ядрах розвідувальних свердловин варто розглядати як реалізацію просторової функції. У фіксованих перерізах випадкова функція перетворюється на звичайну випадкову величину з тим чи іншим законом розподілу. Міцність масиву оцінюється такою величиною R_m , щоб міцність його структурних елементів, в тому числі лабораторні зразки, із заданою надійністю були не менше цього значення. Ймовірність такої події визначається виразом

$$p(R_m < R < \infty) = 1 - F(R), \quad (2)$$

конкретний вигляд якого залежить від вибору функції $F(R)$ ймовірнісного розподілу міцності структурних елементів. З приводу цього розподілу можуть висуватися різні гіпотези, аналіз яких показує, що вид функції розподілу істотно позначається на величині коефіцієнта структурного послаблення. Використання логарифмічно нормального розподілу для опису міцності реального гірського масиву може бути фізично обґрунтована з позиції моделі Кептейна - ефекту пропорційного накопичення ушкоджень у процесі навантаження випробуваних зразків.

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right], \quad x > 0, \quad (3)$$

Для логарифмічно нормованої функції розподілу з рівняння (2) отримаємо граничне значення міцності

$$R_m = \exp(\mu + \sigma \arg \Phi(1 - p)), \quad (4)$$

де $\arg \Phi(1 - p)$ аргумент функції $\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t \exp\left[-\frac{z^2}{2}\right] dz$, $t = \frac{R - \mu}{\sigma}$ при її значенні, рівному $(1 - p)$; μ, σ - параметри логарифмічно нормального розподілу.

Коефіцієнт структурного послаблення в цьому разі може бути виражений через відносну варіацію міцності η , що характеризує ступінь неоднорідності середовища як це зроблено в роботі [4] в припущенні нормального закону розподілу

$$k_C = \frac{\exp\left(\arg \Phi(1 - p) \sqrt{\ln(\eta^2 + 1)}\right)}{\sqrt{\eta^2 + 1}}, \quad (5)$$

Мінливість міцності спричиняє і мінливість таких важливих, з погляду стійкості параметрів, як розміри зон непружних деформацій. Отже, коефіцієнт міцності (коефіцієнт структурного послаблення) відіграє визначальну роль при визначенні стійкості стану гірського масиву, розмірів зон непружних деформацій тощо. Лабораторні дослідження зразків породи не є переконливими і потребують теоретичного обґрунтування. Крім цього, зразок, який вилучений з тіла гірського масиву, розвантажується і його параметри не є тотожними параметрам гірської породи. Отже, потрібні нові методи, які дозволять визначати параметри гірської породи не відбираючи зразки породи з цілику. Знання фізико - механічних характеристик гірських порід необхідне не тільки для оцінки стійкості масивів порід, що оголяються гірничими виробками, але й для

обґрунтування параметрів вибухових робіт. При визначенні фізико-механічних характеристик гірських порід використовуємо статичний і динамічний методи досліджень. Найбільшого поширення набули статичні методи дослідження гірських порід. Проте вони є досить трудомісткими, вимагають потужного устаткування, ретельної підготовки зразків до досліджень. Отриманні при цьому характеристики багато в чому залежать від розмірів і форми зразків, умов проведення досліджень і інших чинників. Подолати ці недоліки багато в чому дозволяють динамічні способи дослідження, зокрема, звукові, до яких відносяться як ультразвукові, так і власне звукові методи.

Завдяки успішному розвитку електроніки, акустики, волоконно - оптичної технології і інших галузей сучасної науки, ці методи дослідження фізико - механічних властивостей гірських порід і інших матеріалів все впевненіше починають конкурувати із статичними методами, а у ряді випадків просто є єдиними. Звукові методи дослідження мають перед статичними наступні основні переваги [2]: відсутність руйнівних і ушкоджувальних дій на випробовуваний зразок (інтенсивність коливання складає десятки і соті долі Вт/см²); можливість необмеженого повторення досліджень, що додає достовірність отримуваним показникам; швидкість досліджень і оперативне отримання результатів. Основою звукових методів є дослідження розповсюдження пружних хвиль у твердих тілах, зокрема, гірських породах. У даний час для цих цілей використовують звукові коливання дуже широкого частотного і енергетичного діапазону. Для дослідження матеріалів і контролю технологічних процесів найбільшого поширення набули коливання ультразвукового діапазону, тобто коливання, частота яких лежить за верхньою межею чутності людського вуха і перевершує 20 кГц. Широке застосування і великі перспективи ультразвуку має завдяки своїм особливим властивостям, що дозволяє проводити дослідження майже виключаючи перешкоди з боку обмежуючих поверхонь тіла і в порівняно менших об'ємах речовини, чим це вирішують коливання чутного діапазону. Мала довжина ультразвукових хвиль допускає дуже хороше його фокусування, що забезпечує отримання направлено випромінювання, що дозволяє не тільки визначати властивості гірських порід, але і пояснювати фізичну природу тих або інших явищ, які відбуваються в них. Звукові методи не протистоять іншим фізичним методам дослідження гірських порід, а доповнюють їх. Можливість швидко і з високим ступенем точності вимірювати швидкість розповсюдження і загасання ультразвуку в породах дозволяє проводити мікроструктурні дослідження, спостерігати кінетику процесів, що відбуваються в гірських породах при мінливості зовнішніх умов і реєструвати їх. Характерною особливістю звукових методів є те, що результати досліджень виходять не у вигляді безпосередніх значень властивостей порід, таких, як модулі пружності E, G , коефіцієнт Пуассона σ , а у вигляді непрямих показників: швидкість або час розповсюдження пружних хвиль, власна частота коливань досліджуваного зразка і інші.

Розвиток електронної техніки і вдосконалення фізичних методів відкривають великі можливості до створення комплексу простих, надійних в експлуатації і недорогих приладів для швидкого дослідження зразків гірських порід без руйнування, що дозволить більш глибоко і всесторонньо вивчити структуру, пружність, міцність і інші властивості гірських порід. Всі звукові методи дослідження засновані на фізичному явищі розповсюдження пружних хвиль в гірських породах під дією звукових або ультразвукових коливань. Виникнення і розповсюдження коливань в гірських породах відбувається так само, як і у всякому твердому тілі. Якщо в твердому тілі від зовнішнього джерела звуку збуджуються коливання, то вони не залишаються обмеженими біля центру виникнення, а створюють в навколишньому середовищі пружну напругу, яка, у свою чергу, приводить в рух сусідні частинки середовища. Таким чином відбувається розповсюдження пружних коливань в просторі, що є хвильовим рухом. Якого для ізотропного пружного середовища описується диференціальними рівняннями

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u, \quad (6)$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v, \quad (7)$$

$$\rho \frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} + \mu \nabla^2 \omega, \quad (8)$$

де u, v, ω - переміщення у напрямі осей X, Y, Z ; λ, μ - константи Лама; ρ - густина середовища; Δ - об'ємне розширення; ∇ - оператор Лапласа.

У цих рівняннях константи λ та μ визначають пружні властивості ізотропного середовища. Основними акустичними характеристиками речовини є: швидкість розповсюдження пружних коливань, яка визначається в основному густиною і пружними властивостями середовища; питомий хвильовий опір, що дорівнює добутку густини середовища на швидкість звуку; коефіцієнт загасання пружних коливань. Швидкість розповсюдження звукових хвиль c пов'язана з довжиною хвилі λ і частотою коливань f , що характеризують хвильову рухомість залежністю

$$c = \lambda / f \quad (9)$$

Фазова (хвильова) швидкість є швидкістю, з якою розповсюджується деяка фаза періодичного нескінченно триваючого монохроматичного коливання. Групова швидкість деякої групи хвиль розповсюджується обмежений час. У середовищах, де частотна дисперсія, тобто мінливість швидкості залежно від частоти коливань, відсутня (що характерно для більшості гірських порід), фазова і групова швидкості мають одне і те ж значення. По характеру траєкторії розповсюдження розрізняють плоскі, сферичні і циліндричні звукові хвилі. Плоска хвиля має місце, коли радіус випромінювача більше довжини хвилі коливань випромінювання; у разі зворотнього співвідношення розповсюджується сферична хвиля. При лабораторних дослідженнях гірських порід в основному застосовуються плоскі пружні хвилі. Гірські породи володіють як пружністю об'єму, так і пружністю форми, тобто прагнуть зберегти свій об'єм і форму при дії на них звукових або ультразвукових коливань. Завдяки цьому гірські породи здатні передавати, окрім поздовжніх пружних хвиль, також зсувні і інші типи хвиль. Тип хвилі, що розповсюджується у гірській породі, визначається характером порушуваних коливань, формою зразка, що досліджується і його розмірами в порівнянні з довжиною хвилі. Співвідношення між швидкостями розповсюдження поздовжніх c_L , поперечних c_T і поверхневих c_R пружних хвиль наступне

$$c_L > c_T > c_R.$$

Зв'язок швидкості і пружних характеристик гірської породи для різних типів хвиль визначається виразами

$$c_L = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}}, \quad (10)$$

$$c_T = \sqrt{G/\rho}, \quad (11)$$

$$c_R = \frac{0,87 + 1,12\sigma}{1 + \sigma} \sqrt{\frac{G}{\rho}}. \quad (12)$$

Швидкості розповсюдження різних типів хвиль, що збуджуються звуковими або ультразвуковими коливаннями, залежать від пружних властивостей середовища. Тому в однорідному ізотропному середовищі її пружні властивості можуть бути визначені просто, якщо відомо будь-які дві швидкості розповсюдження пружних хвиль (c_T і c_L ; c_L і c_R і т. ін.). Гірські породи в загальному випадку є структурними середовищами, компоненти яких володіють різними пружними властивостями. Міцні гірські породи (граніт і кварц) при нарузі, що не перевищує межі пружності, поведуться як однорідні пружні середовища, повністю поновлюючи свої розміри і форму після зникнення деформуючих сил.

Пружні характеристики гірських порід залежать від мінералогічного складу, структури, пористості, вологості і інших чинників, то швидкість розповсюдження пружних хвиль в породах з мінливістю кожного з цих чинників також міняється. На цьому факті і побудований метод визначення міцності шляхом сейсмічного зондування гірської породи. У сильно пористих породах і ґрунтах швидкість розповсюдження пружних хвиль загалом визначається пружними властивостями всіх фаз, що складають ці породи: твердих компонентів і речовини, що запов-

ное пори. Звукові хвилі, що розповсюджуються через гірську породу, несуть з собою певну енергію. У міру розповсюдження через середовище інтенсивність пучка (кількість енергії, що переноситься хвилею за 1 с, через майданчик в 1 м^2 , перпендикулярний до напрямку розповсюдження) зменшується в результаті поглинання по експоненті.

По ступеню ослаблення інтенсивності пучка також можна судити про мінливість міцності породи. Поперечний перетин рудного тіла обмежений, тому, вимірявши часовий інтервал між приходом прямої хвилі і відбитою на межі розділу середовищ з різною міцністю, можна також визначити швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі. Таким чином, по сейсмограмі можна трьома незалежними способами визначити швидкість розповсюдження сейсмічної хвилі, а разом з цим і контролювати міцність гірської породи.

Проведені експерименти дозволили з'ясувати принципову можливість використання сейсмічної апаратури на базі цифрового осцилографа, що запам'ятовує, для визначення міцності цілика рудного родовища.

Надалі, на підставі отриманих даних, може бути розроблена методика оцінки оптимальної кількості і місцеположення вибухових свердловин залежно від міцності гірської породи.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Методика сейсмічного зондування гірського масиву дозволяє визначити швидкість поперечних і поздовжніх хвиль, тобто контролювати міцність цілика безпосередньо при його розвантаженні і оцінювати розміри рудного тіла. Мінливість міцності гірської породи на одиницю в межах $f = 4-12$ приводить до мінливості швидкості розповсюдження поздовжньої сейсмічної хвилі на 400 м/с.

Врахування цього факту дає можливість оптимізувати технологію вибухових робіт, а також вимірювати міцність породи, що нависає над виробленим простором та виробками до денної поверхні.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.:Недра, 1987, - 240 с.
2. **Здешиц В. М.** Розробка способу виявлення підземних порожнеч / **В. М. Здешиц, С. В. Рева, В. Д. Сидоренко** // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг – 2010. – Вип. 25.– С. 61–65.
3. **Монахов А. В., Сазонов А. В., Шолох Н. В., Яковенко А. Л.** Развитие процесса сдвижения при отработке слепых рудных залежей в Криворожском бассейне // Вісник Криворізького технічного університету. – 2011. – Кривий Ріг – Вип. 29.– С. 82– 87.

Рукопис подано до редакції 25.02.14

УДК 622.272

Ibrahima Bah, Valery Pozdnyakov (UNIVERSITE GAMAL Abdel Nasser De Conakry, République de Guinée), Stupnik N.I, Kalinichenko V.O., Kalinichenko O.V.
(Université Nationale De Krivoï Rog, Ukraine)

STRATEGIE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE DU DEPARTEMENT DE GENIE INDUSTRIEL ET MAINTENANCE DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE GAMAL ABDEL NASSER DE CONAKRY

La maintenance des installations dans l'industrie minière représente l'une des réserves d'assurer la rentabilité maximale des installations oblige. A l'aide de la maintenance, on cherche à augmenter l'efficacité des installations et, comme résultat, la diminution du prix de revient d'un produit.

Pour juger l'efficacité de la maintenance, il faut trouver au niveau d'une entreprise concrète: des informations d'activité: heures passées, type de la maintenance appliquée (corrective, préventive...) et partie occupée pour chaque type de maintenance. Des informations de coût s: coûts de la maintenance, coûts de la maintenance sous-traitée, coûts de l'outillage. Des informations d'efficacité: disponibilité, temps d'arrêt, temps utilisé justement pour la réparation, nombres de pannes. Vu l'influence d'un grand nombre de facteurs sur la productivité de chaque élément temps de disponibilité = temps de fonctionnement + temps d'arrêt; temps d'indisponibilité = temps d'indisponibilité pour la maintenance + temps d'indisponibilité pour incapacité (due aux causes extérieures ou aux contraintes d'exploitant), son taux de fiabilité possédant généralement un caractère aléatoire, les méthodes de traitement statistiques des données expérimentales seront utilisées.

L'accomplissement d'une telle étude demande des ressources humaines considérables ayant une formation réellement pertinente (peut être une coopération inter département et même interuniversitaire sera utile).

L'évolution humaine mène vers la création des installations industrielles de plus en plus complexes, avec application dans leurs constructions des solutions qui permettent l'utilisation pratiquement complète de leur capacité lors de l'exploitation.

L'exigence d'assurer la rentabilité maximale des installations oblige les exploitants de chercher des réserves cachées à l'aide desquelles ils peuvent résoudre le problème en question. La maintenance des installations dans l'industrie minière représente l'une des réserves. A l'aide de la maintenance, on cherche à augmenter l'efficacité des installations et, comme résultat, la diminution du prix de revient d'un produit.

Pour juger l'efficacité de l'utilisation de la maintenance au niveau des entreprises guinéennes fonctionnelles, il faut choisir des critères (paramètres) qui peuvent être enregistrés et à l'aide desquels on peut évaluer son degré de réussite.

Dans le cadre de la maintenance, il faut trouver au niveau d'une entreprise concrète :

Des informations d'activité: heures passées, type de la maintenance appliquée (corrective, préventive...) et partie occupée pour chaque type de maintenance.

Des informations de coût s: coûts de la maintenance, coûts de la maintenance sous-traitée, coûts de l'outillage ...

Des informations d'efficacité: disponibilité, temps d'arrêt, temps utilisé justement pour la réparation, nombres de pannes ...

La compétitivité des entreprises fonctionnelles et la création de nouvelles constituent des vecteurs sûrs de développement économique.

La production dans les entreprises industrielles est assurée par un complexe de travaux se réalisant successivement et simultanément. En somme, une installation industrielle est une chaîne technologique qui se compose de plusieurs étapes (éléments, machines, dispositifs) s'échelonnant du début de la production aux produits finaux à la sortie. Sa performance dépend de celle de chacun des éléments de la chaîne technologique.

Les insuffisances entraînant la baisse de production au niveau d'un élément en amont se répercutent infailliblement sur la production des éléments suivants malgré la capacité possible de ceux-ci, donc la production de l'entreprise sera celle de l'élément limitant.

Une étude simultanée et profonde des capacités de chaque élément de cette chaîne va permettre de trouver l'élément ou les éléments à faible capacité empêchant parfois l'entreprise d'assurer la production planifiée et en même temps d'entrevoir les possibilités d'augmentation de celle-ci.

C'est dans ce cadre que le Département Génie industriel et Maintenance de l'Institut Polytechnique de l'Université de Conakry a défini son axe de recherche scientifique comme suit : « Analyse et évolution des caractéristiques de fonctionnement des entreprises guinéennes (y compris la maintenance des installations industrielles) en vue de leur amélioration ».

Vu l'influence d'un grand nombre de facteurs sur la productivité de chaque élément temps de disponibilité = temps de fonctionnement + temps d'arrêt; temps d'indisponibilité = temps d'indisponibilité pour la maintenance + temps d'indisponibilité pour incapacité (due aux causes extérieures ou aux contraintes d'exploitant), son taux de fiabilité possédant généralement un caractère aléatoire, les méthodes de traitement statistiques des données expérimentales seront utilisées.

Le « macro niveau » de l'étude sera l'analyse destinée à trouver l'élément (ou les éléments) problématique (à faible productivité), tandis que le « micro niveau » de l'étude sera consacré à l'étude des causes qui freinent la productivité au niveau de tel ou tel élément de l'installation industrielle.

L'accomplissement d'une telle étude demande des ressources humaines considérables ayant une formation réellement pertinente (peut être une coopération inter département et même interuniversitaire sera utile).

C'est pourquoi le département de GIM dans sa stratégie mise sur les étapes suivantes:

L'utilisation de tous les étudiants de la Licence 4 de GIM lors de leur stage de fin d'études

La formation des stagiaires en « Méthodologie de recherche »

La formation du groupe de recherche autour des étapes et des entreprises

La formation de groupes de recherche interdisciplinaire comprenant les étudiants du département GIM et les autres départements de l'Institut Polytechnique, de la Faculté des sciences (Maths supérieurs) et du centre informatique de l'Université selon l'étape de la recherche. En cas de nécessité on peut appeler les étudiants des autres établissements d'enseignement supérieur (par exemple L'ISMGB pour l'étude des entreprises de l'industrie minière).

La formation de Jury permanent pour ces groupes multidisciplinaires comprenant non seulement les enseignants des institutions concernées, mais aussi les représentants des entreprises étudiées

La création au niveau du Département GIM d'un Centre de traitement statistique des données où pourront éventuellement travailler les meilleurs étudiants.

Le partage de responsabilité avec les entreprises par une sensibilisation à tous les niveaux et surtout par le Département de tutelle.

Le macro niveau de l'étude se fera périodiquement par une entreprise concrète pour tenir compte des changements dans le temps des caractéristiques de ces étapes (éléments).

Les avantages d'une telle démarche peuvent se résumer comme suit:

L'utilisation d'une ressource humaine disponible;

La formation de chercheurs;

La création d'un outil de formation continue (Centre de traitement statistique) pour les travailleurs des entreprises où ils pourront constamment être en possession des résultats d'analyses scientifiques de la situation réelle de leurs entreprises;

La coopération interuniversitaire ;

L'élévation du niveau de la formation dans le Département GIM par l'introduction dans les programmes des résultats de l'analyse (de la recherche) ;

L'élaboration d'une politique technique à long terme au niveau d'une entreprise donnée et au niveau du secteur industriel du pays en général auquel appartient cette entreprise ;

L'établissement d'une banque de données complète sur la situation réelle courante des différents secteurs de l'industrie nationale.

Рукопис подано до редакції 25.02.14

УДК 669.162.16

Ф.М. ЖУРАВЛЕВ, канд. техн. наук, доц., В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,

Д.А. КАССИМ, И.А. ЛЯХОВА, кандидаты. техн. наук, доц.,

Е.В. ЧУПРИНОВ, ассистент, КМИ Криворожский национальный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОФЛЮСОВАННОГО ОКУСКОВАННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА

Разработаны и испытаны составы шихт для получения двух видов исходных (металлизированных и низкотемпературных сырых) окатышей, определены крупность и количество каждого вида окатышей в смеси, максимальные температуры термообработки смеси и сравнительные металлургические характеристики традиционных (агломерат и окатыши) и разработанного офлюсованного окускованного железосодержащего материала для доменной плавки с повышенным содержанием железа.

Известно, что для эффективной выплавки чугуна в доменных печах требуется однородный полностью офлюсованный (с отношением CaO/SiO_2 равным 1,25-1,5 доли. ед. для различных условий доменной плавки), окускованный (крупностью 10-60 мм) железосодержащий материал с максимально высоким содержанием железа и минимальным содержанием кремнезема [1]. В настоящее время основными традиционными железосодержащими шихтовыми материалами доменной плавки являются офлюсованный (основность 1,2-1,5 доли. ед.) агломерат и неофлюсованные или офлюсованные (основность 0,1-1,25 доли. ед.) окатыши. Каждый из этих материалов должен обладать определенным комплексом металлургических характеристик для обеспечения эффективной работы доменной печи.

Кроме отмечавшихся в литературе неполном соответствии металлургических характеристик традиционных и разработанных видов окускованных неофлюсованных и офлюсованных железосодержащих материалов для доменной плавки [2-8], общим недостатком для всех видов является относительно низкое содержание в них общего железа, которое напрямую влияет на удельную производительность доменных печей.

Учитывая неполное соответствие технологичности осуществления параметров производства ранее разработанных новых видов окускованного железорудного сырья и требований доменной плавки к комплексу его металлургических характеристик, предложены технологии получения однородного по химическому и гранулометрическому составу окускованного полностью офлюсованного железорудного материала с металлургическими характеристиками, отвечающими всем современным требованиям доменной плавки [9]. Однако, содержание железа в этих видах окускованного материала было выше, чем в агломерате и на том же уровне, что и в окатышах.

Авторами разработаны и запатентованы технологические параметры, позволяющие получить окускованный полностью офлюсованный железосодержащий материал, обладающий большинством положительных характеристик агломератов и окатышей, а также имеющий минимальное количество их отрицательных характеристик. Этот материал содержит повышенное количество железа при минимальном содержании кремнезема, что будет полезно для доменной плавки, особенно в случае изготовления сырых окатышей для этого материала с низкой температурой плавления из высококремнеземистых концентратов, содержащих более 5 % SiO₂. При этом остальные металлургические характеристики не ухудшаются [10].

Исследования проводились на лабораторных установках, имитирующих промышленные параметры получения сырых окатышей и их термоупрочнения. Сущность разрабатываемых процессов основывалась на создании окускованного железорудного материала равномерного по химическому составу и металлургическим характеристикам, что предопределяет его одинаковое поведение по диаметру и высоте доменной печи во всех зонах: твердофазного восстановления, размягчения и плавления. При этом должна быть обеспечена высокая прочность и восстановимость материала, а также узкий интервал температур между началом размягчения и плавления, что важно для эффективной работы нижних горизонтов доменной печи. Кроме того, исключалось существенное усложнение существующего традиционного технологического процесса производства окускованного материала (окатышей).

Шихта для получения окускованного офлюсованного материала состояла из двух частей с высокой и низкой температурами плавления. Первая часть шихты состояла из металлизированных окатышей или металлизированной кусковой руды со степенью металлизации 5-95% и крупностью 10-20 мм, при их массовом количестве в смеси со второй частью шихты (низкотемпературными сырыми окатышами) равном 60-85 %. Температура плавления этой части шихты составляет более 1500 °С. Использование металлизированных железосодержащих материалов позволяет повысить содержание железа в офлюсованном окускованном материале без зависимости от содержания железа в исходном железосодержащем (концентрате, руде) материале, а степень их металлизации определяется экономической целесообразностью процесса производства. Вторая часть шихты для получения сырых офлюсованных окатышей с низкой температурой плавления состояла из тонкоизмельченных железорудного концентрата, флюса, связующей добавки и твердого топлива. Основность (CaO/SiO₂) в этой части шихты поддерживали более 2,1 доли.ед., офлюсовывая ее известняком до такой величины, чтобы обеспечить основность всего получаемого окускованного материала 1,1-1,5 доли. ед, необходимую для доменной плавки. Из этой шихты получали сырые окатыши, причем крупность этих сырых окатышей с низкой температурой плавления была 8-14 мм, а их массовое количество в смеси с металлизированными окатышами составляло 40-15 %. Температура плавления этой части шихты в окислительной или безокислительной атмосфере составляет 1140-1180 °С. В процессе транспортирования высокотемпературные (металлизированные) и низкотемпературные (сырые) окатыши смешивались и загружались в обжиговую чашу и подвергались термообработке. Режим термообработки и образования однородного офлюсованного окускованного материала включал сушку, нагрев, обжиг и охлаждение окислительным или безокислительным (содержащим менее 0,2% кислорода) газообразным теплоносителем со следующей температурой в зонах: сушки – 350-450 °С, нагрева - 600-1200 °С, обжига - 1200-1300 °С и охлаждения - 25-30 °С. Охлажденный до температуры 50-100 °С офлюсованный окускованный материал подвергался анализу с определением его металлургических характеристик.

Результаты испытаний показали (табл. 1), что в полученном офлюсованном окускованном материале содержание железа существенно выше, чем в промышленных (агломерате и окатышах) и ранее разработанных офлюсованных локальных спеках [9].

При этом основность всех окускованных материалов практически одинакова.

Гранулометрический состав более однородней, чем у агломерата, а содержание мелочи (0-5 мм) ниже.

При этом прочностные характеристики исходного материала лучше, чем у агломерата (прочность на удар 91,3-93,2 % против 57,4-84,5 %; истираемость 4,2-2,5 % против 10,2-8,3 %) и практически аналогичны окатышам. Угол естественного откоса аналогичен агломерату и коксу и выше чем у окатышей.

Свойства при восстановлении следующие: прочность при восстановлении аналогична окатышам и выше чем у агломерата, газопроницаемость и усадка слоя при восстановлении аналогична агломерату и лучше чем у окатышей, а степени восстановления выше, чем у обоих материалов.

Таблица 1

Металлургические характеристики окускованных железорудных материалов для доменной плавки

Наименование показателей	Промышленный офлюсованный агломерат	Промышленные неофлюсованные и офлюсованные окатыши	Разработанные офлюсованные локальные спеки	
			I. Офлюсованные локальные спеки из разных концентратов по [9]	II. Офлюсованные локальные спеки с повышенным содержанием железа по [10]
Содержание Fe _{общ.} , %	51,2-57,6	62,2-65,8	62,9-64,7	64,3-74,2
Содержание FeO, %	9,1-15,6	1,3-2,7	2,1-4,1	3,8-5,7
Содержание SiO ₂ , %	10,4-9,2	7,7-4,7	6,3-3,7	6,3-2,8
Основность (CaO/SiO ₂) готового продукта, д.ед.	1,2-1,8	0,1-1,25	1,25-1,55	1,21-1,45
Содержание классов, %:	23,7-35,6	0	0	0
60-100 мм	55,9-34,3	0	81,4-72,4	80,4-76,2
20-60 мм	12,3-7,8	93,5-97,3	12,6-24,4	16,3-21,5
5-20 мм	8,1-20,4	4,5-2,7	2,1-3,4	1,8-3,3
0-5 мм				
Прочность в барабане, ДСТУ ISO 3271:2005, %:	57,4-84,5	92,4-97,1	92,7-96,7	91,3-93,2
на удар (+5 мм)	10,2-8,3	5,8-1,5	4,2-2,9	4,2-2,5
истираемость (-0,5 мм)				
Прочность при восстановлении, ДСТУ ISO 7215:2008, %:	37,8-49,4	69,3-95,8	71,2-94,6	79,5-94,6
прочность (+5 мм)	10,4-9,8	4,7-2,1	4,5-3,2	4,9-3,0
истираемость (-0,5 мм)				
Газопроницаемость и усадка слоя при восстановлении, ДСТУ 3205-95:	15-18	23-67	13-26	16-21
усадка слоя, %	68-71	108-154	58-73	62-73
перепад давления газа, Па				
Степень восстановления, ДСТУ ISO 7215:2008, %	65,1-82,3	82,8-91,4	87,2-93,1	90,1-93,3
Угол естественного откоса, град.	36-41	28-32	35-41	38-41

Таким образом, результаты испытаний показали, что разработанный окускованный железосодержащий материал – офлюсованные локальные спеки из смеси металлургических окатышей и сырых окатышей с относительно низкой температурой плавления, обладает лучшими металлургическими характеристиками агломерата и окатышей и имеет при этом более высокое содержание железа, удовлетворяющее современным требованиям доменной плавки.

Список литературы

1. Ефименко Т.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. *Металлургия чугуна*. – Киев: Вища школа, 1981. – 495 с.
2. Сравнительная характеристика металлургических свойств агломерата и окатышей разных предприятий / Дворниченко И.Ф., Журавлев Ф.М., Астафьев В.Д. и др. // *Сталь*. – 1986. – №10. – С. 21-23
3. Коротич В.И. *Теория и технология агломерации*. – М.: Металлургия, 1974. – 288 с.

4. **Коротич В.И., Фролов Ю.А., Бездежский Г.Н.** Агломерация рудных материалов. Научное издание. – Екатеринбург: ГОУ ВПО "УГТУ–УПИ", 2003. – 400 с.
5. **Юсфин Ю.С., Базилевич Т.Н.** Обжиг железорудных окатышей. – М.: Metallurgy, 1973. – 272 с.
6. **Журавлев Ф.М., Малышева Т.Я.** Окатыши из концентратов железистых кварцитов. – М.: Metallurgy, 1991. – 127 с.
7. Получение полностью офлюсованного доменного сырья из высококремнистых железорудных концентратов / **С.А. Федоров, Н.Н. Бережной, В.Н. Билоус** и др. // Бюллетень Черная металлургия, – 1983. – №12. – С. 31-35.
8. **Сулименко С.Е.** Перспективы совершенствования технологии производства гибридного окучкованного сырья и его использование в доменной плавке / **С.Е. Сулименко, Н.В. Игнатов, В.В. Бочка** и др. // Бюллетень Черная металлургия. – 2003. – №6. – С. 26.
9. Разработка технологических параметров получения офлюсованного окучкованного железорудного материала для доменной плавки, сочетающего лучшие металлургические характеристики агломерата и окатышей / **Н.И. Ступник, В.П. Лялюк, Ф.М. Журавлев** и др. // Вісник Криворізького національного університету, 2014. – вип. 36. – С. 3-9.
10. Патент України № 85795. Спосіб виробництва офлюсованого огрудкованого матеріалу з підвищеним вмістом заліза / **М.І. Ступнік, В.П. Лялюк, Журавльов Ф.М.** та ін. – 2013. – Бюлетень № 22.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

УДК 622.272.3.01: 536.24.

Д.О. ЛАПШИНА, аспірантка, асистент, Криворізький національний університет

НОРМАЛІЗАЦІЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПІДЗЕМНИХ КАМЕРАХ ШАХТ З ПРАЦЮЮЧИМ ОБЛАДНАННЯМ

Розглядається актуальна науково-практична проблема нормалізації мікроклімату та поліпшення умов праці в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням. Серед чинників, які формують шахтний мікроклімат, провідне місце посідає надходження тепла від товщі гірських порід, механічної роботи стаціонарних і самохідних машин, або в результаті процесів окиснення. Крім того, автор доводить, що значна кількість тепла до головних повітроподаючих виробок надходить від камер із працюючим обладнанням, яке в свою чергу є джерелом суттєвих теплопритоків. Наведено результати експериментальних досліджень сучасного стану провітрювання та умов праці у камерах водовідливу шахт ПАТ «Кривбасзалізорудком». Отримані дані свідчать, що температура повітря в таких камерах може значно перевищувати гранично допустимі величини (26°C) і сягати 35-36°C. Так формується несприятливий мікроклімат, який вкупі з фізичним навантаженням негативно позначається не лише на продуктивності праці, а й на здоров'ї шахтарів. З урахуванням можливості та ефективності охолодження вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стисненого повітря, автором розроблено пневматичну вихрову установку «Клімат», запропоновано заходи щодо удосконалення схеми провітрювання у підземних камерах із джерелами штучного притоку тепла.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Температура повітря в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, яке в свою чергу є джерелом штучних теплопритоків, особливо на великих горизонтах, може значно перевищувати допустимі санітарні норми і сягати 35-36°C. За таких умов, у камерах формується несприятливий мікроклімат і значно погіршуються умови праці. Розв'язання проблеми нормалізації мікроклімату в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням лежить у площині реалізації державної цільової програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 рр., затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 31 серпня 2011 р. № 889-р. [1].

Аналіз досліджень і публікацій. Розв'язанню проблеми створення нормальних теплових умов у гірничих виробках шахт присвячені дослідження багатьох вчених зокрема А. Щербаня, О. Кремнева, В. Журавленка, Ю. Дядькіна. Це питання розв'язувалося співробітниками національно-дослідних, учбових та проектних інститутів, серед яких – Макіївський державний національно-дослідний інститут (МакНДІ), Донецький вугільний і політехнічний інститут (ДонВУГІ та ДПІ), Дніпропетровський національний університет (ДНУ), Науково-дослідний інститут безпеки праці в гірництві (НДІБПГ), Криворізький національний університет (КНУ) [2].

Співробітниками НДІБПГ, зокрема В. Сахновським, С. Зайцем, О. Подцоком досліджувалися теплові умови у шахтах ЗЗРК (Запорізький залізорудний комбінат) і розроблялися рекомендації щодо їх поліпшення; В. Куроченком розв'язувалася проблема регулювання теп-

лового режиму гірничих виробок під час розкриття і підготовки глибоких горизонтів залізородних шахт. На основі детальних досліджень шахтного мікроклімату, науковцями В. Кузіним, В. Алаб'євим, С. Піском та ін. створено Настанову з вибору гірничотехнічних способів нормалізації мікрокліматичних умов на виймальних дільницях глибоких шахт. Професорами кафедри рудникової аерології та охорони праці КНУ, А. Гуріним, О. Лапшиним, І. Ошмянським та ін., розроблено і впроваджено у виробництво заходи і засоби підвищення ефективності провітрювання і нормалізації мікроклімату глибоких залізородних шахт; складено Настанову з проектування вентиляції рудних шахт.

Постановка завдання. Дослідження сучасного стану провітрювання та умов праці у підземних камерах шахт із працюючим обладнанням з подальшим розробленням заходів і засобів щодо їх поліпшення.

Викладення матеріалу та результати. Щорічне зростання глибини розробки родовищ багатих руд шахтами Кривбасу супроводжується збільшенням об'єму гірничих робіт і погіршенням умов праці. Висока температура і вологість рудникового повітря, підвищений атмосферний тиск, характерні для мікроклімату глибоких шахт, у купі зі значним фізичним навантаженням негативно позначаються не лише на продуктивності праці, а й на здоров'ї шахтарів.

Встановлено, що надходження тепла від товщі гірських порід, механічної роботи стаціонарних і самохідних машин, або в результаті процесів окиснення посідає провідне місце серед чинників, які формують шахтний мікроклімат [3]. Разом із цим, значна кількість тепла до головних повітроподаючих виробок надходить від камер із працюючим обладнанням. До їх числа належать: камери водовідливів, електropідстанції, камери перевантажувальних вузлів, машинні зали підземних підйомних установок, ремонтні майстерні, електровозні депо, які обслуговуються черговими машиністами, ремонтними бригадами, електрослюсарями.

З метою дослідження сучасного стану провітрювання та умов праці у камерах водовідливу було здійснено експериментальні дослідження в реальних умовах шахт ПАТ «Кривбасзалізородком». Переважно дослідження проводилися в нічну зміну під час роботи максимальної кількості насосів, що обумовлено більш низькою тарифною ставкою на використання електроенергії у нічний час. Вимірювання здійснювалися протягом усієї робочої зміни: до моменту включення насосів і погодинно під час їх роботи із використанням наступних приладів: психрометра Ассмана, барометра, анемометра ПР-2, секундоміру та вимірювальної рулетки.

Температура визначалася психрометром Ассмана по сухому і вологому термометру; вологість визначалася за психрометричною таблицею відносної вологості повітря; швидкість повітря визначалася анемометром ПР-2 з використанням секундоміру; геометричні параметри камери визначалися за допомогою вимірювальної рулетки. Кожне вимірювання здійснювалося п'ять разів, після чого значення усереднювалися і заносилися до журналу. Пульс чергового машиніста вимірювався на початку робочої зміни, всередині та наприкінці.

Отже, типова камера водовідливу ш. ім. Леніна із геометричними параметрами 40×4×5 м, розрахована на роботу п'яти насосів типу ЦНС-300 потужністю 800 кВт кожний, обслуговується черговим машиністом і ремонтною бригадою в складі п'яти осіб. Провітрювання типової камери водовідливу, на прикладі ш. ім. Леніна, гор. 527 м, здійснюється так (рис. 1).

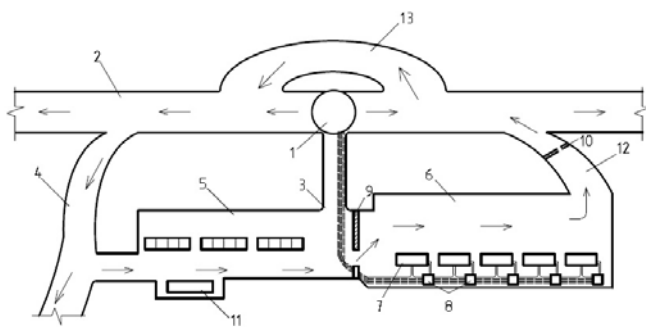


Рис. 1. Діюча схема провітрювання камери водовідливу розташованої на гор. 527 м, шахти ім. Леніна: 1 – ствол; 2 – головний квершлаг; 3 – збійка; 4 – вхідна виробка; 5 – електropідстанція; 6 – камера водовідливу; 7 – насоси ЦНС-300; 8 – водозбірні колодязі; 9, 10 – перемичка на вході та на виході з камери; 11 – робочий стіл чергового машиніста; 12 – вихідна виробка; 13 – обхідна виробка

Свіже повітря зі ствола 1 потрапляє у камеру водовідливу 6 двома шляхами: через вхідну виробку 4 і через збійку зі

стволом 3. На вході в камеру і на виході з неї встановлені перемички 9, 10 з дверима для зменшення рівня шуму і для регулювання кількості повітря. Потрапляючи в камеру 6 повітря поступово нагрівається до температури 36 °С і виходить через вихідну виробку 12 та по обхідній

виробці ствола 13 надходить у головний квершлаг 2. Через велику площу перерізу камери швидкість повітря невелика і не перевищує 0,16 м/с, що значно погіршує стан провітрювання камери.

На початку зміни до моменту ввімкнення насосів температура повітря в камері становила 25°C, вологість - 84%, швидкість повітря - 0,16 м/с. Частота пульсу чергового машиніста складала 75 ударів на секунду. Вже через півтори години після ввімкнення насосів температура зростає на 7,5°C і становила 32,5°C, вологість знизилася до 60%, швидкість руху повітря майже не змінилася $V = 0,15$ м/с. З кожною наступною годиною температура зростала на 1-2 °С.

Наприкінці робочої зміни о пів на шосту ранку температура сягнула максимальних значень і за одночасної роботи трьох насосів становила 35-36 °С, фіксована частота пульсу чергового машиністу складала 90 ударів на секунду. На рис. 2 наведено графік динаміки температури, за сухим 1 і мокрим 2 термометрами, під час робочої зміни у камері водовідливу.

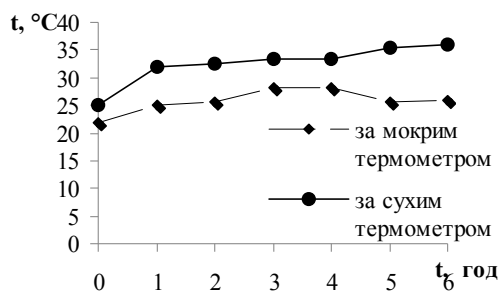


Рис. 2. Динаміка температури повітря в камері водовідливу протягом робочої зміни (гор. 527 м ш. ім. Леніна)

З графіку видно, що за першу годину роботи відбулося різке зростання температури за сухим термометром, подальше її зростання відбувалося поступово і після п'яти годин роботи температура досягла максимальних значень.

Динаміка зростання температури за мокрим термометром відрізняється. Так максимальні значення були зафіксовані на 3 і 4 годинах роботи

насосів, після чого температура знизилася до 25°C. Схеми провітрювання камер водовідливу на інших шахтах відрізняються несуттєво, кінцеві результати досліджень зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Метеорологічні умови в камерах водовідливу шахт ПАТ «Кривбасзалізрудком»							
Найменування шахти	Пункт виміру	Температура, °С			Вологість, φ	Атмосферний тиск, мм рт. ст.	Швидкість повітря
		t_c	t_m	Δt			
ім. Леніна, горизонт 527 м	На вході	24	22	2	84	780	0,28
	Стіл чогового	25	23	2	84		0,26
	В камері	36	26	10	42		0,16
	На виході	34,5	25	9,5	40		0,25
«Гвардійська», горизонт 1190 м	На вході	26	24	2	85	880	0,6
	Стіл чогового	27	28	2	85		0,4
	В камері	36	29	7	60		0,4
	На виході	35	28	7	60		0,6
«Жовтнева», горизонт 1115 м	На вході	24,5	22,5	2	84	800	0,3
	Стіл чогового	25	23	2	84		0,25
	В камері	34	26	8	65		0,2
	На виході	32	24,5	7,5	60		0,3

Отже, результати експериментальних досліджень сучасного стану провітрювання та умов праці у підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, зокрема в насосних підстанціях шахтного водовідливу свідчать, що температура повітря в таких камерах може значно перевищувати гранично допустимі величини (26 °С) і сягати 35-36 °С, що обумовлює створення шкідливих умов праці [4]. Крім того в умовах високих температур і підвищеної вологості можливе скорочення безперебійної експлуатації обладнання, існує ризик виникнення аварії.

Враховуючи можливість і ефективність охолодження вентиляційного повітря у гірничих виробках шляхом використання адиабатичного розширення стисненого повітря під час його випуску крізь отвори трубопроводів і пневматичних машин у вибоях, вважаємо доцільним запропонувати використання пневматичної вихрової установки (ПВУ) «Клімат», розробленої нами на основі проведених досліджень по охолодженню атмосфери глибоких рудних шахт (рис. 3).

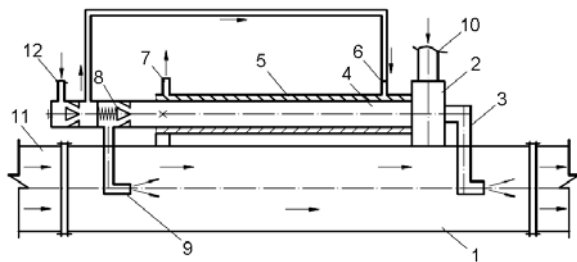


Рис. 3. Схема пневматичної вихрової установки «Клімат»: 1 - корпус, 2 - вихрова труба; 3 - холодний кінець вихрової труби; 4 - гарячий кінець вихрової труби; 5 - охолодна водяна сорочка; 6 - водопідвідний трубопровід; 7 - водовідвідний патрубок; 8 - теплове реле-дросель; 9 - повітревідвідний патрубок; 10 - трубопровід стислого повітря; 11 - трубопровід вентиляційного повітря; 12 - водопідвідний патрубок.

Вихрова установка «Клімат» призначена для охолодження вентиляційного повітря під час проходження гірничих виробок, провітрювання камер водовідливу; електропідстанцій; ремонтних майстерень; складів ВМ у вугільних та поліметалевих шахтах.

Запропонований пристрій працює так: стиснене повітря надходить із трубопроводу 10 у вихрову трубу 2, в якій відбувається його розподіл згідно ефекту Ранка на холодну та гарячу частини. Після цього холодна частина повітря потрапляє у корпус 1 через холодний кінець 3 вихрової труби 2, який розташований соосно у корпусі на виході.

Виходячи під тиском із труби 3, холодний струмінь розширюється адіабатично, завдяки чому додатково знижується його температура.

У процесі змішування холодного струменя із вентиляційним повітрям у корпусі 1 відбувається його охолодження. Гарячий кінець 4 вихрової труби 2 розташований зовні вздовж корпусу 1 і розміщений у водяній охолодній сорочці 5 з водопідвідним трубопроводом 6 і водовідвідним патрубком 7.

Вода в охолодній сорочці перетікає із одного кінця в інший, зумовлюючи теплообмін і процес охолодження в середині труби 4.

Далі охоложене повітря надходить у теплове реле-дросель 8, із допомогою якого здійснюється зміна продуктивності вихрової труби 2 і температури вентиляційного повітря.

Теплове реле-дросель 8 відрегульовано таким чином, що при підвищенні температури повітря в гарячому кінці 4 труби 2, дросель збільшує прохід повітря у відвідний патрубок 9.

У той же час збільшується кількість води, яка надходить у водяну сорочку 5, а при зниженні температури - зменшується прохід у відвідний патрубок і кількість води у водяній сорочці 5.

В середньому витрата води на охолодження становить 0,3 л/с, а витрата стислого повітря - 0,1 м³/с (360 м³/год).

Охоложене повітря до температури нижчої за температуру вентиляційного струменя з допомогою відвідного патрубка 9 направляється в середину корпусу 1 на його вході.

Запропонована пневматична установка ПВУ «Клімат» працює в автоматичному режимі, її використання дозволяє знизити температуру вентиляційного струменя на 6-8°C.



Рис.4. Експериментальна модель установки ПВУ «Клімат»

Експериментальні дослідження ПВУ «Клімат» проводилися в умовах шахти «Родіна» ПАТ «Кривбасзалізорудком», на території промайданчика.

Для здійснення вимірів використовувалися наступні прилади: термометри, проградуйовані за шкалою Цельсія; анемометри: крильчатий типу «А» 17258 і чашковий «А» 4209; секундомір; манометр.

Температуру визначали за допомогою контактних термометрів, проградуйованих за шкалою Цельсія.

Швидкість руху повітря в трубі визначали за допомогою анемометрів та графіків залежності числа поділок в секунду від швидкості повітряного потоку.

Контроль тиску стисненого повітря, що подавалося у вихрову трубу здійснювали за допомогою манометра. Під час випробувань змінювали діаметр діафрагми ($d=5;10;15$ мм).

Кожен вимір здійснювався п'ять разів, далі значення усереднювалися і заносилися до журналу.

Результати випробувань були опрацьовані та зведені у табл 2 а,б і в.

Експериментальні дослідження пневматичної вихрової установки «Клімат»: *a* - діаметр діафрагми $d = 5$ мм; *b* - діаметр діафрагми $d = 10$ мм; *в* - діаметр діафрагми $d = 15$ мм

a

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t _г	у холодному кінці труби t _х	у гарячому кінці труби V _г	у холодному кінці труби V _х
1	39,0	18,0	2,8	5,8
2	47,0	11,9	3,0	10,0
3	48,0	7,1	0,8	0,75
4	49,5	4,1	1,5	1,1
4,5	49,0	3,7	1,6	1,35

b

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t _г	у холодному кінці труби t _х	у гарячому кінці труби V _г	у холодному кінці труби V _х
1	45,0	26,0	5,9	4,5
2	60,0	20,0	4,7	4,6
3	73,0	13,5	0,8	2,7
4	83,0	4,6	1,1	5,3
4,5	85,0	3,0	1,0	6,0

в

Тиск P, атм	Температура повітря t, °C		Швидкість руху повітря V, м/с	
	у гарячому кінці труби t _г	у холодному кінці труби t _х	у гарячому кінці труби V _г	у холодному кінці труби V _х
1	49,5	28,2	0,86	7,1
2	63,5	23,4	0,55	2,6
3	80	16,3	0,55	3,9
4	89	12,4	0,49	5,1
4,5	94,5	12,4	0,49	5,7

У ході проведених випробувань підтвердився факт розподілу стислого повітря у вихровій трубі на дві частини: холодну та гарячу. Була зафіксована мінімальна температура повітря у холодному кінці труби, з діаметром діафрагми $d = 10$ мм – $t_x = 3^\circ\text{C}$ і максимальна температура у гарячому кінці труби, з діаметром діафрагми $d = 15$ мм – $t_g = 94,5^\circ\text{C}$ без застосування охолодної водяної сорочки.

З урахуванням наявних недоліків схеми вентиляції камер водовідливу, а також можливості та ефективності охолодження вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стислого повітря, пропонуємо альтернативний спосіб провітрювання камер водовідливу (на прикладі камери водовідливу шахти ім. Леніна, гор. 527 м) рис. 5.

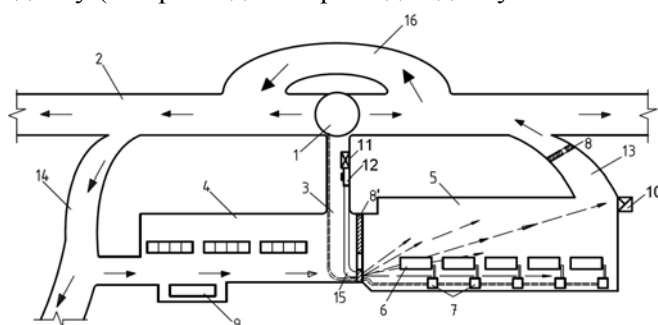


Рис. 5. Проектна схема провітрювання камери водовідливу (гор. 527 м ш. ім. Леніна): 1 - ствол; 2 - головний квершлаг; 3 - збійка; 4 - електропідстанція; 5 - камера водовідливу; 6 - насоси ЦНС-300; 7 - водозбірні колодязі; 8, 8' - перемичка; 9 - робочий стіл чергового машиніста; 10 - підняттявий; 11 - нагнітальний вентилятор ВЦ 4-70-16К; 12 - вихрова труба; 13 - вихідна виробка; 14 - вхідна виробка; 15 - вентиляційний трубопровід; 16 - обхідна виробка

Для здійснення запропонованої схеми провітрювання у збійці зі стволом розміщуємо відцентровий вентилятор 11 невеликої потужності, наприклад, ВЦ 4–70–16К, на якому буде змонтована пневматична вихрова установка «Клімат» з глушником шуму. Отже, при одночасній роботі двох і більше насосів, коли температура у камері сягатиме максимальних значень ($35\text{--}36^\circ\text{C}$) і однієї лише роботи вентилятора буде недостатньо для нормалізації теплового режиму, додатково застосовуватиметься установка «Клімат». Вентиляційне повітря, потрапляючи у вихрову трубу охолоджуватиметься і на виході з неї температура знизиться приблизно на 10°C . Тепле повітря планується видаляти із камери на вище лежачий горизонт, для цього необхідно пройти підняттявий 10.

Висновки і подальший напрямок досліджень. Температура повітря в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням, зокрема у насосних підстанціях шахтного водовідливу, може значно перевищувати гранично допустимі норми (26 °С) і сягати 35-36 °С, що обумовлює створення шкідливих умов праці. Враховуючи можливість і ефективність охолодження повітря вентиляційного струменю шляхом використання адіабатичного розширення стисненого повітря, розроблено пневматичну вихрову установку «Клімат» для поліпшення теплових умов у камерах із джерелами штучних теплопритоків. Крім того, розроблено заходи щодо удосконалення схеми провітрювання у типових камерах водовідливу. Подальші дослідження будуть спрямовані на розроблення комплексної технології штучного провітрювання з урахуванням особливостей теплообміну між працюючим обладнанням і рудниковим повітрям у підземних камерах шахт.

Список літератури

1. Загальнодержавна цільова програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 роки. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/889-2011-%D1%80>.
 2. Пивняк Г.Г. Пути решения проблемы нормализации тепловых условий в горных выработках глубоких шахт Донбасса / Г.Г. Пивняк, В.А. Бойко // Горный журнал, 2012. - № 8. – С. 15-18.
 3. Щербань А.Н. Руководство по регулированию теплового режима шахт / Щербань А.Н., Кремнев О.А., Журавленко В.Я. – М. : Недра, 1977. – С. 5-10.
 4. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М. : Недра, 1971. – 228 с.
- Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 669.162.16

Ф.М. ЖУРАВЛЕВ¹, канд. техн. наук, доц., В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,
Д.А. КАССИМ, И.А. ЛЯХОВА, кандидаты. техн. наук, доц., Е.В. ЧУПРИНОВ, ассистент
КМИ Криворожский национальный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫРЫХ ОКАТЫШЕЙ С ЗАКАТАНЫМ ВНУТРЬ ТВЕРДЫМ ТОПЛИВОМ

Выбраны и испытаны реагенты для повышения гидрофильности поверхности частиц твердого топлива. Определены оптимальные расходы и продолжительность воздействия реагентов на поверхность кусочков твердого топлива для обеспечения полного закатывания всего топлива внутрь сырых окатышей. Отработаны технологические параметры процесса окомкования, позволяющие получать сырые окатыши с закатанным внутрь твердым топливом необходимого гранулометрического состава с требуемыми прочностными характеристиками.

Основной затратной статьей в себестоимости выплавки чугуна в доменных печах является удельный расход кокса [1]. В настоящее время используются технологии частичной (в большей или меньшей степени) замены металлургического кокса в доменной плавке другими видами менее дефицитных и менее дорогостоящих (твердых, жидких и газообразных) топлив.

Основными требованиями к этим топливам являются: максимально возможное содержание полезных и минимальное - вредных элементов, а также минимальное влияние на газопроницаемость столба шихты в доменной печи при их использовании.

К числу таких технологий относятся: ввод в шихту доменной плавки кускового антрацита, вдувание в фурмы доменной печи пылеугольного топлива, природного и коксового газов, а также мазута [2].

Разработаны также технологии получения окускованных железорудных материалов (агломерат и окатыши), содержащих в своем составе остаточный углерод из введенного твердого топлива, не полностью сгоревшего в них в процессе термоупрочнения.

Проводились опытные плавки с использованием этих материалов в доменной шихте, показавшие эффективность применения такого материала [3-5].

Каждая из отмеченных выше технологий имеет свои преимущества и недостатки как в подготовке топлива к вводу в доменную печь, так и в его влиянии на технико-экономические показатели доменной плавки.

Следует отметить еще раз, что ввод в доменную печь менее дорогостоящего и дефицитного твердого топлива в составе окускованного железорудного материала может быть очень перспективным при условии сохранения или улучшения металлургических характеристик этого материала.

Несомненным преимуществом такого материала является то, что в процессе его термоупрочнения он предварительно частично восстанавливается изнутри за счет газификации закапанного внутрь углерода твердого топлива, а затем при плавке восстанавливается одновременно с поверхности восстановительными газами доменной печи и из центра куска за счет газификации остаточного углерода, что ускоряет скорость восстановления всего куска и, соответственно, производительность доменной печи.

Кроме того, исключается влияние разрушения кусков угля при их термическом нагреве на газопроницаемость столба шихтовых материалов в доменной печи, так как уголь находится внутри агломерата или окатыша.

Высокотемпературная технология получения окускованного железорудного материала (агломерата или окатышей) с максимальным количеством внутри него остаточного углерода может быть осуществлена при обязательном соблюдении двух основных технологических условий: эффективным накатыванием мелких компонентов шихты на кусочки твердого топлива, являющихся зародышами, с обеспечением необходимой прочности полученных сырых комков (окатышей) и минимальным выгоранием углерода этого твердого топлива в процессе термического упрочнения и охлаждения окускованного материала в газовой атмосфере с разным окислительным потенциалом.

Кроме того, скорость выгорания твердого топлива внутри окускованного железорудного материала зависит от его реакционной способности.

Минимальную реакционную способность среди углей имеет антрацит, который и рекомендуется для закатывания внутрь железорудного материала [6].

Оптимальность соблюдения указанных технологических параметров производства окускованного материала с остаточным углеродом диктуется как возможной простотой и технологичностью параметров её осуществления, так и экономической целесообразностью процесса.

Как уже отмечалось выше, неизменным первоначальным условием получения высококачественного окускованного материала с остаточным углеродом является эффективное накатывание и сцепление мелких компонентов шихты, как между собой, так и с поверхностью кусочков твердого топлива размером 1,5-10 мм, которые выполняют роль зародышей для образования прочных комков (сырых окатышей). Это может быть осуществлено за счет молекулярных и капиллярных сил сцепления, развиваемых в трехфазной среде (твердая, жидкая и газообразная фазы) только между гидрофильными материалами.

Все компоненты шихты (железорудный концентрат, флюсы и связующие добавки) в производстве окатышей являются гидрофильными материалами. Твердое топливо (антрацит) является гидрофобным материалом и на него практически не накатываются гидрофильные компоненты шихты.

Исследователями испытывались варианты предварительного покрытия кусочков антрацита крупностью 3-7 мм связующим веществом, битумом или мазутом со смесью определенных оксидов (шлак производства ферромарганца) для образования на них гидрофильной поверхности [4,7,8].

Однако, эти мероприятия существенно усложняют технологию производства окускованного материала, а некоторые вносят в его состав пустую породу, снижающую содержание железа. В литературе известны реагенты, позволяющие усиливать или изменять гидрофобность или гидрофильность поверхности минералов [9].

Для упрощения и улучшения технологии производства и снижения количества выгорающего углерода внутри окатышей были проведены испытания, которые показали возможность получения обожженных окатышей отвечающих требованиям доменной плавки с минимальным усложнением принятого промышленного использования технологии получения и термоупроч-

нения сырых окатышей, а также максимальным сохранением остаточного углерода твердого топлива в составе окатыша после его термоупрочнения и охлаждения.

Для использования в окатышах выделялся антрацит крупностью 0-10 мм, что упрощает технологию (не нужно выделять три узких фракции как в [4,7,8]: 0-3 мм, 3-7 мм и +7 мм) подготовки топлива по крупности и позволяет использовать все топливо менее 10 мм, не удаляя фракции 0-3 мм и +7 мм. В этом случае частицы крупностью 1,5-10 мм будут выполнять роль зародышей, а более мелкие – накатываются на них вместе с шихтой.

Выделенное топливо обрабатывалось водным раствором реагента-пластификатора натриевого или аммониевого лигносульфоната, который является отходом целлюлозно-бумажной промышленности. Роль этого реагента сводится к повышению гидрофильности поверхности угольных частиц при создании вокруг них гидратной оболочки толщиной не более $(15-20)10^{-6}$ мм, что способствует накатыванию на них гидрофильных частиц офлюсованной шихты за счет молекулярных и капиллярных сил сцепления, с образованием сырых окатышей необходимого размера и прочности.

Это обеспечивается удельным расходом лигносульфоната равным 2,4-15,1 кг/т сухого угля.

Эта технологическая операция для увеличения гидрофильности поверхности частиц антрацита в лабораторных условиях осуществлялась одним из двух возможных вариантов следующим образом.

В первом варианте в емкость загружалась необходимая масса угля и сухого реагента из расчета указанного выше его удельного расхода.

Затем в емкость заливалась вода, покрывая уголь на 30-50 мм, и смесь непрерывно перемешивалась в течение 0,5-5,0 минут.

Во втором варианте предварительно изготавливался раствор реагента, концентрация которого рассчитывалась исходя из необходимого объема раствора и удельного расхода реагента на 1 т антрацита.

Затем раствор заливался в емкость с находящимся в ней антрацитом по указанным в первом варианте параметрам и непрерывно с ним перемешивался.

После этого остаток раствора реагента выпускался из емкости, а полученный антрацит с гидрофильной поверхностью дозировался в заданном соотношении с компонентами (железородный концентрат, флюс и связующее) шихты и смешивался в смесителе.

Смешанная с антрацитом шихта дозировалась в окомкователь в непрерывном режиме где получали сырые окатыши, в которых кусочки угля являлись зародышами на которые накатывалась тонкоизмельченная шихта до получения сырых окатышей требуемого диаметра, а самые мелкие частицы угля (0-1,5 мм), которые не могли быть зародышами, накатывались совместно с шихтой на зародыши и в процессе термоупрочнения окатышей газифицировались до CO и CO₂, предохраняя в окислительной атмосфере углерод зародышей от выгорания.

Проведенные испытания показали, что после обработки антрацита раствором реагента (натриевого лигносульфоната) при оптимальном его удельном расходе, в процессе получения сырых окатышей в чашевом окомкователе, при одинаковой его производительности и при практически одинаковой влажности полученных сырых окатышей, количество годной фракции (8-20 мм) в сырых окатышах с закатынным антрацитом составило 92,3-94,1 %, а их прочностные характеристики практически были аналогичны сырым окатышам без твердого топлива (табл. опыты 1 и 6-8).

При этом, практически все твердое топливо закатывалось внутрь окатышей.

При использовании же в шихте антрацита, не обработанного лигносульфонатом, в окатыши закатывалось всего 32,8 % кусочков антрацита, а их прочностные характеристики были ниже (табл. 1, опыт 2) [10].

Исходя из результатов испытаний определены оптимальные значения удельного расхода реагента для обработки антрацита, позволяющего изменить его гидрофобную поверхность на

гидрофильную и накатывания шихты на все его кусочки для получения сырых окатышей, пригодных к последующему термоупрочнению.

Таблица 1

Параметры получения сырых окатышей с закатанным внутрь твердым топливом

Показатели окомкования	По техно- нологии [8]	Варианты отработки технологии							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Производительность окомкователя, т/ч	–	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Крупность антрацита, мм	3-7	0	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
Используемый реагент	битум	натриевый лигносульфонат							
Удельный расход реагента, кг/ т антрацита	25-40	0	0	1,3	2,4	8,6	12,4	15,1	18,3
Продолжительность выдержки антрацита с реагентом, мин	–	0	0	6,4	3,6	5,1	0,5	1,4	4,3
Содержание углерода в шихте, %	–	0	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Массовая доля влаги в сырых окатышах, %	–	,1	8,6	8,7	8,5	8,8	8,6	8,5	8,4
Количество годного класса (8-20мм) в сырых окатышах, %	–	92,4	74,7	83,1	92,3	93,5	92,8	94,1	93,7
Количество закатанных в окатыши кусочков антрацита, %	100	0	32,8	68,6	99,4	99,8	100	100	100
Прочность на сжатие сырых окатышей, кг/ок	–	1,2	0,8	1,0	1,1	,2	1,3	1,2	1,2
Прочность на удар сырых окатышей, раз	–	5,8	4,1	5,2	5,5	5,7	5,6	5,7	5,8

Таким образом, отработаны технологические параметры изменения гидрофобной поверхности антрацита на гидрофильную и режимы получения сырых окатышей необходимых гранулометрического состава и прочностных характеристик для последующего их термоупрочнения.

Список литературы

1. **Металлургия чугуна: Учебник для вузов / Е.Ф. Вегман, Б.Н. Жеребин, А.Н. Похвиснев и др.** – М.: ИКЦ “Академкнига”, 2004. – 774 с.
2. **Коксозамещающие технологии в доменной плавке / В.П. Лялюк, И.Г. Товаровский, Д.А. Демчук и др.** – Днепропетровск: Пороги, 2006. – 276 с.
3. **Получение прочных при восстановлении руднотопливных окатышей из качканарских концентратов / А.Л. Ефимов, Л.И. Леонтьев, С.В. Шаврин и др.** // Бюллетень ин-та “Черметинформация”. – 1973. – №8. – С. 18-20.
4. **А.с. СССР №1188217. Способ производства агломерата / Г.Г. Ефименко, С.П. Ефимов, Б.В. Кушнарв и др.** – 1985. – Бюл. №40.
5. **Использование опытных железорудных офлюсованных окатышей с остаточным углеродом в доменной плавке / Д.А. Ковалев, Ф.М. Журавлев, Н.Д. Ванюкова и др.** // Сталь. – 1999. – №8. – С. 4-9.
6. **Исследование процесса металлизации рудоугольных окатышей / С.Т. Ростовцев, Г.В. Губин, В.Ф. Авдеев и др.** // Труды института Уралмеханобр. Окускование железных руд и концентратов. – Свердловск. – 1975. – С. 70-77.
7. **А.с. СССР №1602878. Способ получения углеродсодержащих железорудных материалов / М.З. Рогинский, Н.А. Гладков, М.Д. Жембус и др.** – 1990. – Бюл. №40.
8. **А.с. СССР №1617021. Способ получения железорудных окатышей с остаточным углеродом / М.З. Рогинский, М.Д. Жембус, С.Г. Шаранов.** – 1990. – Бюл. №48.
9. **Шубов Л.Я., Иванков С.И., Щеглова Н.К.** Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья. Книга 1. – М.: Недра, 1990. – 376 с.
10. **Патент України № 94772. Спосіб виробництва обпалених обкотишів із залишковим вуглицем / Ф.М. Журавлев, В.П.Лялюк., І.А.Ляхова, та інші.** – 2014. – Бюл. №22.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

В.Д. АФАНАСЬЄВ, канд. техн. наук, О.В. ГНЕННА, аспірантка
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ НАКОПИЧУВАЛЬНОГО ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ І НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ФАКТОРІВ НА ПРАЦІВНИКІВ ПІДЗЕМНОГО КРИВБАСУ

Розглянуто питання, щодо накопичувального впливу шкідливих факторів на організм працівників, їх інтенсивність та комплексна дія. Як відомо, атестація робочих місць за умовами праці не передбачає достатньої інформації щодо ризику з позиції впливу шкідливих і небезпечних факторів на індивідуальні особливості організму працівника, а тільки вказує роботодавцю на зони розташування виробничого середовища із шкідливими умовами праці. У зв'язку з цим проведені дослідження щодо шкідливих і небезпечних факторів з врахуванням індивідуального стану здоров'я працівників, зайнятих у виробництвах з високим рівнем професійного ризику.

Так, при проведенні оцінки ризику виконано дослідження накопиченого впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівника, які несуть високу імовірність розвитку професійного захворювання протягом певного часу його трудової діяльності.

Основним завданням дослідження було врахування стану здоров'я працівників, яке полягало у виявленні можливих ранніх форм професійної захворюваності і їх аналізу та збору статистичних даних про такі захворювання.

Для досягнення цієї мети вивчені взаємодії шкідливих факторів та індивідуальних властивостей організму. Враховуються дані про імовірність захворювань, які отримані під час дії окремих факторів на здоров'я працівників за 8-годинну робочу зміну.

Ключові слова: професійне захворювання, система управління охороною праці, оцінка ризику, виробничі фактори, інтенсивні шкідливі фактори.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями: Атестація робочих місць за умовами праці не передбачає достатньої інформації щодо ризику з позиції впливу шкідливих і небезпечних факторів на індивідуальні особливості організму працівника, а тільки вказує роботодавцю на зони розташування виробничого середовища із шкідливими умовами праці. В зв'язку з цим проведені дослідження щодо шкідливих і небезпечних факторів з врахуванням індивідуального стану здоров'я працівників, зайнятих у виробництвах з високим рівнем професійного ризику.

Аналіз досліджень і публікацій: При проведенні оцінки ризику виконано дослідження накопиченого впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівника, які несуть високу ймовірність розвитку професійного захворювання протягом певного часу його трудової діяльності.

Постановка завдання: Основним завданням дослідження було врахування стану здоров'я працівників, яке полягало у виявленні можливих ранніх форм професійної захворюваності і їх аналізу та збору статистичних даних про такі захворювання. Для досягнення цієї мети вивчені взаємодії шкідливих факторів та індивідуальних властивостей організму.

Для цього створено два банки даних:

про найбільш шкідливі фактори за найменш короткий термін їх дії; про найбільш вразливі органи працівників за найменший термін дії шкідливих факторів.

Під час створення банку даних щодо накопиченого впливу шкідливих і небезпечних факторів на гірників використана інформація щодо стану умов праці при підземному видобутку корисних копалин, аналіз умов і причин виникнення професійного захворювання працівників внаслідок впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів та факторів трудового процесу, результатів статистичних даних, досягнення науки щодо створення безпечних умов праці [1-3]. На основі таких даних встановлені причини виникнення і види професійного захворювання. Для створення банку даних щодо індивідуальних властивостей використані:

концентрації і рівні шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища; період і тривалість перебування працівника у несприятливих умовах праці; проявлення накопиченої дії шкідливого і небезпечного фактора на організм людини; імовірність і рівень ушкодження здоров'я; рівень втрати працездатності працівника внаслідок шкідливих і небезпечних умов праці.

Викладення матеріалу та результати: За даними інституту Промислової медицини (М. Кривий Ріг) щодо розвитку професійних захворювань, виявлено, що найбільш шкідливі фактори, які призводять до професійного захворювання за найменш короткий термін їх дії є: пил та

тяжкість праці. Такі шкідливі фактори можуть призводити до професійного захворювання, як кожен окремо, так і особливо в їх комплексі. Дані про особливості розвитку професійних захворювань показують [1]:

середній розвиток радикулопатії складає 9 років, але необхідно враховувати важкість переміщення вантажів і одноманітність праці, кількість повторюваних робіт. Інколи випадки радикулопатії для професій прохідник, бурильник, кріпильник виявляються вже після 5 років трудового стажу. Важкість праці вимагає активної напруги мускулатури, при захворюванні опорно-рухового апарату порушується динаміка і статика всього організму. Іноді в комплексі з радикулопатією виявляється міозит (запалення і болі в м'язах), міжреберна невралгія від дії вологості повітря та протягів в шахтах, але такі захворювання окремо не фіксуються.

середній термін розвитку пневмоконіозу, силікозу і хронічного пилового бронхіту складає 10 років. Як відомо, силікоз найпоширеніша важка форма пневмоконіозу, утворюється у працівника в процесі виробництва де створюється пил, який містить вільний двоокис кремнію, і викликає ризик захворювання туберкульозом та бронхітом.

Гранично допустима середньодобова концентрація пилу металів у повітрі не повинна перевищувати $0,15 \text{ мг/м}^3$, а максимально разова - $0,5 \text{ мг/м}^3$.

середній термін розвитку вібраційної хвороби складає 15 років, але зафіксовані випадки вібраційної хвороби після 10 років роботи в шкідливих умовах, а в умовах підвищеної вібрації для професій прохідник та бурильник навіть після 5 років робочого стажу;

середній термін розвитку кохлеарного невриту для працівників підземного Кривбасу складає 17 років, хронічний кохлеарний неврит лікуванню не підлягає.

Розлад нервової системи – найбільш істотний фактор від дії шуму.

В кінцевому випадку, всі шкідливі і небезпечні виробничі фактори вражають, як кожен орган працівника окремо, так і особливо в їх комплексі.

У деякій мірі це відображається і на нервову систему так, як вона є основним і головним регулятором організму людини.

Базуючись на даних щодо частоти професійних захворювань, виконано прогнозування ризику, під час взаємодії працівника із шкідливими і небезпечними виробничими факторами протягом робочої зміни, або іншого встановленого проміжку часу.

Це дозволило визначити імовірність знаходження працівника у так званій зоні ризику на протязі всього стажу роботи.

Такий прогноз використано під час формування інтегральної оцінки впливу виробничих факторів щодо зміни індивідуального стану здоров'я працівника і дозволило визначити величину ризиків впливу різних шкідливих і небезпечних факторів [3].

Згідно діючої Гігієнічної класифікації умов праці професійний ризик визначається величиною імовірності пошкодження здоров'я працівника із урахуванням наслідків несприятливого впливу факторів виробничого середовища і трудового процесу.

При цьому також враховується час дії цих факторів на протязі робочої зміни, показника стану здоров'я працівника та ступеня втрати ним працездатності. Імовірність професійних захворювань працівників шахт є багатофакторною величиною, яка повинна враховувати:

інтенсивність діючих шкідливих факторів, тобто перевищення їх величин над гранично допустимими; комплексну дію шкідливих факторів, які виникають в процесі професійної діяльності працівника; час дії шкідливих факторів на протязі робочої зміни; стаж роботи працівника по професії із шкідливими умовами праці; показники ступеню здоров'я працівника, які повинні контролюватись у періоди роботи в залежності від інтенсивності шкідливих факторів.

У даній роботі враховуються дані про імовірність захворювань, які отримані під час дії окремих факторів на здоров'я працівників за 8-годинну робочу зміну. При таких умовах імовірність пошкодження здоров'я дорівнює

$$P = f(I, t, T), \quad (1)$$

де I - інтенсивність діючого шкідливого фактору, раз; t - час дії шкідливого фактору за 8-годинну робочу зміну, години; T - потенційний стаж роботи працівника по даній професії, роки.

Вивчення даних про оцінку ризиків пошкодження здоров'я працівників під час дії окремих шкідливих факторів дозволяє встановити деякі залежності імовірності від інтенсивності та стажу роботи: інтенсивність зростання $P(I)$ в залежності від стажу роботи для $I = 10$ становить 0,1 для T від 10 до 15

років; 0,08 для $T = 15-20$ років; 0,02 для $T = 20-25$ років; інтенсивність зростання $P(I)$ зі зростанням I до 10 становить 0,4 для $T = 5$ років; 0,6 для $T = 10$ років і знаходяться в межах 0,7-0,8 для $T = 15-25$ років; в діапазоні значень $P(I) = 0,2-0,8$ швидкість зростання $P(I)$ для випадку 8-годинної робочої зміни із точністю $\pm 0,1$ $P(I)$ може бути представлено у вигляді лінійної залежності

$$P(I) = 0,15 I - 0,36 . \quad (2)$$

Для $3,75 \leq I \leq 8,0$. Аналіз таких даних дозволяє представити якісний характер розвитку професійних захворювань. Так, одним із напрямків оцінки ризику впливу шкідливих факторів є величина імовірності $P(I)$ пошкодження органів у вигляді

$$P(I) = \sum P_i(I_i T_i), \quad (3)$$

де $P_i(I_i T_i)$ - імовірність пошкодження здоров'я працівника при дії i -го фактора; I_i - інтенсивність дії i -го фактора в разях; T_i - термін дії шкідливого фактора на протязі потенційно-можливого професійного стажу в роках.

Використання виразу (3) для оцінки одночасної дії комплексу шкідливих факторів, якщо навіть вони незалежної дії, на сьогодні неможливо через відсутність даних про імовірність їх на професійні захворювання для більшості шкідливих факторів.

При умові комплексної дії виробничих факторів загальна гігієнічна оцінка умов праці виконується за ступенем шкідливості та небезпечності за найбільш високим класом та ступенем шкідливості.

Співвідношення різних ступенів шкідливості визначає право на пільгове пенсійне забезпечення та отримання компенсацій за роботу у шкідливих умовах праці.

Однак відсутні науково-обґрунтовані дані щодо еквівалентності таких пільг та компенсацій ступеню втрати здоров'я працівників, а також "якості здоров'я" перед та після виходу на пенсію.

У роботі ризик, як фактор імовірності ушкодження здоров'я працівників оцінюється по величині (для стажу в межах 20-25 років)

$$P(I) = P(I_{\text{осн.і}}) + P(\Delta I_j), \quad (4)$$

де $I_{\text{осн.і}}$ - максимальне значення інтенсивності основного фактору, в разях; ΔI_j - додаткова інтенсивність факторів, які усугубляють дію основних факторів, в разях;

Обстеження під час влаштування на роботу та періодичні обстеження не дають відповідь про схильність до підвищеного сприйняття дії шкідливих і небезпечних основних факторів для працівників гірничорудних шахт.

Тому, при підземному видобутку корисних копалин, необхідно враховувати рівні професійного ризику, а також вік і потенційний стаж працівників в шкідливих і небезпечних умовах праці.

Висновки та напрямок подальших досліджень: Оцінка виконується з врахуванням кожного випадку професійного захворювання в конкретній професійній групі працівників. Тому необхідно провести дослідження щодо оцінки ризиків від комплексної дії шкідливих факторів.

Список літератури

1. Krivoy Rog Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases / Professional occupational mobility of workers metallurgical industry of USSR for 1984-1988 / Krivoy Rog, 1990, 75p.
2. Krivoy Rog Research Institute of Hygiene and Occupational Diseases / Analysis of occupational mobility in Dnepropetrovsk region as of 1989 and recommendations for prevention / Krivoy Rog, 1990, 56 p.
3. Ukrainian Research Institute of Industrial Medicine / Collection of statistical data on the occupational mobility of workers of metallurgical complex of Ukraine. Ministry of Industry for the years 1991-1995 // Krivoy Rog - 1996 - 79p
4. Павленко О.І. Ризик розвитку професійної пилової патології легень у працівників основних професій сучасного металургійного виробництва / Павленко О.І. // Український журнал з проблем Медицини праці 1(38), 2014 рік - 3с.
5. Использование биомаркеров в медицине / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://base.safework.ru>
6. Будова хребта / [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://dcdudka.at.ua>
7. Профессиональные заболевания органов слуха / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://medbe.ru>
8. Український НДІ промислової медицини/ Збірник статистичних матеріалів з професійної захворюваності працівників гірничо-металургійного комплексу України за 1998 рік // Кривий Ріг - 1999 рік - 87с.

9. Криворожский НИИ гигиены труда и профзаболеваний/ Анализ професиональной заболеваемости рабочих металлургической и горнодобывающей промышленности Украины за 1992 год и рекомендации по ее профилактике // Кривой Рог, 1993 год – 76с.

10. Медична енциклопедія / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://dic.academic.ru>

11. Вибрационная болезнь / [Електронний ресурс] Режим доступа: <http://www.eurolab.ua>

12. **Dhillon.B.S.** Mine safety. // A Modern Approach. Ottawa, Ontario, March 2010

13. **Муртонен М.** Оценка рисков на рабочем месте- практическое пособие. Тампере, 2007 (Опыт Финляндии. Субрегиональное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии – Москва, 2007

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 622.8:614.8:005

О.Є. ЛАПШИН, А.О. ГУРІН, О.О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, професори,
Б.М. РАДІОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ У ГІРНИЦТВІ

Статтю присвячено підвищенню ефективності управління ризиками в сфері охорони праці та зменшенню виробничого травматизму на гірничодобувних підприємствах. Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Описано сучасні підходи в сфері управління ризиками, наближені до світових стандартів. Задля зменшення ризику нещасних випадків, травматизму та виникнення аварій, з-поміж різноманітних підходів, надається перевага інноваційним технологіям, що передбачають створення систем моніторингу стану пустот і геомеханічного стану масивів гірських порід Кривбасу, а також уніфікованої телекомунікаційної системи диспетчерського контролю і автоматизованого управління гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС). Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Розглянуто питання управління охороною праці на рівні гірничих підприємств шляхом складання планів ліквідації аварій (ПЛА) та розроблення методики оцінки ризику небезпеки на об'єктах гірництва. Стаття визначає необхідність впровадження методології управління ризиками з метою зниження ймовірності настання небезпечних подій, яка має бути взята за основу всіх превентивних заходів в системі Держгірпромнагляду.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Незважаючи на чисельні заходи щодо підвищення безпеки праці в гірництві, рівень травматизму на гірничих підприємствах залишається високим.

Травматизм завдає значної матеріальної і моральної шкоди. Значна роль в підвищенні безпеки праці належить діяльності фахових спеціалістів з охорони праці в гірництві, які зобов'язані розробляти і впроваджувати більш ефективні методи управління охороною праці на рівні світових стандартів.

Виходячи з таких обставин, підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах в гірництві та оцінка ризику травматизму на науковій основі є актуальним завданням спеціалістів в гірничій промисловості.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільш вагомий внесок в галузі управління охороною праці внесли роботи докторів техн. наук, професорів Гогіташвілі Г.Г., Гогунського В.Д., Ткачука К.Н., Романчука А.А.

В їхніх роботах описані сучасні підходи і міжнародний досвід щодо управління охороною праці, детально висвітлено підхід OHSAS (системи управління гігієною та безпекою праці). Втім, у роботах вищезазначених науковців, не приділено достатньо уваги управлінню охороною праці в гірничо-металургійному виробництві, як найбільш техногенно-небезпечному, з огляду на рівень виробничого ризику та аварій.

Постановка завдання. Впровадження сучасних методів управління ризиками в сфері охорони праці на гірничих підприємствах за світовими стандартами.

Викладання матеріалу та результати. У теперішній час охорона праці в гірничій галузі опрацьовується і функціонує в межах підприємств всіх форм власності.

Власники гірничих підприємств несуть повну відповідальність за створення безпечних умов праці для працюючих, а також за випадки виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій на виробництві. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципі пріоритету життя і здоров'я працюючих по відношенню до результатів виробничої діяльності.

Законодавством передбачено використання економічних методів управління охороною праці, промисловою безпекою та охороною навколишнього природного середовища, виконання вимог нормативно-правових актів з охорони праці та пожежної безпеки незалежно від форм власності гірничого підприємства [1].

З метою комплексного розв'язання проблем у сфері охорони праці, формування сучасного безпечного та здорового виробничого середовища, мінімізації ризиків виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій на виробництві затверджено Загальнодержавну соціальну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки [2]. Виконання Програми дасть змогу мінімізувати ризики виробничого травматизму, професійних захворювань та аварій на виробництві.

Ефективність виконання Програми забезпечується шляхом оптимізації матеріально-технічних, фінансових, трудових витрат, спрямованих на поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища.

Зокрема, в гірництві передбачається застосування інноваційних технологій у сфері охорони праці та промислової безпеки: розроблення техніко-економічного обґрунтування, створення геоінформаційної системи моніторингу стану пустот і геомеханічного стану масивів порід «ГІС-Кривбас», а також постійно діючої тривимірної геолого-маркшейдерської та тектонічної моделі Кривбасу [3].

Серед радіоелектронної продукції, призначеної для комплектування систем комплексної безпеки загальношахтної системи – уніфікованої телекомунікаційної системи диспетчерського контролю і автоматизованого управління гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС) [4].

До цієї системи входять датчики контролю навколишнього середовища шахти: датчики метану, кисню (двоокису) вуглецю, кисню, водню, сірководню, граничних і неграничних вуглеводнів, швидкості повітряного потоку, температури навколишнього середовища для контролю параметрів довкілля і стану гірничошахтного обладнання на всіх дільницях шахти.

Датчики і пристрої можуть застосовуватися на шахтах будь-якої категорії небезпеки по газу і пилу, які адаптовані на будь-якому вітчизняному та іноземному обладнанні і широко застосовуються на вугільних шахтах України (60 000 датчиків і пристроїв), а річними програмами розвитку гірничих робіт гірничорудних підприємств передбачається проектування УТАС на шахтах Кривбасу.

Система УТАС може включати в себе наступні підсистеми, орієнтовані на управління і контроль всіх технологічних дільниць шахти: параметрами навколишнього середовища шахти; транспортного ланцюга (конвеєри, бункери, живильники та інші) від вибою і до стволу шахти; керування роботою вентиляторів місцевого провітрювання; параметрами видобувних і прохідницьких комплексів; параметрами дегазації; високовольтними розподільчими пристроями; установками головного водовідливу; вентиляторів головного провітрювання; технологічним комплексом навантаження вугілля (руди); керування роботою поверхневих об'єктів.

Ці системи розпізнають і прогнозують виникнення попередніх і аварійних ситуацій на початкових стадіях, шляхом безперервного контролю параметрів роботи гірничошахтного обладнання і навколишнього середовища для вирішення завдання підвищення рівня безпеки комплексно і в повному обсязі для всього технологічного циклу шахти. Керівний персонал шахти бачить всі процеси, які відбуваються на гірничошахтному обладнанні і в шахтних виробках в реальному часі, у вигляді мнемосхем і на моніторі у себе в кабінеті.

Перевагою таких систем є те, що вони здійснюють випереджувачий контроль параметрів навколишнього середовища і роботи гірничошахтного обладнання всіх дільниць шахти, і на базі даних, які постійно накопичуються і обробляються, приймаються рішення з керування обладнанням, тобто попереджують появлення аварійних ситуацій.

Перевагою системи УТАС є і те, що вона є відкритою системою, тобто під час виникнення необхідності розширення функцій або доукомплектування її новими пристроями, це не викли-

кас ніяких технічних ускладнень. Всі датчики і пристрої виконані на сучасній елементній базі у вибухо- та іскробезпечному виконанні, мають сучасний дизайн, малі габарити і вагу, не мають інших вітчизняних аналогів, а з урахуванням адаптованості до специфічних умов експлуатації у вітчизняних шахтах – і в світі [4,5].

Серед заходів з поліпшення умов і гігієни праці передбачається визначення ризику виникнення випадків виробничого травматизму і професійних захворювань на підприємствах залізничної, металургійної та гірничодобувної промисловості. В роботі з управління охороною праці на гірничих підприємствах необхідно керуватися наступними нормативно-правовими документами:

Закон України «Про охорону праці»;

Кодекс законів України про працю;

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»;

Гірничий закон України та прийняті відповідно до них нормативно-правові акти.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці [1].

Проблемою в системі менеджменту охорони праці на гірничих підприємствах є те, що вона побудована на принципах реагування на небезпечні випадки, що вже трапились, а не на принципах «попереджуючих дій», що не дозволяє визначити найбільш важливі і першочергові профілактичні заходи з охорони праці. Такий підхід призводить до нераціонального розподілу і витрат часу, матеріальних і фінансових ресурсів, які виділяються на охорону праці відповідно до вимог законодавства.

Управління ризиками націлює охорону праці на небезпечні ситуації, не дозволяючи їм перетворюватися в небезпечні події.

Методологія управління ризиками, метою якої є зниження ймовірності настання небезпечних подій, повинна бути взята за основу всіх превентивних заходів в умовах складної політичної ситуації та у зв'язку з обмеженням наглядової діяльності територіальних управлінь Державної служби гірничого нагляду та промислової безпеки.

Ситуація наразі ускладнюється соціальною напруженістю, коли працівники гірничих підприємств нехтують власною безпекою під час виконання своїх обов'язків, саме тому важливим є пропаганда безпечної праці. В теперішніх реаліях безпека виробництва та гірників залежить від належного здійснення відомчого нагляду на гірничих підприємствах. Питання охорони праці потребують постійного контролю роботодавця.

Важливим інструментом в справі управління охороною праці є Закон від 05.06.2014р «Про стандартизацію», який прийнятий з метою удосконалення правових та організаційних засад національної системи стандартизації та приведення її у відповідність з європейською моделлю. Він передбачає створення нової національної системи стандартизації, що відповідатиме сучасним вимогам, зокрема створенню організаційних форм діяльності у сфері стандартизації відповідно до міжнародної та європейської практики.

Відповідно до цього Закону, метою стандартизації є забезпечення охорони життя та здоров'я працівників. Вдосконалюються також процедури видачі документів дозвільного характеру, оформлених центральними органами виконавчої влади «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо скорочення кількості документів дозвільного характеру» від 09.04.2014 № 1193-VII та «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності». Разом із цими документами в частині третій статті 21 Закону України «Про охорону праці» доповнено змістом «Одержання дозволу не вимагається у разі застосування устаткування підвищеної небезпеки, яке прийнято в експлуатацію з видачею відповідного сертифікату або щодо якого зареєстровано декларацію про готовність до експлуатації, а також у разі реєстрації машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони праці».

Відповідно до цього принципу видача (переоформлення, видача дублікатів, анулювання) документів дозвільного характеру суб'єктам господарювання, реєстрація декларацій здійснюється у визначеному законодавством порядку виключно через дозвільний центр.

Зазначені зміни базових норм актів спонукали Державну службу гірничого нагляду та промислової безпеки України опрацювати проект положення про Службу та опрацьовувати зміни до «Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 р. № 1107 [6].

Необхідно абсолютно точно визначити найбільш вразливі підприємства, виробничі об'єкти та робочі місця з огляду на аварії та нещасні випадки, що на них сталися. І саме на них концентрувати свої зусилля. Тому знову постає питання про необхідність активної пропаганди та поступового впровадження системи оцінки виробничих ризиків. З іншого боку, до суб'єктів перевірок необхідно відноситися максимально толерантно, діяти виключно в межах чинного законодавства, професійно та кваліфіковано.

Для досягнення широкого впровадження методів управління у сфері охорони праці на гірничорудних підприємствах є актуальним і доцільним формування робочих груп з представників центральних органів влади, бізнесу, наукових працівників і провідних експертів у сфері систем менеджменту. Це одна з головних задач.

У той же час є актуальним проведення науково-практичних конференцій, на яких обговорюватимуться злободенні питання теорії і практики впровадження в управлінські системи менеджменту охорони праці і промислової безпеки на вітчизняних підприємствах з урахуванням кращих світових практик з оцінки і управління ризиками. Цей досвід цікавий і дуже необхідний підприємствам гірничо-металургійного комплексу, оскільки оцінка ризиків в усьому світі визнана найбільш ефективним інструментом в контексті запобігання виробничих аварій і травматизму. Очевидним є факт, що запобігати можливі гірничі аварії і травмування працівників набагато дешевше, ніж ліквідувати їх наслідки.

Отже, методологія управління ризиками, метою якою є зниження ймовірності настання небезпечних подій, взята за основу всіх світових стандартів у сфері систем менеджменту екології і охорони праці. Нагальною є потреба вирішення питань щодо впровадження методів управління ризиками в сфері охорони праці на підприємствах гірничо-металургійного комплексу.

Щодо забезпечення безпеки експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки, у тому числі і гірничо-металургійного комплексу набуто певний вітчизняний досвід.

В Україні під час складання декларації безпеки виробничого об'єкта здійснюється дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварії на виробництві з урахуванням: підстав для застосування фізико-математичних моделей і методів розрахунку; підстав для обрання сценаріїв виникнення та розвитку аварій; правильності та достовірності виконаних розрахунків рівня ризику і оцінки наслідків аварій; повноти врахування факторів, що впливають на кінцеві результати для обґрунтованості результатів; дослідження ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику та обґрунтованості та достатності рішень, прийнятих на основі аналізу рівня ризику, для зниження його до прийнятної величини, готовності до дій з локалізації і ліквідації наслідків аварій у вигляді експертного висновку.

Експертний висновок повинен бути конкретним, об'єктивним, аргументованим і доказовим, з зазначенням назви розділу документу, сторінки та пункту, щодо змісту якого вони робляться і супроводжуються посиланнями на вимоги відповідних нормативних документів та у разі потреби на науково-технічні і довідкові видання.

Результатами аналізу ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику є: умови виникнення та розвитку імовірних аварій, перелік факторів і основних причин, що сприяють виникненню та розвитку аварій; найменування та сумарна маса небезпечних речовин, що спричинять аварії; розміри імовірних зон дії виражальних факторів; стислий опис сценаріїв імовірних аварій з урахуванням умови їх виникнення та розвитку; перелік моделей і методів розрахунку, що застосовуються під час дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику; дані про ступінь небезпеки та рівень ризику, а також ймовірність заподіяння шкоди населенню та довкіллю, очікувані збитки [7].

Вітчизняним законодавством визначені правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язані з об'єктами шляхом запобігання їх виникненню, обмеження (локалізації) розвитку і ліквідації наслідків.

Об'єкт підвищеної небезпеки визначається у вітчизняному законодавстві як об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або

кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки здійснюється за порядком визначення об'єктів підвищеної небезпеки серед потенційно небезпечних.

Таким чином, відповідно до вимог законодавства адміністративно-технічний персонал зобов'язаний: вживати заходів, направлених на запобігання аваріям, обмеження і ліквідацію їх наслідків та захист людей і довкілля від їх впливу; повідомляти про аварію, що сталася на об'єкті підвищеної небезпеки, і заходи, вжиті для ліквідації її наслідків, органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування та населення; забезпечувати експлуатацію об'єктів підвищеної небезпеки з додержанням мінімально можливого ризику; виконувати вимоги законодавства та інших нормативно-правових актів, які регулюють діяльність об'єктів підвищеної небезпеки.

Ці посадові особи також ідентифікують об'єкти підвищеної небезпеки відповідно до кількості порогової маси небезпечних речовин, які встановлюються Кабінетом Міністрів України. Кабінет Міністрів України визначає порядок ідентифікації, форму та зміст оповіщення про її результати і на основі ідентифікаційних даних затверджує класифікацію об'єктів підвищеної небезпеки і порядок їх обліку. Власник підприємства готує і подає до місцевих органів виконавчої влади декларацію об'єкта підвищеної небезпеки.

Відповідальність адміністративно-технічного персоналу (суб'єкт господарювання) за стан охорони праці на підприємстві полягає в наступному. Суб'єкт господарювання несе відповідальність за достовірність даних, наведених у декларації безпеки.

Порядок розроблення декларації безпеки, її зміст, методика визначення ризиків та їх прийнятні рівні встановлюються Кабінетом Міністрів України. Подання декларації безпеки або іншої звітної документації не звільняє суб'єктів господарської діяльності від державного нагляду і контролю за їх діяльністю.

У порядку реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру суб'єкт господарської діяльності, а також підприємства, установи гірничо-металургійного комплексу одночасно з розробленням декларації безпеки розробляють і затверджують план локалізації і ліквідації аварій для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який вони експлуатують або планують експлуатувати.

Категорії аварій на об'єктах підвищеної небезпеки залежно від їх наслідків визначає Кабінет Міністрів України. Ці плани погоджують центральні органи виконавчої влади, що забезпечують формування та реалізують державну політику у сферах цивільного захисту, пожежної і техногенної безпеки.

Плани локалізації і ліквідації аварій переглядаються кожні 5 років, а також і до закінчення 5 років з дати його розроблення у разі: змін в умовах діяльності суб'єкта господарської діяльності незалежно від їх причин, що призводять до необхідності зміни відомостей, які містяться у плані локалізації і ліквідації аварій; внесення змін до чинних або прийняття нових нормативно-правових актів, що впливають на зміст плану; висунення обґрунтованих вимог щодо плану органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування [8].

Порядок проведення аналізу небезпеки та оцінки ризику об'єктів підвищеної небезпеки визначає відповідна методика [9], що встановлює методичні принципи, терміни і поняття аналізу ризику, визначає критерії прийнятних ризиків та їх рівні.

Ця методика призначена для: розробки декларації безпеки об'єктів підвищеної небезпеки; прийняття рішень щодо розташування та експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки; розробки заходів щодо запобігання аварій та підготовки до реагування на них; визначення обсягу відповідальності та страхових тарифів при страхуванні цивільної відповідальності суб'єктів господарювання за шкоду, що може бути заподіяна аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки відповідно до вимог законодавства.

Аналіз небезпеки й оцінка ризику виконується в повному обсязі для об'єктів підвищеної небезпеки першого класу відповідно до Методики. Для об'єктів підвищеної небезпеки другого класу визначаються тільки масштаби небезпеки.

Методика може застосовуватися також для оцінки рівня ризику й експертизи рішень з безпеки потенційно-небезпечних об'єктів, у тому числі під час: розробки нових технологій та

конструювання обладнання; проектування та розташування нових виробництв; реконструкції діючих виробництв; експертизи діючих виробництв і тих, що реконструюються та проектуються; розробки планів локалізації та ліквідації аварій; організації страхового захисту майна підприємств; розгляду конфліктів між суб'єктом господарювання, що експлуатує чи планує експлуатацію потенційно небезпечного об'єкту, та будь-якими зацікавленими сторонами, для яких аварії на об'єктах підвищеної небезпеки можуть мати негативні наслідки [10].

Висновки і подальший напрямок досліджень. Удосконалення системи управління охороною праці на гірничих підприємствах здійснюється шляхом підвищення діяльності відомчого нагляду і громадського контролю за її станом в межах державної політики щодо підвищення безпеки, гігієни праці і виробничої санітарії.

З метою комплексного розв'язання проблеми в сфері охорони праці на гірничих підприємствах, формування сучасного безпечного та здорового виробничого середовища передбачається підвищення діяльності структурних підрозділів з охорони праці шляхом впровадження механізму економічного стимулювання роботодавців і персоналу. Підвищення культури виробництва та загального рівня охорони праці на гірничих підприємствах досягається шляхом розроблення і впровадження сучасних технологій. Зменшення ризиків виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій досягається за рахунок профілактичних заходів.

Список літератури

1. Закон України «Про охорону праці». К.: Основа. 2004 – с. 28, 29.
2. Загальнодержавна соціальна програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 роки. Відомості Верховної Ради України. К.: 2013. - С. 112.
3. **Спирин В.Ф.** УТАС: уверенные шаги вперед / **В. Ф. Спирин** // Технополис. – Дн-ск.: - 2014. – № 208. – С.14-19.
4. **Спирин В.Ф.** УТАС – новый уровень впровадження. УТАС: уверенные шаги вперед / **В. Ф. Спирин** // Технополис. – Д.: - 2014. – № 209. – С. 40-43.
5. ДСТУ OHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці. – К.: 2011. – С. 2.
6. **Фандєєв О.** Держгірпромнагляд: напрямки - європейські стандарти/ **О. Фандєєв** // Технополис. – Д.: - 2014. - № 212. – С. 6-13.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 р. № 956. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки/ Урядовий кур'єр. – К.: - № 133. – 2002.
8. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»/ Відомості Верховної Ради. – К.: № 15. – 2001. – с. 73.
9. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Наказ № 637 Міністерство праці та соціальної політики від 04 грудня 2002. Основа. - К.: - 192 с.
10. **Бизов В.Ф., О.Є. Лапшин.** Охорона праці в галузі/ **В.Ф. Бизов, О.Є. Лапшин**// Мінерал. – Кривий Ріг.: 2001.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.316.001.57

М.Л. БАРАНОВСКАЯ, В.К. ТЫТЮК, кандидаты. техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОЗЗ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-35 кВ

На математической модели распределительной сети с изолированной нейтралью исследованы переходные процессы при горении перемежающейся дуги. Установлено, что на характер переходных процессов определяющее влияние оказывает сопротивление цепи замыкания на землю, которое состоит из суммы сопротивлений: сопротивления дуги и сопротивления пути обратного тока в земле или в оболочках кабелей. Доказано, что дуга является коммутатором и замыкает поврежденную фазу на землю через некоторое установившееся сопротивление R . При анализе корней характеристического уравнения видно, что свободная составляющая в переходном процессе имеет две составляющих: апериодическую и периодическую, величина амплитуд которых зависит от значения сопротивления цепи замыкания на землю. В зависимости от величины переходного сопротивления переходные процессы могут протекать с одним или несколькими переходами тока через нуль; существуют такие значения переходного сопротивления, которые являются границами между одним и двумя высокочастотными переходами тока через нуль. Известные теории развития перенапряжений следует рассматривать как частные случаи предложенной обобщенной теории, в которой гашение дуги возможно при первом или последующих переходах тока ОЗЗ через нуль, а повторные зажигания дуги в первоначальных циклах горение-гашение - при постоянном напряжении.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ), возникающие в распределительных сетях 6-10 кВ с изолированной нейтралью являются преобладающим видом повреждений и составляют более 75 % от общего числа повреждений. Перенапряжения при ОЗЗ снижают электрическую прочность изоляции кабелей, приводят к их пробой, множественным повреждениям. Это вызывает отказ в работе электрооборудования, длительные простои технологического оборудования, дополнительные расходы на его восстановление и, в конечном счете, к уменьшению производительности предприятия [1,2].

Анализ исследований и публикаций. В распределительных сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) вызывают перенапряжения. Известны несколько теорий развития перенапряжений: Петерсена, Петерса и Слепяна, Н.Н.Белякова [3-5].

В реальных сетях переходные процессы в различные моменты времени могут соответствовать каждой из теорий и определяться параметрами сети (индуктивность L , емкость фаз относительно земли C , междуфазная емкость C_m и др.) и параметрами в цепи замыкания на землю (активное сопротивление в цепи R).

Постановка задачи. Для определения областей параметров, в которых процесс развивается по той или иной теории в поврежденной фазе при дуговых ОЗЗ, проведены расчеты на математической модели симметричной трехфазной сети.

Изложение материала и результаты. Сопротивления цепи замыкания на землю состоит из суммы сопротивлений: сопротивления дуги R_d и сопротивления пути обратного тока в земле или в оболочках кабелей R_o .

Сопротивление дуги является нелинейным и его установившееся значение зависит от многих факторов, которые определяются не только параметрами сети L и C , но и средой, в которой горит дуга. Величина сопротивления R_o зависит от конструктивного исполнения ЛЭП, характера и места повреждения.

В кабельных сетях около 90 % обратного тока протекает по оболочкам кабелей и R_o может составлять несколько Ом. Сопротивление дуги в процессе горения изменяется нелинейно и зависит от тока дуги.

Время перехода от токов замыкания к токам пробоя - микросекунды, следовательно, процесс загорания дуги протекает очень быстро и изменение $i=f(U)$ происходит по динамической вольтамперной характеристике.

Сопротивление дуги падает быстрее, чем растет ток. Практически сопротивление в дуге уменьшается очень быстро до установившегося значения, что позволяет рассматривать переходный процесс в сети с сопротивлением R , равным сумме установившегося сопротивления дуги и сопротивления цепи замыкания на землю.

Таким образом, дуга является коммутатором и замыкает фазу на землю через некоторое установившееся сопротивление R .

В литературе приведено интегральное распределение сопротивлений в месте замыкания в сетях железорудных карьеров, из которого следует, что вероятность возникновения ОЗЗ через различные сопротивления неодинакова.

Наибольшая вероятность возникновения ОЗЗ с переходным сопротивлением 0-200 Ом. В [88] производилось экспериментальное измерение сопротивления каналов дуги при пробое или перекрытии изоляции.

При этом установлены зависимости между сопротивлением дуги и емкостью сети и делается вывод о том, что в характере протекания переходного процесса определяющим фактором является величина активного сопротивления в цепи ОЗЗ, следовательно, этот же фактор определяет уровни перенапряжений при перемежающейся дуге.

Сопротивление в цепи ОЗЗ обуславливает затухание амплитуд токов и напряжений поврежденной и неповрежденных фаз, а также определяет полноту замыкания на землю.

В математических моделях авторы принимали сопротивление цепи замыкания на землю разным по величине: 1000 Ом, $4 \div 12$ Ом, $1 \div 10$ Ом.

В одном источнике сопротивление оцениваются $R_o=4,12,50,60,80,500$ Ом, а в другом - сопротивлением дугового промежутка предложено пренебречь, поскольку оно небольшое (в пределах нескольких Ом) по сравнению с сопротивлением фаз относительно земли и сопротивлением фаз трансформатора напряжения.

Для исследований перенапряжений в качестве модели сети принята схема замещения (рис. 1).

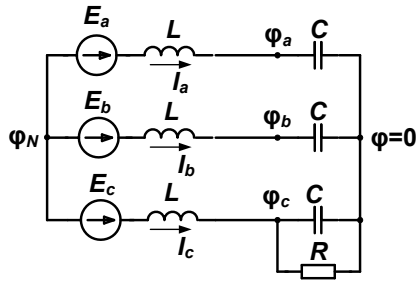


Рис. 1. Схема замещения трехфазной сети с изолированной нейтралью: C - емкости фазы относительно земли; L - эквивалентная индуктивность фазы; R - суммарное активное сопротивление цепи замыкания на землю; e_a, e_b, e_c - фазные э.д.с. источника; $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c$ - потенциалы фаз относительно земли; φ_N - потенциал нулевой точки источника

Схема замещения описывается системой дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} C \frac{d\varphi_a}{dt} + \frac{1}{L} \int \varphi_a dt - \frac{1}{L} \int \varphi_N dt &= \frac{1}{L} \int e_a dt; \\ C \frac{d\varphi_b}{dt} + \frac{1}{L} \int \varphi_b dt - \frac{1}{L} \int \varphi_N dt &= \frac{1}{L} \int e_b dt; \\ C \frac{d\varphi_c}{dt} + \frac{1}{L} \int \varphi_c dt + \frac{1}{R} \varphi_c - \frac{1}{L} \int \varphi_N dt &= \frac{1}{L} \int e_c dt; \\ \frac{3}{L} \int \varphi_N dt - \frac{1}{L} \int \varphi_a dt - \frac{1}{L} \int \varphi_b dt - \frac{1}{L} \int \varphi_c dt &= -\frac{1}{L} \int (e_a + e_b + e_c) dt, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Характеристическое уравнение данной системы

$$p^3 + \frac{1}{CR} p^2 + \frac{1}{LC} p + \frac{1}{3LC^2 R} = 0. \quad (2)$$

Решением уравнения (2) являются один действительный и два комплексно-сопряженных корня

$$p_1 = -\omega_0 \frac{1}{3R_*} (1 - \alpha_* - \beta_*); \quad p_{2,3} = -\omega_0 (\delta_* \pm j\omega_{k*}),$$

где $\omega_0 = \frac{1}{LC}; R_* = \frac{R}{\rho}; \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}; \alpha_* = \sqrt[3]{-1 + 3\sqrt{3}R_*^2 \sqrt{R_*^2 + \frac{1}{3R_*^2}} - 1};$

$$\beta_* = \sqrt[3]{-1 - 3\sqrt{3}R_*^2 \sqrt{R_*^2 + \frac{1}{3R_*^2}} - 1}; \quad \delta_* = -\frac{1}{3R_*} \left(1 + \frac{\alpha_*}{2} + \frac{\beta_*}{2} \right);$$

$$\omega_{k*} = \frac{1}{2\sqrt{3}R_*} (\alpha_* - \beta_*).$$

Анализируя корни видно, что свободная составляющая в переходном процессе имеет две составляющих: аperiodическую $A_1 e^{p_1 t}$ и периодическую $A_2 e^{\delta_* t} \sin(\omega_{k*} t + \nu)$, величина амплитуд которых зависит от значения R [6,7].

При исследовании установлено, что амплитуда периодической составляющей A_2 не зависит от параметров L, C в любом диапазоне частот собственных колебаний; а зависит от значения R_* и момента замыкания на землю; амплитуда аperiodической составляющей A_1 практически не зависит.

В зависимости от величины переходного сопротивления R_* переходные процессы могут протекать с одним или несколькими переходами тока через нуль; существуют такие значения \tilde{R}_* , которые являются границами между одним и двумя высокочастотными переходами тока через нуль. От частоты ω_0 для $R_* < \sqrt{3}/2$.

Зависимость $\tilde{R}_* = f(f_0)$ представлена в [6]. Если $R_* < \tilde{R}_*$, то режим можно характеризовать как колебательный, поскольку за время полупериода сети будет два и более высокочастотных переходов тока замыкания через нуль. Если $R_* > \tilde{R}_*$, то режим можно характеризовать одним высокочастотным переходом тока замыкания через нуль.

При значениях R_* , лежащих выше кривой «*авв2*» [6], будет лишь один переход тока ОЗЗ через нуль, при R_* , лежащих ниже этой кривой - два и более высокочастотных переходов через нуль.

Величина времени от момента зажигания дуги до момента первого перехода тока ОЗЗ через нуль в поврежденной фазе t_{01} и коэффициент затухания переходного процесса $k_g = e^{\delta t_{01}}$ определены в работе [6].

Вероятность гашения дуги и уровни перенапряжений зависят от скорости изменения тока при переходе через нуль.

Увеличение этой скорости уменьшает вероятность появления перенапряжений. С увеличением сопротивления цепи замыкания на землю R_* скорость изменения тока при переходе через нуль уменьшается.

Выполнены расчеты при горении дуги при изменении параметров распределительной сети в широком диапазоне ($f_0=250\div 2250$ Гц) и цепи ОЗЗ ($R R = 0 \div 100$ Ом).

Выводы и направление дальнейших исследований. 1. В предыдущих исследованиях не в полной мере учитывались фактические параметры распределительных сетей и сопротивление цепи замыкания на землю и не представлялось возможным с необходимой точностью разработать комплекс мер по ограничению перенапряжений при ОЗЗ, влияние которых приводит к преждевременному выходу из строя электрооборудования, длительному простоем технологического оборудования, повышению эксплуатационных расходов на его восстановление и снижению производительности предприятий в целом.

2. Разработанная математическая модель распределительной сети 6-35 кВ позволила с помощью математического аппарата оценить значимость и влияние сопротивления цепи замыкания на землю на характер протекания переходных процессов при ОЗЗ.

3. В сетях с высокой частотой собственных колебаний свободные составляющие затухают, как правило, за время меньше четверти периода сети ($T_c/4$), а в сетях с низкой частотой собственных колебаний переходный процесс длится значительно большее время $(0,5-1,5)T_c$, длительность которого определяется сопротивлением цепи замыкания R_* .

4. В области частот собственных колебаний $f_0 > 529,3$ Гц при $R_* > \tilde{R}_*$ к моменту перехода тока через нуль переходный процесс полностью затухает. Это подтверждает, что при данных значениях R_* переходный процесс может развиваться по теории Петерса и Слепяна.

При значениях $R_*(R_* < 0,23)$ во всем диапазоне частот собственных колебаний погасание дуги может произойти при первом, втором или третьем переходе через нуль.

Переходный процесс может развиваться как по теории Петерсена, так и по теории Белякова, в зависимости от характера процесса восстановления.

5. В области частот $529,3 < f_0 < 1424,5$ Гц для R_* , ограниченных кривыми «*аб*» и «*бв*» [6], переходной процесс имеет колебательный характер (по теории близкой к теории Петерсена).

6. Принимая, что гашение дуги происходит в процессе некоторого n -го перехода тока ОЗЗ через нуль при постоянном напряжении зажигания дуги в нескольких начальных циклах горения-гашения, известные теории развития перенапряжений можно рассматривать как частные случаи данной теории [7].

Список литературы

1. Серов В.И., Щуцкий В.И., Ягодаев Б.М. Методы и средства борьбы с замыканием на землю в высоковольтных системах горных предприятий. М.: Наука, 1985.
2. Беляков Н.Н. Исследование перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6 и 10 кВ с изолированной нейтралью. Электричество, 1957. - №5, С. 31-36.
3. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. -М.: Энергия, 1971. -152 с.
4. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения в электрических системах. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 464 с.
5. Щуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1986. -152 с.
6. Барановская М.Л. Моделирование переходных процессов в поврежденной фазе при замыкании на землю // Книга за матеріалами четвертої міжнар. конф. "Контроль і управління в технічних системах" (КУТС-97). - Том 1. - Вінниця: "УНІВЕРСУМ-Вінниця", - 1997. - С. 116-122.
7. Барановская М.Л., Иончиков А.Н. Анализ теорий оценки уровней перенапряжений при дуговых замыканиях на землю // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2006.-№90. –С.184-187.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

ОЦІНКА СТАНУ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ТЕРИТОРІЯХ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

Ефективна експлуатація родовищ корисних копалин потребує постійного контролю геомеханічного стану масиву гірських порід. На основі аналізу результатів проведених досліджень встановлені залежності між виробничо-технологічними процесами та розподілом геоелектричних потенціалів. Методи, що ґрунтуються на вимірюваннях природного електричного потенціалу, можуть бути застосовані для спостереження та контролю за станом суцільності масиву під час проведення гірничих робіт, бортів кар'єрів при відкритій розробці родовищ корисних копалин. Зміна геоелектричних параметрів відображає процеси деградації чи консолідації приповерхневого геологічного середовища та дає змогу прогнозування розвитку процесів розповсюдження аралів засолення та забруднення водоносних горизонтів.

Постановка проблеми. Визначення стійкості земляних схилів та оцінювання напруженого стану гірських порід є однією з основних задач при проектуванні, будівництві та експлуатації споруд з ґрунтових насипних матеріалів, а також при спорудженні відкритих гірничих виробок та каналів. Руйнування схилів таких об'єктів супроводжується зсуванням гірських порід у межах штучного насипу або у природному схилі. Вирішення даної проблеми дає можливість встановити раціональний профіль споруд, який забезпечуватиме їх надійну стійкість у всьому діапазоні навантажень. За результатами визначення стійкості можна одержати картину розподілу напружень у масивах гірських порід унаслідок впливу різних геологічних чинників та механічних навантажень.

Процес видобутку корисних копалин відкритим способом призводить до суттєвих змін природного стану довкілля, що проявляється у порушенні стійкості бортів кар'єру, порушенні гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод, просіданні земної поверхні над шахтними гірничими виробками.

Мета досліджень. Теоретично обґрунтувати та експериментально визначити протяжність напружених зон зсувів на основі досліджень механоелектричних перетворень в гірських породах.

На основі проведених електромагнітних досліджень територій виявити порушення гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод, зумовлених потраплянням високо мінералізованих розсолів від джерел засолення (солевідвали, акумулюючі басейни, хвостосховища) у водоносні горизонти.

Викладення основного матеріалу. Масив гірських порід в межах родовищ корисних копалин - це складна блочна конструкція, механічний, фазово-фізичний і напружений стан якої визначається як законами формування земної кори, так і впливом гірничих робіт. Гірські породи, знаходячись в напруженому стані, концентрують в дефектах структури електричні заряди, а, починаючи з ранніх стадій розвитку деформацій, випромінюють електричну енергію [1,2].

Природне електричне поле є носієм інформації про глибинні явища в надрах Землі і це має не тільки практичне значення для виявлення напруженого стану масиву, але й наукове, пов'язане з пізнанням змін властивостей порід під дією механічних напружень, а саме: зростання й зміна дефектів, тріщин, зміна пористості та їх зв'язок з електричними явищами.

Електричні поля власної поляризації спостерігаються на контакті різних гірських порід в межах родовищ корисних копалин, а саме у фільтраційно-відновлювальних реакціях, які відбуваються на поверхні контакту мінералів і навколишнього природного середовища: дифузійно-адсорбційних процесах, що відбуваються на контакті пластових вод з твердою поверхнею мінералу; дифузійних процесах, що виникають під час змішування розчинів вод з різним рівнем мінералізації.

Усі механоелектричні явища, пов'язані з перетворенням механічної енергії в енергію електричного поля. Поряд з ними існує низка явищ, пов'язаних із зміною параметрів електричного поля при зміні напруженого стану гірських порід, які можуть впливати на величину і зміну потенціалу електричного поля поверхні масиву. При зміні механічних напружень змінюється пористість гірських порід, кількість дефектів, що призводять до зміни провідності окремих ділянок масиву.

Розробка родовищ корисних копалин викликає перерозподіл природних напружень в гірському масиві і деформацію масиву під впливом цих напружень.

Мінерали та гірські породи в переважній більшості є діелектриками, що містять домішки, пори, заряджені дислокації. Під впливом зовнішнього джерела енергії виникає збудження структури та порушення стану рівноваги. Механічні напруження в породах-діелектриках спричинюють накопичення електричного заряду на поверхні. Механоелектричні перетворення, які відбуваються на границі твердої фази породи та рідини або в твердій фазі, є джерелом електромагнітного поля Землі. Гірські породи зазнають впливу механічних напружень та їх релаксації. До певної величини напружень породи зазнають впливу пружних деформацій, які при певній критичній границі переходять в залишкові деформації. В результаті зовнішньої механічної дії в породах відбувається прискорений рух елементарних частинок, який викликає електричні, електродинамічні, магнітні сили і виводить породу зі стану рівноваги. Зі збільшенням механічного навантаження зростає напруженість електричного поля.

Зміни природного електричного поля на поверхні гірського масиву виникають внаслідок багатьох факторів, зокрема потенціалу течії, випаровування вологи з поверхні масиву, адсорбційних процесів на границі твердої і рідкої фаз, різниці потенціалів на границі двох різнорідних матеріалів, внаслідок окислювально-відновлювальних реакцій.

Величина і зміна геоелектричного поля в крайових зонах гірничих масивів відображає їх геомеханічний стан. Зміна потенціалу природного стаціонарного електричного поля відповідає зміні першого інваріанта тензора напруг, тобто існує кореляційний зв'язок між механічними напруженнями та електричним потенціалом [3]. Основна причина цього явища полягає у електричній неоднорідності гірських порід, що виникає внаслідок перерозподілу механічних напружень та утворення зон відтиску і опорного тиску в крайній зоні масиву поблизу контурів гірничих виробок. Отже, будь яка зміна геомеханічного стану масиву викликає зміну напруженості електричного поля. За даними вимірювань геоелектричних потенціалів на поверхні Землі, можна одержати достатньо інформації про стан масиву гірських порід, не вдаючись до буріння свердловин та інших традиційних способів.

Природні електричні поля у рудних родовищах, зокрема під час проведення гірничих робіт, змінюються внаслідок руйнування суцільності масиву і появи зон, пов'язаних із підвищеними і пониженими механічними напруженнями. Вимірюваннями природних електричних полів при визначенні зсувів гірських порід в результаті їх підробки зареєстровані значні коливання перепаду потенціалу природного електричного поля на границях виробленого простору.

Дослідження характеристик процесу зсуву порід і зміни потенціалу природного електричного поля проводились над зруйнованими калійними виробками Калуського гірничо-промислового району. При підземній розробці родовищ виникає зсув вищезалігаючої підробленої товщі гірських порід, який відбувається у формі послідовного прогину шарів порід у бік виробленого простору. Методи геометричних спостережень за зміщенням реперів на профільних лініях в зонах зсуву відображають тільки картину механічних зміщень точок поверхні, але вони не відображають стан зміни геофізичних полів.

Геоелектричне поле завдяки високій техніці вимірювання електричних параметрів та автоматизації їх обробки, дозволяє отримати повну інформацію про динаміку процесів зсуву, з більшою надійністю визначати небезпечні фази і області цього процесу. Зсувні товщі виділяються різноманітним характером зсуву і напруженого стану порід. У перший період, коли вибій лави відходить на незначну відстань від масиву, покрівля пласта знаходиться у стійкому стані, її зсув у вигляді прогину відбувається повільно і вимірюється малими величинами. Зі збільшенням відстані відходу лави швидкість і величина прогину покрівлі пласта збільшуються, у зсув втягуються вищележачі шари порід, а потім і земна поверхня.

За даними спостережень (при глибинах робіт до 500 м) зсув порід розповсюджується до земної поверхні. При подальшому відході вибою лави, прогин шарів порід і земної поверхні збільшується і досягає максимуму, коли він відходить на відстань 1,4Н, де *H* - глибина розробки. Зі збільшенням прогину збільшується деформація шарів та порушується їх суцільність. В шарах, розміщених близько до розроблюваних пластів, утворюються тріщини і розломи. Одночасно із зсувом товщі відбувається перерозподіл пружного стану порід з виникненням зон опорного тиску і зон розвантаження.

Для оцінювання пружного стану масиву гірських порід, його зміни в часі та зміни внаслідок проведення гірничих робіт застосовують метод природного електричного поля, який відзначається оперативністю та інформативністю. Границі мульди зсуву на земній поверхні визна-

чаються за граничними кутами (зовнішніми відносно виробленого простору кутами, утвореними на вертикальних розрізах у головних січеннях мульди горизонтальною лінією і лініями, що сполучають границі виробленого простору з границями мульди зсуву), визначаються формулами

$$\delta_o = 80^\circ - \rho \frac{H_o}{H}, \quad (1)$$

$$\beta_o = 80^\circ - 0,8\alpha - \rho \frac{H_o}{H}, \quad (2)$$

$$\gamma_o = 80^\circ - \rho \frac{H_o}{H}, \quad (3)$$

де H - вертикальна глибина гірничих робіт; H_o - мінімальна глибина гірничих робіт, до якої можуть бути застосовані ці формули; $\rho=57^\circ$; α - кут падіння пласта (градуси).

Границі мульди зсуву в умовах повної підробки визначаються за допомогою формул

$$L_1 = H_H [\text{ctg}\beta_o + \text{ctg}(\psi_1 + \alpha)]; \quad (4)$$

$$L_2 = H_B [\text{ctg}\gamma_o + \text{ctg}(\psi_1 - \alpha)]; \quad (5)$$

$$L_3 = H_{cep} [(\text{ctg}\delta_o + \text{ctg}\psi_3)(1 + \text{ctg}\theta \text{tg}\alpha)]. \quad (6)$$

На рис. 1 представлено графічні характеристики процесу зсуву порід: розрахункові криві розподілу вертикальних осідань, горизонтальних зміщень і горизонтальних деформацій в момент після затоплення рудника та утворення провальної лійки.

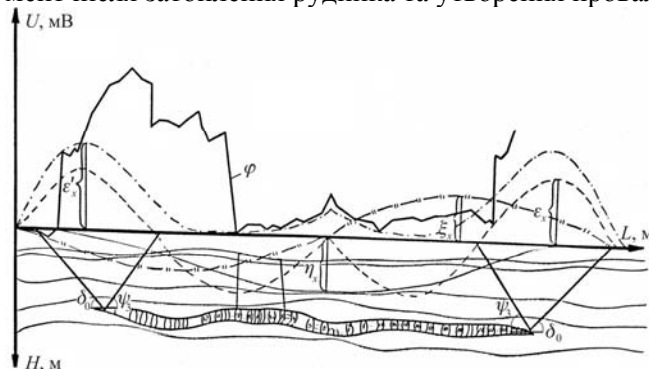


Рис. 1. Характеристики зсуву порід для рудника “Калуш”: η_x - вертикальні осідання, мм; ξ_x - горизонтальні зміщення, мм; $\varepsilon_x, \varepsilon'_x$ - горизонтальні деформації; φ - потенціал природного електричного поля, мВ; $\psi_3 = \text{const} = 75^\circ$; $\delta_o = \text{const} = 55^\circ$

Розподіл зсувів і деформацій земної поверхні відноситься до числа важливих якісних і кількісних показників мульди зсуву. Розподіл векторів зсуву точок по головному перерізу мульди та їх орієнтація в багатьох випадках визначаються гірничо-геологічними умовами розробки пласта.

Вимірювання потенціалів природного електричного поля проводилися вздовж осі мульди зсуву з кроком вимірювання 10 м (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика процесів зсуву порід над калійними виробками

Δx , м	z	η , мм	ξ , мм	ε	φ , мВ	$K_{\varphi-e}$, мВ/м
0	0	$2,32 \cdot 10^{-11}$	$1,09 \cdot 10^{-15}$	0	0	0
10	0,017	$5,48 \cdot 10^{-6}$	$1,64 \cdot 10^{-6}$	$3,28 \cdot 10^{-7}$	-3	9146341
20	0,033	$4,38 \cdot 10^{-5}$	$6,55 \cdot 10^{-6}$	$6,53 \cdot 10^{-7}$	1	1531394
30	0,050	$1,47 \cdot 10^{-4}$	$1,47 \cdot 10^{-5}$	$9,71 \cdot 10^{-7}$	6	6185567
40	0,067	$3,48 \cdot 10^{-4}$	$2,59 \cdot 10^{-5}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$	10,5	8203125
50	0,083	$6,76 \cdot 10^{-4}$	$4,02 \cdot 10^{-5}$	$1,57 \cdot 10^{-6}$	0,9	573248
60	0,10	$1,13 \cdot 10^{-3}$	$5,73 \cdot 10^{-5}$	$1,85 \cdot 10^{-6}$	0,3	163044
70	0,117	$1,83 \cdot 10^{-3}$	$7,71 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-6}$	-0,3	141443
80	0,133	$2,71 \cdot 10^{-3}$	$9,92 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-6}$	-2	858369,1
90	0,150	$3,82 \cdot 10^{-3}$	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$2,54 \cdot 10^{-6}$	3	1181102,3
100	0,167	$5,19 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$2,73 \cdot 10^{-6}$	-5,6	2058824
110	0,183	$6,82 \cdot 10^{-3}$	$1,78 \cdot 10^{-4}$	$2,869 \cdot 10^{-6}$	-4,3	1498310
120	0,20	$8,75 \cdot 10^{-3}$	$2,073 \cdot 10^{-4}$	$2,987 \cdot 10^{-6}$	-6	2008704
130	0,217	$1,10 \cdot 10^{-2}$	$2,376 \cdot 10^{-4}$	$3,07 \cdot 10^{-6}$	-9,6	3092448
140	0,233	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$2,686 \cdot 10^{-4}$	$3,12 \cdot 10^{-6}$	-12	3846154
150	0,250	$1,64 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,14 \cdot 10^{-6}$	-4	1273885
160	0,267	$1,95 \cdot 10^{-2}$	$3,32 \cdot 10^{-4}$	$3,12 \cdot 10^{-6}$	-2	641025,64
170	0,283	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3,62 \cdot 10^{-4}$	$3,07 \cdot 10^{-6}$	160	52066384
180	0,30	$2,67 \cdot 10^{-2}$	$3,93 \cdot 10^{-4}$	$2,99 \cdot 10^{-6}$	160	53511705
190	0,317	$3,08 \cdot 10^{-2}$	$4,22 \cdot 10^{-4}$	$2,87 \cdot 10^{-6}$	157	54703832
200	0,333	$3,52 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	$2,72 \cdot 10^{-6}$	180	66176470

210	0,350	$3,98 \cdot 10^{-2}$	$4,76 \cdot 10^{-4}$	$2,54 \cdot 10^{-6}$	170	66929133
220	0,367	$4,47 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$2,33 \cdot 10^{-6}$	195	83590987
230	0,383	$4,98 \cdot 10^{-2}$	$5,23 \cdot 10^{-4}$	$2,10 \cdot 10^{-6}$	208	99047619
240	0,40	$5,52 \cdot 10^{-2}$	$5,43 \cdot 10^{-4}$	$1,85 \cdot 10^{-6}$	250	$1,35 \cdot 10^8$
250	0,417	$6,07 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$1,57 \cdot 10^{-6}$	270	$1,71 \cdot 10^8$
260	0,433	$6,63 \cdot 10^{-2}$	$5,74 \cdot 10^{-4}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$	294	$2,29 \cdot 10^8$
270	0,450	$7,21 \cdot 10^{-2}$	$5,85 \cdot 10^{-4}$	$9,71 \cdot 10^{-7}$	318	$3,27 \cdot 10^8$
280	0,467	$7,80 \cdot 10^{-2}$	$5,93 \cdot 10^{-4}$	$6,53 \cdot 10^{-7}$	319	$4,885 \cdot 10^8$
290	0,483	$8,40 \cdot 10^{-2}$	$5,98 \cdot 10^{-4}$	$3,28 \cdot 10^{-7}$	325	$9,908 \cdot 10^8$
300	0,500	$9,0 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$-1,29 \cdot 10^{-15}$	332	$2,57 \cdot 10^{15}$
310	0,517	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$5,98 \cdot 10^{-4}$	$-3,38 \cdot 10^{-7}$	341	$1,039 \cdot 10^9$
320	0,533	$1,02 \cdot 10^{-1}$	$5,93 \cdot 10^{-4}$	$-6,53 \cdot 10^{-7}$	322	$4,93 \cdot 10^8$
330	0,550	$1,08 \cdot 10^{-1}$	$5,85 \cdot 10^{-4}$	$-9,7 \cdot 10^{-7}$	320	$3,20 \cdot 10^8$
340	0,567	$1,14 \cdot 10^{-1}$	$5,74 \cdot 10^{-4}$	$-1,28 \cdot 10^{-6}$	246	$1,92 \cdot 10^8$
350	0,583	$1,19 \cdot 10^{-1}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$-1,57 \cdot 10^{-6}$	250	$1,59 \cdot 10^8$
360	0,600	$1,25 \cdot 10^{-1}$	$5,43 \cdot 10^{-4}$	$-1,85 \cdot 10^{-6}$	256	$1,39 \cdot 10^8$
370	0,617	$1,301 \cdot 10^{-1}$	$5,23 \cdot 10^{-4}$	$-2,10 \cdot 10^{-6}$	256	$1,22 \cdot 10^8$

Високі значення потенціалів на початку і в кінці профілю відображають напружений стан на краях мульди зсуву. У центральні частині, де відбулися обвалювання і «розвантаження» масиву, значення потенціалу різко зменшилися та стали майже рівномірними (див. табл. 1).

Коефіцієнт механоелектричних перетворень визначався за формулою

$$\varphi_x = K \cdot \varepsilon_x, \quad (7)$$

де φ_x - потенціал природного електричного поля по профілю вимірювання; K - коефіцієнт механоелектричних перетворень; ε_x - горизонтальна деформація.

Знання розподілу геоелектричних потенціалів у головних перерізах мульди зсуву і коефіцієнтів механоелектричних перетворень дозволило розрахувати всі параметри зсуву: горизонтальні деформації, горизонтальні зміщення, вертикальні осідання, нахили, кути зсуву та обвалювання.

Початковий пружно-деформований стан гірських порід в районі родовищ є відправним пунктом в системі автоматизованого проектування і контролю стійкості гірничих виробок під час розробки родовищ корисних копалин [4].

Система гірничих виробок призводить до перерозподілу початкового поля напруг в районі родовищ, які зумовлюють прояви гірського тиску та зсувні процеси.

Залежно від способу управління станом масиву, деформаційні процеси у ньому в районі розробок підсилюють або зменшують ці аномалії.

Зміна напруженого стану викликає зміну багатьох параметрів і властивостей гірського масиву, насамперед його сейсмічності, електропровідності, швидкості проходження пружних хвиль, акустичної і електромагнітної емісії.

Розробка родовищ корисних копалин, зокрема родовищ калійних солей, призводить до значних змін геологічного середовища, що проявляється у вигляді порушення гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод.

Характер та інтенсивність цих змін залежать від геологічних і гідрогеологічних умов родовища. Підвищення проникності гірського масиву, яке виникає внаслідок деформації, призводить до прогресуючого засолення підземних вод одночасно на глибину та по площі зі швидкістю 10-70 м за рік [5].

Серед гідрогеологічних факторів засолення підземних вод основне значення має інтенсивність конвективного переносу солей, що змінюється залежно від зміни літологічного складу водоносного горизонту.

Додатковими причинами засолення є фільтрація з акумулюючих басейнів, де збираються води постійного кар'єрного водовідливу, інтенсивний розвиток кар'єрного карсту, що призводить до розвантаження мінералізованих вод в прісні ґрунтові води.

З метою виявлення масштабів розповсюдження ареалів засолення та оцінювання ступеня забруднення водоносного горизонту використовують електромагнітні дослідження методом

високочастотних індукційних зондувань шляхом становлення електромагнітного поля у ближній зоні джерела (ЗСБ) [6,7].

Сприятливим чинником застосування методу є підвищена внаслідок забруднення мінералізація рідкої фази в зонах проникнення та витікання розсолів, що спричиняє значне зростання електропровідності порівняно з консолідованим геологічним середовищем та є передумовою для застосування ЗСБ [8].

Об'єктами діагностування були ґрунти в межах західного борту Домбровського кар'єру і прилеглої території в напрямку р. Млинівка Калуського гірничопромислового району.

Для досліджень використовувалась установка «контур в контурі» ($Q-q$) з площами $Q=400\text{ м}^2$, $q=100\text{ м}^2$, яка забезпечувала необхідну глибинність зондувань для незначних потужностей пластів (15-20 м) та відбиття границі корінних порід близько 30 м.

Часовий діапазон вимірювань складав $1 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-3}$ с, крок дискретизації дорівнює 1-50 мкс.

Це забезпечило високу роздільну здатність і чутливість до об'ємних змін електричних параметрів геологічного середовища, зумовлених розвитком процесу засолення.

Основою обробки сигналів є диференційні та інтегральні способи трансформації індукованого поля з представленням кривих залежностей сумарної позовжньої провідності $S\tau=f(H)$ та опору $\rho_{\tau}^{\delta} = f(H)$, де H - глибина залягання порід.

За результатами обробки сигналів, виміряних в окремих пунктах спостережень, будуються геоелектричні розрізи, які є відображенням стану геологічного середовища (за зміною електропровідності або опором відповідних горизонтів).

Найвищий градієнт приросту позовжньої провідності характеризує підвищену фільтрацію, проникнення розсолів з кар'єру та області з надмірним засоленням водоносного гравійно-галькового горизонту.

На глибині залягання слаботріщинуватих ґрунтів (шари підвищеного опору), де помітне зниження мінералізації, градієнт досягає найменших значень в межах високоомних горизонтів, представлених слабо обводненими щільними ґрунтами (рис. 2,3).

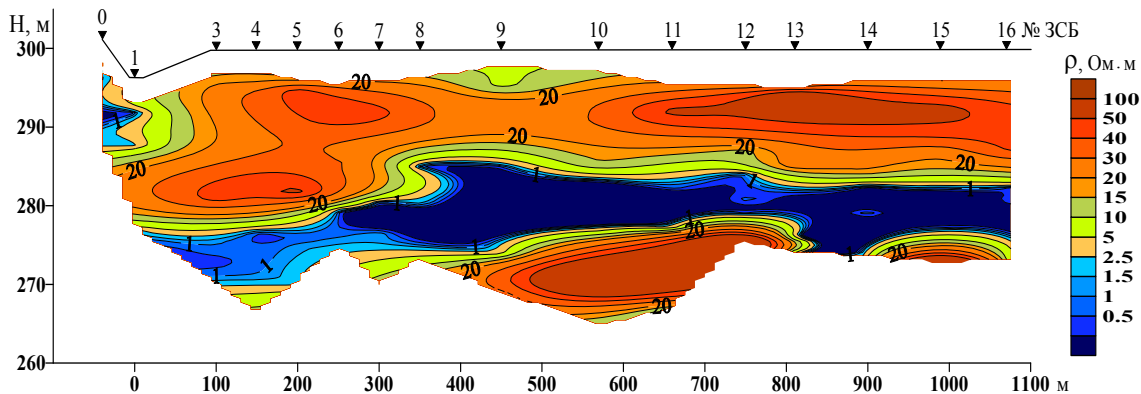


Рис. 2. Геоелектричний розріз західного борту Домбровського кар'єру

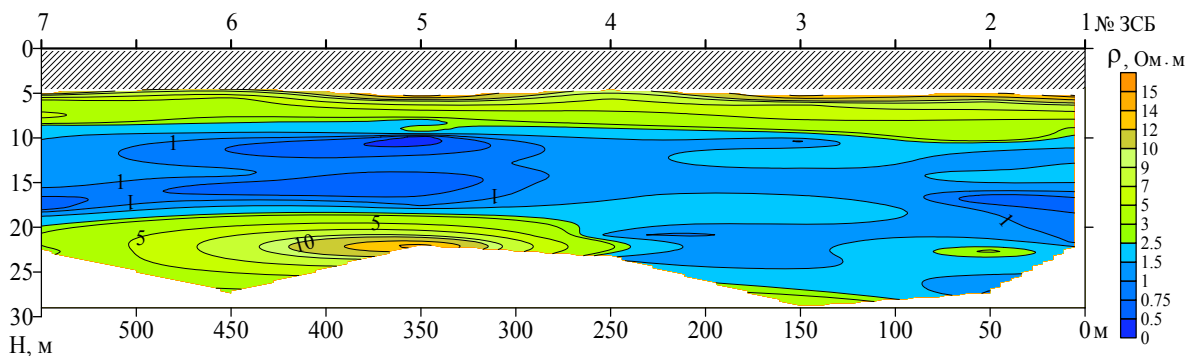


Рис. 3. Геоелектричний розріз за даними ЗСБ по профілю 7а ділянки Домбровський кар'єр – р. Млинівка

Дослідження геоелектричних параметрів розрізів середовища, розподілів індукованих сигналів електромагнітного поля по площі та зміни концентрації солей дозволяють визначати контури розповсюдження ареалів засолення та забруднення водоносного горизонту.

Висновки. Результати спостережень за динамікою геоелектричних параметрів дають можливість виділити сталі зони з низькими та високими значеннями геоелектричних параметрів (електричний опір, потужність).

Зміна цих параметрів відображає процеси деградації або консолідації геологічного середовища.

Висока інформативність та ефективність використовуваних методів досліджень для спостережень за зміною параметрів приповерхневого та глибинного геологічного середовища дають змогу прогнозування стійкості гірничих масивів в умовах їх відкритої розробки та прогнозування порушень, гідрохімічного режиму поверхневих і підземних вод, виявлення масштабів розповсюдження ареалів засолення та забруднення водоносного горизонту розсолостокami з відвалів розкривних порід та оцінки стану і динаміки ґрунтів.

Список літератури

1. **Воробьев А. А.** Равновесие и преобразование энергии в недрах / **А. А. – Воробьев.** - Томск : из-во Томского ун-та, 1980. – 211 с.
2. А.с. 97041750 Украина, КИПКС G01 V3/08, G 01 V3/12 Способ определения глубины залегания и геометрических параметров очагов напряженно-деформированного состояния горных пород / **Саломатин В. Н., Бессмертный А. Ф.** - № 28474А; опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5-П.
3. **Воробьев А. А.** Накопление разрушений, повреждение структуры, разрушение минералов и горных пород / **А. А. Воробьев.** – Томск: Из-во Томского университета, 1973.
4. **Тарасов Б. Г.** Рудничная геоэлектрика / **Б. Г. Тарасов, В. Дырдин.** – М. : Недра, 1977. – 126 с.
5. **Варламов А. А.** Гидрогеологические условия калийных месторождений / **А. А. Варламов, С. С. Козлов, К. К. Липницкий и др.** // Обзорная информация. Серия: развитие калийной промышленности. – М. : НИИТЭХИМ, 1975. – 45 с.
6. **Дециця С. А.** Комплексні засоби дослідження геосередовища нестационарними електромагнітними полями / **С. А. Дециця, В. І. Шамотко, О. А. Негазова** // Геофізика. – 2002. – Т.8. – С. 18-24.
7. **Кобзова В. М.** Фізичне моделювання електромагнітних полів у геологічному середовищі / **В. М. Кобзова, С. А. Дециця, Б. Т. Ладанівський, І. П. Мороз.** – К. : Наукова думка, 2008. – 167 с.
8. **Романюк О. І.** Електромагнітне діагностування забруднення водоносного горизонту на прилеглих до Домбровського калійного кар'єру територіях / **О. І. Романюк, В. І. Шамотко, С. А. Дециця та ін.** // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2009. - № 1(19). – С. 24-31.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

АНОТАЦІЇ

УДК 622.272

Тищенко С. В., Еременко Г. И., Малих Д.Ю. Особливості руйнування масиву гірських порід, екранованого замкнутою динамічною зоною

Розглянутий ефект від використання вибуху динамічної зони як екран для руйнованого масиву гірських порід в умовах відкритої розробки корисної копалини. Зберегти законтурний масив можливо тільки при зміні традиційних методів ведення вибухових робіт.

У вибуховій справі розроблено багато технологічних прийомів, що дозволяють управляти дією вибуху залежно від конкретних горно-геологічних умов ведення вибухових робіт. Для отримання необхідного результату варіюють просторовим розташуванням зарядів ВВ в гірському масиві, часом їх послідовного підривання, конструкцією зарядів. Перспективним методом управління дією вибуху є створення спеціальних штучних зон за допомогою вибухів свердловинних зарядів, розташованих на межі руйнованого масиву гірських порід або його частини перед ініціацією основних зарядів дроблення. Такі зони можуть використовуватися як екран, що оберігає від руйнування законтурний масив, зниження сейсмічної дії вибуху, а також з метою віддзеркалення хвиль стискування, тобто напрям відбитої хвилі розтягуючої напруги в заданий об'єм, що підлягає руйнуванню. Описаний механізм вибухового вантаження може викликати процес руйнування крихкого тіла, яким є гірська порода.

Проблема зниження негативної вибухової дії на законтурний масив в практиці ведення вибухових робіт відкритим способом вирішується двома різними методами: застосуванням свердловинних зарядів ВВ зменшеної щільності і використанням уздовж межі руйнованого гірського масиву попереднього контурного підривання.

Тищенко С. В., Еременко Г. И., Малих Д.Ю. Особливості руйнування масиву гірських порід, екранованого замкнутою динамічною зоною

Розглянуто ефект від використання вибуху динамічної зони як екран для руйнованого масиву гірських порід в умовах відкритої розробки корисної копалини. Зберегти законтурний масив можливо тільки при зміні традиційних методів ведення вибухових робіт.

У вибуховій справі розроблено багато технологічних прийомів, що дозволяють управляти дією вибуху поклад від конкретних горно-геологічних умов ведення вибухових робіт. Для отримання необхідного результату варіюють просторовим розташуванням зарядів ВВ в гірському масиві, часом їх послідовного підривання, конструкцією зарядів. Перспективним методом управління дією вибуху є створення спеціальних штучних зон за допомогою вибухів свердловинних зарядів, розташованих на межі руйнованого масиву гірських порід або його частини перед ініціацією основних зарядів дроблення. Такі зони можуть використовуватися як екран, що оберігає від руйнування законтурний масив, зниження сейсмічної дії вибуху, а також з метою віддзеркалення хвиль стискування, тобто напрям відбитої хвилі розтягуючої напруги в заданий об'єм, що підлягає руйнуванню. Описаний механізм вибухового вантаження може викликати процес руйнування крихкого тіла, яким є гірська порода.

Проблема зниження негативної вибухової дії на законтурний масив в практиці ведення вибухових робіт відкритим способом вирішується двома різними методами: застосуванням свердловинних зарядів ВВ зменшеної щільності і використанням уздовж межі руйнованого гірського масиву попереднього контурного підривання.

Tychenko S.V., Eremenko G.I., Malykh D.Ju. Features of destruction of array of mountain breeds, screened by the reserved dynamic area

An effect is considered from the use of explosion of dynamic area as a screen for the destroyed array of mountain breeds in the conditions of openwork of useful копалини. Saving a законтурний array is possible only at the change of traditional methods of conduct of explosive works.

On explosive business many technological receptions, allowing to manage the action of explosion depending on the concrete mining and geological conditions of conduct of explosive works, are worked out. For the receipt of necessary result vary the spatial location of charges of ВВ in a mountain range, by time of their successive exploding, construction of charges. The perspective method of management the action of explosion is creation of the special artificial areas by means of explosions of downhole charges, located on the border of the destroyed array of mountain breeds or his part before initiation of basic charges of crushing. Such areas can be used as a screen, protecting from destruction a законтурний array, declines of seismic action of explosion, and also with the purpose of reflection of waves of compression, i.e. direction of the reflected wave of stretchings tensions in the set volume, subject to destruction. Описаний the mechanism of explosive ladening can cause the process of destruction of fragile body, what a mountain breed is.

The problem of decline of the negative explosive affecting законтурний array in practice of conduct of explosive works an open method decides two different methods: by application of downhole charges of ВВ reduced and use along the border of the destroyed mountain range of preliminary contour exploding.

УДК 622.25: 622.235

Федоренко П.И., Чепурной В.И., Ляш С.И. О возможностях снижения трудовых энерго- и ресурсозатрат при подготовке блоков к очистным работам

Развитие систем разработки, мощных рудных тел, привело к появлению серии выработок малого сечения, составляющих основу конструктивного оформления систем. При этих системах для подготовки блоков к очистной выемке проходят восстающие выработки различного назначения. Трудоемкость и затраты средств на проходку восстающих достигают в отдельных случаях почти половины общей трудоемкости и затрат на подготовку блоков к очистной выемке. В Криворожском бассейне при подготовке блоков к очистной выемке, вскрытии новых месторождений и горизонтов ежегодно проходят порядка 24 тыс.м восстающих выработок. Подавляющее большинство выработок (96,7 %) проходят буровзрывным способом, с устройством временных полков (78,9 %) и с применением самоходных комплексов (17,8 %).

На шахтах басейна 3,3 % от общей протяженности восстающих выработок проходят машинным (комбайновым) способом. В настоящее время на проходке восстающих задействованы комбайны типа Рино-400 производства фирмы «Сандвик». Большая протяженность восстающих выработок, которые проходят на шахтах Кривбасса при подготовке блоков к очистной выемке высокая трудоемкость, низкая скорость проходческих работ, определяют необходимость поиска новых технологических и технических решений при разрушении горных пород применительно к проходке восстающих выработок. Перспективным с точки зрения технологичности, снижения трудоемкости и стоимости проходческих работ является разработанный ГВУЗ «КНУ» комбинированный способ проведения восстающих выработок за один прием взрывания отбойкой скважинных зарядов на незаряжаемую скважину увеличенного диаметра (компенсационную полость). Суть данного способа заключается в том, что в пределах проектного контура проводимой выработки выбуривают комплект скважин на полную высоту выработки. При этом одну скважину расширяют. Она служит как компенсационная полость. Остальные же скважины комплекта заполняют ВВ и взрывают с замедлениями. Проходка восстающих комбинированным способом позволяет снизить трудовые, энергетические и материальные затраты как отдельных работ, так и технологию подготовки блоков в целом.

Федоренко П.И., Чепурной В.И., Ляш С.И. Про можливості зниження трудових енерго- і ресурсозатрат при підготовці блоків до очисних робіт

Розвиток систем розробки, потужних рудних тіл, привів до появи серії вироблень малого перерізу, що становлять основу конструктивного оформлення систем. При цих системах для підготовки блоків до очисної виїмки проходять повстаючі вироблення різного призначення. Трудомісткість і витрати засобів на проходку повстаючих вироблень досягають в окремих випадках майже половини загальної трудомісткості і витрат на підготовку блоків до очисної виїмки. У Криворізькому басейні при підготовці блоків до очисної виїмки, розгині нових родовищ і горизонтів щорічно проходять близько 24 тис.м повстаючих вироблень. Переважну більшість вироблень (96,7%) проходять буропідривним способом, з пристроєм тимчасових полків (78,9 %) із застосуванням самохідних комплексів (17,8%). На шахтах басейну 3,3% від загальної протяжності вироблень, що повстають, проходять машинним (комбайновим) способом. Нині на проходці тих, що повстають задіяні комбайни типу Рино-400 виробництв фірми "Сандвик". Велика протяжність повстаючих вироблень, які проходять на шахтах Кривбасу при підготовці блоків до очисної виїмки висока трудомісткість, низька швидкість прохідницьких робіт, визначають необхідність пошуку нових технологічних і технічних рішень при руйнуванні гірських порід стосовно проходки повстаючих вироблень. Перспективним з точки зору технологічності, зниження трудомісткості і вартості прохідницьких робіт є розроблений ГВУЗ "КНУ" комбінований спосіб проведення повстаючих вироблень, що повстають, за один прийом підривання відбоек свердловинних зарядів на свердловину збільшеного діаметру (компенсаційну порожнину), що не заряджається. Суть цього способу полягає в тому, що в межах проектного контуру вироблення, що проводиться, вибувають комплект свердловин на повну висоту вироблення. При цьому одну свердловину розширюють. Вона служить як компенсаційна порожнина. Інші ж свердловини комплексу заповнюють ВВ і висаджують в повітря з уповільненнями. Проходка повстаючих виробок комбінованим способом дозволяє понизити трудові, енергетичні і матеріальні витрати як окремих робіт, так і технологию підготовки блоків в цілому.

Fedorenko P.I., Chepurnoy V.I., Ljash S.I. About possibilities of decline labour energy- and pecypcoзатрат at preparation of blocks to stoppings

Development of the systems of development, powerful ore bodies, resulted in appearance of series of making of light-gauge, making basis of structural registration of the systems. At these systems for preparation of blocks the rising making of the different setting pass to the cleansing coulisse. Labour intensiveness and expenses of facilities on driving of rising the halves of general labour intensiveness and expenses arrive at on occasion almost on preparation of blocks to the cleansing coulisse. In the Криворізьком pool at preparation of blocks to the cleansing coulisse, dissection of new deposits and horizons annually pass about 24 тис.м of the rising making. Swingeing majority of making (96,7 %) is passed by a drill and fire system, with the device of temporal regiments (78,9 %) and with the use of self-propelled complexes (17,8 %).

On the mines of pool 3,3 % from the general extent of the rising making pass by a machine (by a combine) method. Presently on driving of rising the combines of type of Рино- are involved 400 productions of firm "Сандвик". Large extent of the rising making, which pass on the mines of Кривбас at preparation of blocks to the cleansing coulisse the high labour intensiveness, subzero speed of drivages, determine the necessity of search of new technological and technical decisions at destruction of mountain breeds as it applies to driving of the rising making.

Perspective from the point of view of technologicalness, declines of labour intensiveness and cost of drivages there is worked out ГВУЗ "КНУ" the combined method of realization of the rising making for one reception of exploding of downhole charges отбойкой on the uncharged mining hole of megascopic diameter (compensative cavity). Essence of this method consists in that within the limits of project contour of the conducted making вибувають the complete set of mining holes on the complete height of making. One mining hole is extended thus. She serves as a compensative cavity. Other mining holes of complete set fill ВВ and blow up with decelerations.

Driving of rising by the combined method allows to reduce the labour, power and material expenses of both separate works and technology of preparation of blocks on the whole.

УДК 622.734.621

Маланчук Є.З. Експериментальні дослідження закономірностей розподілу самородної міді за класами крупності на Рафалівському базальтовому кар'єрі

Роботу присвячено експериментальним дослідженням фізико-механічних властивостей самородної міді на Рафалівському базальтовому кар'єрі, сировина якого представляє інтерес не лише як будівельний матеріал, але й як рудовиявлення багатьох цінних мінералів. У результаті свердловинної розвідки і вивчення покладів в декількох кар'єрах Волині встановлено, що самородномідна мінералізація має регіональний характер і належить до декількох морфотипів з різними умовами локалізації, зокрема, у вигляді розсіяно-вкрапленої, шарувато-вкрапленої, прожилкововкрапленої і у вигляді крупно-вкраплених самородків в лавокластичних брекчіях. Усі ці різновиди утворюють різну концентрацію самородної

міді від 0,3 до 1,0 %. Особливістю вкрапленості самородної міді є її різний вміст в базальтових потоках, розділених потужними потоками туфів, туфитів і лавобрекчій. Тому їх дослідження являє великий практичний інтерес і носить комплексний характер з огляду методів вивчення, властивостей окремих вулканітових зон і потоків, їх хімічного і мінералогічного складу.

Метою роботи є визначення мінералогічного складу різних магматичних порід базальтового родовища, визначення їх дробимості, подрібнюваності і характеру розподілу корисних компонентів в підготовленій до їх вилучення гірської маси. Наведено результати експериментальних досліджень з визначення мінерального складу різних магматичних порід базальтового родовища. Обґрунтовано технічну й економічну доцільність видобутку міді і супутніх металів, яка дозволяє встановити поліметалічну мінералізацію вміщуючих порід з видотковим вмістом кожної мінералізації. Доведено доцільність комплексного підходу до процесу збагачення мінералів.

Маланчук Е.З. Экспериментальные исследования закономерностей распределения самородной меди по классам крупности на Рафалевском базальтовом карьере

Работа посвящена экспериментальным исследованием физико механических свойств самородной меди на Рафалевском базальтовом карьере, сырье которого представляет интерес не только как строительный материал, но и как рудопоявления многих ценных минералов. В результате скважинной разведки и изучения залежей на нескольких карьерах Волыни установлено, что самородномедная минерализация имеет региональный характер и принадлежит к нескольким морфотипам с различными условиями локализации, в частности, в виде рассеянно-вкрапленных, слоисто-вкрапленных, прожилко-вкрапленных и крупно-вкрапленных самородков в лавокластических брекчиях. Все эти разновидности образуют разную концентрацию самородной меди от 0,3 до 1,0%. Особенностью вкрапленности самородной меди является ее разное содержание в базальтовых потоках, которые разделены мощными потоками туфа, туффитов и лавобрекчий. Поэтому их исследование представляет большой практический интерес и носит комплексный характер с точки зрения методов изучения, свойств отдельных вулканитовых зон и потоков, их химического и минералогического состава.

Целью представленной работы является определение минералогического состава различных магматических пород базальтового месторождения, определение их дробимости и характера распределения полезных компонентов в подготовленной к добыче горной массе.

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению минерального состава различных магматических пород базальтового месторождения. Обоснована техническая и экономическая целесообразность добычи меди и сопутствующих металлов, позволяющая установить полиметаллическую минерализацию вмещающих пород с процентным содержанием каждой минерализации. Доказана целесообразность комплексного подхода к процессу обогащения минералов.

Malanchuk E.Z. Experimental researches of conformities to law of distribution of virgin copper after the classes of крупности on Rafalevsk basaltic of open pit

Work is devoted by experimental research of phiziko - mechanical properties of virgin copper on Rafalevsk basaltic of open pit, raw material of which is of interest not only as building material but also as руда displays of many valuable minerals.

As a result of downhole secret service and study of beds it is set on a few careers of Volhynia, that virgin copper of mineral to the has regional character and belongs to a few morfo-types of with the different terms of localization, in particular, as the nuggets absently - sprinkled, stratified - sprinkled, veins of is sprinkled large - sprinkled in lava klastix breccias. All these varieties form the different concentration of virgin copper from 0,3% to 1,0%. The feature of is sprinkled of virgin copper is her different maintenance in basaltic streams which are divided by the powerful streams of tuff, туффитов and lava of breccias. Therefore their research presents large practical interest and carries complex character from the point of view of methods of study, properties of separate volcano of areas and streams, their chemical and mineralogical composition. The purpose of the presented work is determination of mineralogical composition of different magmatic breeds of basaltic deposit, determination of their crushed and character of distribution of useful components in geared - up to the booty mountain mass.

Authors are bring results over of experimental researches on determination of mineral composition of different magmatic breeds of basaltic deposit. Reasonable technical and economic expediency of booty of copper and concomitant metals, allows to set poly metallic mineral of containing breeds with the percentage of every mineral. Expediency of the complex going is well - proven near the process of enriching of minerals.

УДК 622.235

Фролов О.О. Формування ефективних режимів детонаційних енергетичних потоків при багатоточковому ініціюванні свердловинних зарядів

Виконано аналіз досліджень з визначення раціональних параметрів багатоточкового ініціювання. Показано, що існуючі конструкції свердловинних зарядів вибухових речовин не надають однозначного рішення по параметрах ініціатора, які дозволили б забезпечити максимальну ефективність детонаційних енергетичних потоків при їхній дії на стінки свердловини. Також не достатньо обґрунтовано способи реалізації багатоточкового ініціювання та ефективності його застосування в порівнянні з точковим ініціюванням.

За результатами досліджень встановлено, що максимальна ефективність дії сумарного імпульсу детонаційних хвиль послідовного багатоточкового ініціювання в 1,39-1,57 разів більше порівняно з одноточковим залежно від зміни швидкості поширення детонації по вибуховій речовині з 5000 до 2500 м/с відповідно. Також доведено, що при одночасному багатоточковому ініціюванні значення сумарного імпульсу детонаційних хвиль більше в 1,61 рази ніж імпульс при одноточковому підірванні незалежно від швидкості детонації вибухової речовини.

Визначено оптимальні відстані між проміжними детонаторами послідовного і одночасного багатоточкового ініціювання. Встановлено, що оптимальна відстань між проміжними детонаторами послідовного багатоточкового ініціювання становить 1,1-2,1 м при збільшенні швидкості детонації вибухової речовини з 2500 до 5000 м/с та при одночасному багатоточковому ініціюванні – 0,92 м незалежно від швидкості поширення детонації по вибуховій речовині.

Фролов А.А. Формирование эффективных режимов детонационных энергетических потоков при многоточечном инициировании скважинных зарядов

Выполнен анализ исследований по определению рациональных параметров многоточечного инициирования. Установлено, что максимальная эффективность действия суммарного импульса детонационных волн последовательного и одновременного многоточечного инициирования больше по сравнению с одноточечным и зависит от изменения скорости распространения детонации во взрывчатом веществе. Определены оптимальные расстояния между промежуточными детонаторами последовательного и одновременного многоточечного инициирования.

Frolov A.A. The formation of effective modes of detonation energy flows in a multipoint initiation hole charges

The analysis of studies to determine the rational parameters of a multipoint initiation. Found that the maximum efficiency of the total pulse detonation waves consistent and simultaneous multi-point initiation as compared with one-point and depends on changes in the propagation velocity of detonation of the explosive. The optimal distance between the intermediate detonators consistent and simultaneous multi-point initiation.

УДК 614.88

Швагер Н.Ю., Домнічев М.В., Комісаренко Т.А., Нестеренко О.В. Рекомендації щодо набору індивідуального медичного спорядження громадян у зонах конфліктів та для повсякденного життя

Показано значущість наявності та практичності використання засобів з індивідуальних медичних комплектів під час надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу цивільним населенням. Перераховано основні засоби, враховуючи такі показники як ефективність, вартість, зручність, доступність і необхідність. Проведено порівняння цих засобів з аналогами та здатність їх виконувати покладені на них функції. Передовсім це стосується нових засобів, що раніше не використовувалися в вітчизняній медицині для проведення заходів спрямованих на порятунок життя і здоров'я постраждалих при пораненнях. Визначено переваги і недоліки конкретних засобів та розглянуто можливість і зручність їх використання в місцевих умовах.

Розглянуто оптимальний перелік устаткування для набору індивідуального медичного спорядження як для рядового складу силових відомств, що беруть участь у військових діях так і для цивільного населення. Рекомендований набір є базовим і може бути значно розширений та доповнений з урахуванням багатьох факторів, в тому числі таких як ситуація в районі перебування користувача, доступність медичних послуг, тощо. Також в роботі не розглядалося питання комплектації набору засобами для зашивання поранень, ліками від хронічних захворювань та невідкладних станів, які можуть додатково додаватися до цього набору.

Швагер Н.Ю., Домнічев М. В., Комиссаренко Т.А., Нестеренко О. В. Рекомендации относительно набора индивидуального медицинского снаряжения граждан в зонах конфликтов и для повседневной жизни

Показана значимость наличия и практичности использования средств из индивидуальных медицинских комплектов во время чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени гражданскому населению. Перечислены основные средства, учитывая такие показатели как эффективность, стоимость, удобство, доступность и необходимость. Проведено сравнение этих средств с аналогами и способность их выполнять возложенные на них функции. Прежде всего, это касается новых средств, которые раньше не использовались в отечественной медицине для проведения мероприятий, направленных на спасение жизни и здоровья пострадавших при ранениях. Определены преимущества и недостатки конкретных средств и рассмотрена возможность и удобство их использования в местных условиях.

Рассмотрен оптимальный перечень оборудования для набора индивидуального медицинского снаряжения как для рядового состава силовых ведомств, которые участвуют в военных действиях, так и для гражданского населения. Рекомендованный набор является базовым и может быть значительно расширен и дополнен с учетом многих факторов, в том числе таких, как ситуация в районе пребывания пользователя, доступность медицинских услуг, и т. п. Также в работе не рассматривался вопрос комплектации набора средствами для зашивания ранений, лекарствами от хронических заболеваний и неотложных состояний, которые могут дополнительно добавляться к этому набору.

Рекомендации относительно набора индивидуального медицинского снаряжения граждан в зонах конфликтов и для повседневной жизни

Shvager N.Ju., Domnichev M.V., Komisarenko T.A., Nesterenko O.V. To recommendation in relation to the set of individual medical equipment of citizens in the areas of conflicts and for everyday life

Meaningfulness of presence and practicality of the use of facilities is shown from individual medical complete sets during the extraordinary situations of peaceful and military time to the civil population. The fixed assets are transferred, taking into account such indexes as efficiency, cost, comfort, availability and necessity. Comparing of these facilities to the analogues and ability of them to execute the functions laid on them is conducted. Foremost, it touches new facilities, which before was not used in domestic medicine for realization of measures, sent to the rescue of life and health of victims at wounds. Advantages and lacks of concrete facilities are certain and possibility and comfort of their use is considered in local terms.

The optimal list of equipment is considered for the set of individual medical equipment both for ordinary composition of power departments which participate in military operations and for a civil population. The recommended set is base and can be considerably extended and complemented taking into account many factors, including, such, as a situation is in the district of stay of user, availability of medical services, etc. Also in-process the question of acquisition of set facilities was not examined for sewing up of wounds, by medications from chronic diseases and urgent states which can be additionally added to this set.

УДК 622.272:624.191.5

Харин С.А. Автоматизация исследования влияния факторов проходческого цикла на темпы сооружения выработок в крепких породах

Разработано соответствующее программное обеспечение и исследовано влияние крепости пород на скорость проходки горизонтальных выработок и формирующие ее факторы. Отмечено, что коэффициент крепости пород оказывает выраженное воздействие на число шпуров в забое выработки, удельный расход ВВ, общую массу заряда, что способно влиять на темпы проходки выработки, он также во многом определяет эксплуатационную производительность средств бурения и, следовательно, скорость ведения работ, что особенно наглядно в весьма крепких породах,

где высока доля затрат времени проходческого цикла на бурение шпуров. Указано, в частности, что при возрастании скорости проходки выработки с 25 м/мес. до 50 м/мес., т.е. в 2 раза, требуемая для обеспечения такой скорости эксплуатационная производительность бурового оборудования должна увеличиться более интенсивно, в зависимости от условий, в 3,55-3,67 раза. Установлено также, что производительности средств погрузки оказывает в горизонтальных выработках менее сильное влияние на скорость проходки выработки. При двукратном возрастании производительности погрузочного оборудования скорость проходки выработки растет только в 1,09-1,19 раза.

Харін С.А. Автоматизация дослідження впливу факторів прохідницького циклу на темпи споруди виробок в міцних породах

Розроблено відповідне програмне забезпечення та досліджено вплив міцності порід на швидкість проходки горизонтальних виробок і фактори, що її формують. Відзначено, що коефіцієнт міцності порід надає виражений вплив на число шпурів у вибої виробки, питому витрату ВР, загальну масу заряду, що здатне впливати на темпи проходки виробки, він також визначає експлуатаційну продуктивність засобів буріння і, таким чином, швидкість ведення робіт, що особливо наочно у міцних породах, де висока частка витрат часу прохідницького циклу на буріння шпурів. Зазначено, зокрема, що при зростанні швидкості проходки виробки з 25 м/міс до 50 м/міс, тобто в 2 рази, необхідна для забезпечення такої швидкості експлуатаційна продуктивність бурового обладнання повинна збільшитися більш інтенсивно, в залежності від умов, у 3,55-3,67 рази. Встановлено також, що продуктивність засобів навантаження надає в горизонтальних виробках менш сильний вплив на швидкість проходки виробки. При дворазовому зростанні продуктивності вантажного устаткування швидкість проходки виробки росте тільки в 1,09-1,19 рази.

Kharin S.A. Automation of research of influence of factors of entry-driving cycle on the rates of building of making in ragstones

Corresponding software is worked out and influence of fortress of breeds is investigational on speed of driving of the horizontal making and formings her factors. It is marked that the coefficient of fortress of breeds renders the expressed affecting number of шпуров in the coalface of making, specific expense of BB, general mass of charge, that is able to influence on the rates of driving of making, he also in a great deal determines the operating productivity of facilities of the boring drilling and, consequently, speed of conduct of works, that especially evidently in very ragstones, where the stake of expenses of time of entry-driving cycle is high on the boring drilling of шпуров. It is indicated, in particular, that at growth of speed of driving of making with a 25 m/of month a to 50 m/of month, i.e. in 2 times, required for providing of such speed the operating productivity of boring equipment must increase more intensively, depending on terms, in 3,55-3,67 time. It is set also, that renders the productivity of facilities of loading in the horizontal making less strong influence on speed of driving of making. At double growth of the productivity of loading equipment speed of driving of making grows only in 1,09-1,19 time.

УДК 621.313

Сінчук О.М., Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А. Аналіз струму нульової послідовності асинхронних двигунів для бездатчикового керування

Бездатчикове векторне керування дозволяє отримати високі показники якості керування без встановлення на вал машини додаткових вимірювальних засобів. Основою функціонування подібних систем є способи непрямой ідентифікації кутової швидкості та потокозчеплення двигуна. В залежності від застосовуваних методик проектування ідентифікуючої частини приводу змінюються показники точності у заданому діапазоні керування. Існуюча класифікація передбачає наявність двох підходів, перший з яких базується на використанні ідеалізованої математичної моделі двигуна, а другий – на використанні анізотропних властивостей. Використання ідеалізованої математичної моделі не дозволяє реалізувати високу точність ідентифікації кутової швидкості при роботі у нижній частині діапазону керування, що призводить до необхідності його обмеження. У статті розглянуто спосіб бездатчикового векторного керування з ідентифікацією невимірюваних змінних стану на основі використання струму нульової послідовності для асинхронних двигунів, обмотки яких з'єднано у трикутник. Сигнал струму нульової послідовності дозволяє визначити кутове положення основної анізотропної властивості двигуна, а відслідковування цього положення у часі дозволяє ідентифікувати кутову швидкість без її безпосереднього виміру. Шляхом всебічного дослідження розробленої системи доведено, що такий спосіб дозволяє створювати системи, що мають високий діапазон керування частоти обертання двигуна.

Свінчук О.Н., Осадчук Ю.Г., Козакевич І.А. Анализ тока нулевой последовательности асинхронных двигателей для бездатчикового управління

Бездатчиковое векторное управление позволяет получить высокие показатели качества управления без установки на вал машины дополнительных измерительных средств. Основой функционирования подобных систем являются способы косвенной идентификации угловой скорости и потокозчепления двигателя. В зависимости от используемых методик проектирования идентифицирующей части привода изменяются показатели точности в заданном диапазоне управления. Существующая классификация предусматривает наличие двух подходов, первый из которых базируется на использовании идеализированной математической модели двигателя, а второй – на использовании анизотропных свойств. Использование идеализированной математической модели не позволяет реализовать высокую точность идентификации угловой скорости при работе в нижней части диапазона управления, что приводит к необходимости его ограничения. В статье рассмотрено способ бездатчикового векторного управления с идентификацией неизменяемых переменных состояния на основе использования тока нулевой последовательности для асинхронных двигателей, обмотки которых соединены в треугольник. Сигнал тока нулевой последовательности позволяет определить угловое положение основного анизотропного свойства двигателя, а отслеживание этого положения во времени позволяет идентифицировать угловую скорость без ее непосредственного измерения. Путем всестороннего исследования разработанной системы доказано, что такой способ позволяет создавать системы, имеющие высокий диапазон управления угловой скоростью двигателя.

Synchuk O.M., Osadchuk Y.G., Kozakevich I.A. Analysis of the zero sequence current for sensorless control of induction motors

Sensorless vector control provides a high quality of management without the shaft of the machine additional measuring devices. The basis of operation of such systems are indirect ways of identifying the angular speed and motor flux. Depending on techniques used, the identity of the actuator design parameters are changed in a predetermined range of accuracy control. The current classification provides two approaches, the first based on the use of the idealized mathematical model of the engine, and the second - on the use anisotropic properties. Using the idealized mathematical model does not allow to realize high accuracy of the identification angular velocity when operating in the lower range of the control, which leads to the need to limit it. The article describes the method of sensorless vector control with the identification of unmeasured state variables based on the use of the zero sequence current for asynchronous motors, that have windings connected in a triangle. Signal zero-sequence current to determine the angular position of the main anisotropic properties of the engine, and tracking of position in time allows to identify the angular velocity without its direct measurement. Through a comprehensive study of the developed system proved that this method allows you to create a system with a high range of control angular velocity of the motor.

УДК 658.011.56

Кондратец В.А., Мацуй А.М. Исследование динамики пульпы в улитковом питателе при измельчении песков механического двухспирального классификатора

Установлено, что изменение уровня пульпы в приемном устройстве улиткового питателя представляет собой стационарный случайный процесс, интенсивность которого различна по его ширине и возрастает с уменьшением уровня. Длительность участков с неизменным значением уровня пульпы сокращается с его уменьшением. Они не являются строго фиксированными по длине реализации, которая равна 1,56 с.

Кондратець В.О., Мацуй А.М. Дослідження динаміки пульпи в завитковому живильнику при подрібненні пісків механічного двоспірального класифікатора

Встановлено, що зміна рівня пульпи в приймальному пристрої завиткового живильника являє собою стаціонарний випадковий процес, інтенсивність якого різна по його ширині і зростає зі зменшенням рівня. Тривалість ділянок з незмінним значенням рівня пульпи скорочується з його зменшенням. Вони не являються строго фіксованими по довжині реалізації, яка дорівнює 1,56 с.

Kondratets V., Matsuy A. Dynamics research pulp by cochlear feeders in mechanical double-ground sand classifier

Found that changes in the level of the pulp in the receiving device cochlear feeder is a stationary random process, the intensity of which varies over its width and increases with decreasing level. Duration of sites with the same value pulp level is reduced to its reduction. They are not strictly fixed along the length of implementation, which is equal to 1.56s.

Keywords: deformations, settling, engineerings building, deep bench mark, lodging brands, geometrical leveling, engineer-geological terms, mountain works, height geodesic network.

УДК 528.41

Куліковська О.Є. Аналіз геодезичного забезпечення території Криворізького регіону

Проаналізовано стан геодезичного забезпечення території Криворізького регіону в історичній послідовності починаючи з часу освоєння і розвитку Криворізького залізорудного басейну. Розкривається зміст та склад виконаних топографо-геодезичних робіт різними організаціями. Підкреслюється великий внесок у створення топографічних планів масштабу 1:500 на об'єкти комунального і цивільного будівництва інститутів «Укржилремпроект», «Укркомунремдорпроект», Дніпропетровського філіалу інституту «УкрвостокГІИНТИЗ», ДП «Кривбаспроект», «Укргеопроект» та інших. Послідовно описано методику використання великої кількості існуючих систем координат, що створює незручності для об'єднання даних в єдину цілісну картину. Проведений аналіз показав, що існуюча планово-висотна геодезична мережа не зможе у повному обсягу задовольнити потреби користувачів за наявної виробничої структури, науково-виробничого потенціалу, технологічного забезпечення та матеріально-технічної бази, хоча певні кроки у регіоні здійснено. Для створення належних умов і потенціалу, які забезпечили б вирішення проблеми, потрібна структурна і технологічна перебудова геодезичного забезпечення у Криворізькому регіоні із створення виробничих підрозділів з цифрової картографії в існуючих підприємствах, науково-виробничих інститутах, центрах і лабораторіях; розроблення і впровадження нових технологій, формування і функціонування автоматизованих банків даних; розроблення нормативної і правової бази, які б забезпечували вирішення вище названих завдань. Оскільки геодезичні роботи відносяться до робіт, що мають загальнодержавне значення і багатofункціональне призначення, то необхідно забезпечити і фінансування (по можливості) не тільки з державного бюджету, але й з міського бюджету із залученням коштів крупних гірничодобувних підприємств регіону.

Ключові слова: геодезичне забезпечення, планово-висотне обґрунтування, системи координат, перманентна станція KRRG, гірничопромисловий комплекс.

Куликовская О.Е. Анализ геодезического обеспечения территории Криворожского региона

Выполнен анализ состояния геодезического обеспечения территории Криворожского региона в исторической последовательности, начиная со времени освоения и развития Криворожского железорудного бассейна. Раскрывается содержание и состав выполненных топографо-геодезических работ разными организациями. Подчеркивается большой взнос в создание топографических планов масштаба 1:500 на объекты коммунального и гражданского строительства институтов "Укржилремпроект", "Укркомунремдорпроект", "Днепропетровского филиала института "УкрВосток-ГІИНТИЗ", ДП "Кривбаспроект", "Укргеопроект" и других. Последовательно описана методика использования большого количества существующих систем координат, что создает неудобства для объединения данных в единственную целостную картину. Проведенный анализ показал, что существующая планово-высотная геодезическая сеть не сможет в полном объеме удовлетворить потребности пользователей при имеющейся производственной структуре, научно-производственном потенциале, технологическом обеспечении и материально-технической базе, хотя опреде-

ленные шаги в регионе осуществлены. Для создания надлежащих условий и потенциала, которые обеспечили бы решение проблемы, нужна структурная и технологическая перестройка геодезического обеспечения в Криворожском регионе из создания производственных подразделений из цифровой картографии в существующих предприятиях, научно-производственных институтах, центрах и лабораториях; разработывание и внедрение новых технологий, формирования и функционирования автоматизированных банков данных; разработывания нормативной и правовой базы, которые бы обеспечивали решение выше названных заданий. Поскольку геодезические работы относятся к работам, которые имеют общегосударственное значение и многофункциональное назначение, то необходимо обеспечить и финансирование (по возможности) не только из государственного бюджета, но и из городского бюджета с привлечением средств крупных горнодобывающих предприятий региона.

Ключевые слова: геодезическое обеспечение, плано-высотное обоснование, системы координат, перманентная станция KRRG, горнопромышленный комплекс.

Kulikovskaja O.E. Analysis of the geodesic providing of territory of the Kryvoy Rog region

The analysis of the state of the geodesic providing of territory of the Криворожского region is executed in a historical sequence, since time of mastering and development of the Kryvoy Rog iron - ore pool. Maintenance and composition of the executed topographer geodesy of works opens up by different organizations. Large payment is underlined in creation of topographical plans of scale of 1:500 on the objects of communal and civil building of institutes of "Укржилремпроект", "Укркомунремдорпроект", Днепропетровск branch of institute of "УкрВостокГИИНИЗ", ДП of of of "Кривбаспроект", "Укргеопроект" et al. The methods of the use of plenty of the existent systems of co - ordinates are consistently described, that creates inconveniences for the association of data in an only integral picture. The conducted analysis showed that an existent плано-высотная geodesic network would not be able in complete to the volume to satisfy the necessities of users at a present productive structure, scientifically productive potential, technological providing and material and technical base, although certain steps in a region are carried out. For creation of the proper terms and potential, which would provide the decision of problem, structural and technological alteration of the geodesic providing is needed in the Kryvoy Rog region from creation of productive subdivisions from a digital cartography in existent enterprises, научно-производственных institutes, focus and laboratories; development and introduction of new technologies, forming and functioning of the automated banks of data; developments of normative and legal base, which would provide the decision of the higher adopted tasks. As geodesic works behave to works which have a national value and multifunction setting, then it is necessary to provide financing (on possibility) not only from the state budget but also from a town budget with bringing in of facilities of major mining concerns of region.

Keywords: geodesic providing, to plan height ground, systems of co - ordinates, permanent station of KRRG, mining complex.

УДК 620.9-97: 621.482

Суртаєв В.В., Осипчук В.С. Перспективи розвитку галузі геотермальної енергетики в Україні

Геотермальна енергія дозволяє отримувати необхідну людству енергію завдяки теплоті надр Землі. Чим більше віддалений від центра Землі певний внутрішній шар, тим нижче його температура. Але навіть самий верхній шар Землі (біля 10- ти км) містить кількість теплоти, якої достатньо для забезпечення всіх енергетичних потреб людини. Через розлами в корі теплота проникає на поверхню планети. Потенціал геотермальної енергії величезний і невичерпний. Залишається лише навчитися використовувати те, що так великодушно дарує природа.

Для ефективного використання теплоти надр Землі необхідно мати докладні й достовірні відомості про переваги й недоліки даного типу альтернативних джерел енергії. До безумовних переваг геотермальної енергії варто віднести її фактичну невичерпність і стабільність дії. Теплоту надр Землі можливо отримувати постійно, на відміну від енергії вітру або Сонця [1-3]. Використання підземних вод може становити небезпеку для здоров'я людини, оскільки останні можуть містити токсичні з'єднання.

Суртаєв В.В., Осипчук В.С. Перспективы развития отрасли геотермальной энергетики в Украине

Геотермальная энергия позволяет получать необходимую человечеству энергию благодаря теплоте недр Земли. Чем больше удаленный от центра Земли определен внутренний слой, тем ниже его температура. Но даже самый верхний слой Земли (около 10 - ты км) содержит количество теплоты, которого достаточно для обеспечения всех энергетических потребностей человека. Через разломы в коре теплота проникает на поверхность планеты. Потенциал геотермальной энергии огромен и неисчерпаем. Остается лишь научиться использовать то, что так великодушно дарит природа. Для эффективного использования теплоты недр Земли необходимо иметь подробные и достоверные сведения о преимуществах и недостатках данного типа альтернативных источников энергии. К безусловным преимуществам геотермальной энергии стоит отнести ее фактическую неисчерпаемость и стабильность действия. Теплоту недр Земли возможно получать постоянно, в отличие от энергии ветра или Солнца [1-3]. Использование подземных вод может представлять опасность для здоровья человека, поскольку последние могут содержать токсичные соединения.

Surtaev V.V., Osipchuk V.S. Prospects of development of industry of geothermal energy in Ukraine

Geothermal energy allows to get necessary to humanity energy due to the warmth of bowels of the earth of Earth. What anymore outermost Earth an internal layer is certain, the below his temperature. But even the most overhead layer of Earth (about 10 - you are a kilometre) contains the amount of warmth, which is enough for providing of all power necessities of man. Through break a secret in a bark a warmth penetrates on the surface of planet. Potential of geothermal energy is enormous and inexhaustible. Remains only to learn to use that so magnanimously gives nature. For the effective use of warmth of bowels of the earth of Earth it is necessary to have the detailed and reliable information about advantages and lacks of this type of alternative energy sources. To absolute advantages of geothermal energy it is needed to take her actual inexhaustibility and stability of action. The warmth of bowels of the earth of Earth it is possible to get constantly, unlike wind or Sun [power 1-3].

The use of underwaters can present a health hazard man, as the last can contain toxic connections.

УДК 624.012.35: 69.059.7

Єфіменко В.І., Чирва В.М., Савченко А.А., Сухан О.П., Гришковець Т.Ю., Возіян І.О., Наумова М.О. Експериментальні дослідження несучої здатності залізобетонних балок, відновлених полімербетонними ремонтними сумішами

У роботі наведено результати експериментальних досліджень двоетапного випробування залізобетонних балок доведених до руйнування на першому етапі дослідження, потім посилені FRP-матеріалами у розтягненій зоні ламелями MEGAPLATE THR-3000 і заанкерованих на приопорних ділянках мононаправленими вуглецевими полотнами MEGAWRAP-200 з використанням двокомпонентного епоксидного клею EPOMAX-PL.

Зруйновані ділянки бетону у стисненій зоні розчищені і відновлені до початкової геометрії перерізу встановленням ремонтної пломби з полімербетонного розчину по контактному шару з двокомпонентної епоксидної смоли. Використаний полімер бетонний розчин, виконаний на основі епоксидних смол та з заповнювачем з доменного гранульованого шлаку. У дослідженні експериментально визначені фізико-механічні характеристики використаного полімербетонного розчину. На другому етапі дослідження балки були доведені до руйнування за стандартною методикою випробування. Характер руйнування досліджуваних балок схожий на роботу переармованих залізобетонних конструкцій. Під час експериментального дослідження визначено, що розглянутим методом можливо відновлювати несучу здатність та деформативність раніше посилені і зруйновані будівельні конструкції. Експериментально доведено раціональну доцільність використання такого методу відновлення будівельних конструкцій з їх багаторазовим використанням у практиці будівництва.

Ключові слова: Полімербетон, FRP-матеріали, залізобетон, ламель, підсилення, несуча здатність.

Єфименко В.И., Чирва В.М., Савченко А.А., Сухан А.П., Гришковець Т.Ю., Возиян И.О., Наумова М.А. Экспериментальные исследования несущей способности железобетонных балок, восстановленных полимербетонными ремонтными смесями

В работе приведены результаты экспериментальных исследований двуэтапного испытания железобетонных балок доведенных до разрушения на первом этапе исследования, потом усиленных FRP-материалами в растянутой зоне ламелями MEGAPLATE THR-3000 и заанкерованных на оппорных участках мононаправленными углеродными полотнами MEGAWRAP-200 с использованием двухкомпонентного эпоксидного клея EPOMAX-PL.

Разрушенные участки бетона в сжатой зоне расчищены и возобновлены к начальной геометрии перереза установлением ремонтной пломбы из полимербетонного раствора по контактному слою из двухкомпонентной эпоксидной смолы. Исползованный полимер бетонный раствор, выполненный на основе эпоксидных смол и с заполнителем из доменного гранулированного шлака. В исследованных экспериментально определены физико-механические характеристики использованного полимербетонного раствора. На втором этапе исследования балки были доведены до разрушения по стандартной методике испытания. Характер разрушения исследуемых балок похож на работу переармированных железобетонных конструкций. Во время экспериментального исследования определено, что рассмотренным методом возможно возобновлять несущую способность и деформативность ранее усиленных и разрушенных строительных конструкций. Экспериментально доказана рациональная целесообразность использования такого метода возобновления строительных конструкций с их многократным использованием в практике строительства.

Ключевые слова: полимербетон, FRP-материалы, железобетон, ламель, усиление, несущая способность.

Efimenko V.I., Chyrva V.M., Savchenko A.A., Sukhan A.P., Gryshkovets T.Ju., Vozijan I.O., Naumova M.A.

Experimental researches of bearing strength of reinforce-concrete beams, recovered polymer concrete by them by repair mixtures

Results over of experimental researches of a two stage test of reinforce-concrete beams are in - process brought taken to destruction on the first stage of research, then increased FRP - materials in the stretched area by the lamels of MEGAPLATE THR is a 3000 and anchor of on at опорных areas by the monodirected carbon linens of MEGAWRAP-200 with the use of double is a base alkyleneoxide of glue of EPOMAX - PL.

The blasted areas of concrete in a compressed area are cleared and picked up thread to initial geometry of cut establishment of the repair stopping from polymerconcretesolution on a pin layer from double is a base alkyleneoxide of resin. The used polymer is concrete solution, executed on the basis of эпоксидных resins and with a filler from a domain granular slag. Физико is mechanical descriptions of the used polymerconcrete of ного solution is experimentally certain in investigational. On the second stage of research of beam were taken to destruction on the standard methods of test. Character of destruction of the investigated beams looks like work of overreinforced reinforce-concrete constructions. During experimental research certainly, that it is possible to proceed in the considered method bearing strength and deformability of the before increased and blasted building constructions. Rational expediency of the use of such method of proceeding in building constructions is experimentally well-proven with their reusing in practice of building.

Keywords: polymerconcrete, FRP are materials, reinforced concrete, lamel, strengthening, bearing strength.

УДК 658.012.23

Назимко В.В., Мерзлікін А.В., Захарова Л.М., Арєф'єв Є.М. Аналіз відповідності програми розвитку гірничих робіт вугільної шахти проектно-орієнтованому стилю управління.

Проектні ризики вугільних шахт практично не досліджувались, хоча їх частка є найбільшою з приводу специфіки підземних умов роботи та високого ступеню геологічної невизначеності вугільного родовища. В таких умовах адекватна оцінка ризиків невиконання програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт є критично важливою. Аналіз структури програм розвитку гірничих робіт сучасних високопродуктивних вугільних шахт свідчить про те, що вони мають майже всі складові основних фаз проекту протягом його життєвого циклу. В роботі проведено аналіз структури програм розвитку гірничих робіт вугільних шахт. Розглянуті всі стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку. Встановлено, що на стадії проектування основних і допоміжних робіт календарного плану вуглевидобутку наочно проявляється проектно-орієнтований характер програми розвитку гірничих ро-

біт, оскільки всі проекти без виключення складаються як проекти унікальних процесів та об'єктів, а узгодження проектів здійснюється індивідуально для кожного об'єкту. Доведено, що незважаючи на поточний характер вугледобутку, програма розвитку гірничих робіт на вугільній шахті має всі основні риси проекту.

Назимко В.В., Мерзликин А.В., Захарова Л.Н., Арефьев Е.М. Анализ соответствия программы развития горных работ угольной шахты проектно-ориентированному стилю управления.

Проектные риски угольных шахт практически не исследовались, хотя их доля является преобладающей в силу специфики подземных условий работы и высокой степени геологической неопределенности угольного месторождения. В таких условиях адекватная оценка рисков невыполнения программ развития горных работ угольных шахт является критически важной. Анализ структуры программ развития горных работ современных высокопроизводительных угольных шахт свидетельствует о том, что они имеют почти все составляющие основных фаз проекта в течение его жизненного цикла. В работе проведен анализ структуры программ развития горных работ угольных шахт. Рассмотрены все стадии проектирования основных и вспомогательных работ календарного плана угледобычи. Установлено, что на стадии проектирования основных и вспомогательных работ календарного плана угледобычи наглядно проявляется проектно-ориентированный характер программы развития горных работ, поскольку все проекты без исключения составляются как проекты уникальных процессов и объектов, а согласование проектов осуществляется индивидуально для каждого объекта. Доказано, что несмотря на текущий характер угледобычи, программа развития горных работ на угольной шахте имеет все основные черты проекта.

Nazimko V., Merzlikin A., Zakharova L., Arefev E. Analysis of mining development program coal mine project-oriented management style.

Project risks mines almost not studied, but their share is the largest on the specific ground conditions and a high degree of uncertainty geological coal deposit. In such circumstances, an adequate assessment of the risks non-fulfillment programs of mining operations of coal mines is critical. Analysis of the application of modern high-performance mining operations of coal mines indicates that they have almost all components of the main phases of the project during its life cycle. This paper analyzes the structure of programs of mining operations of coal mines. Considered all stages of the design of main and auxiliary work schedule coal. Determined that the design stage of the main and auxiliary work schedule evident coal project-oriented character development programs mining, since all projects without exception as projects consist of unique processes and facilities, and coordination of projects carried out individually for each object. Established that despite the current nature of coal, mining development program at a coal mine has all the main features of the project.

УДК 622.647.2.001.76

Драбчук А.М., Калиніченко Ю.П. Перспективи модернізації уловлювачів конвеєрних стрічок через впровадження інноваційних технологій у процес транспортування сипучих матеріалів

Наведено державні документи у відповідності до яких проводиться дослідження, перелік факторів, що впливають на стан конструкції конвеєра та чинники, що можуть порушити робочий стан агрегатів та призвести до аварії.

Основними тезами статті є : потреба підвищення експлуатаційних характеристик конвеєрних агрегатів задля забезпечення зростання обсягів видобування сировини у відповідності до державних програм розвитку галузі; огляд досліджень, що вже проведені за даним питанням; огляд інноваційних технологій та світової практики їх впровадження.

Окреслено подальші шляхи розвитку дослідження, необхідність розроблення нових методик проведення натурних дослідів та використання сучасних інформаційних систем для підвищення точності і покращення якості отриманих практичних даних. У якості інноваційних технологій виокремлено: модернізація існуючих конструкцій уловлювачів стрічок та поєднання їх з напрацюваннями у сфері комп'ютерного моделювання транспортування сипучих матеріалів конвеєрами.

Драбчук А.М., Калиниченко Ю.П. Перспективы модернизации ловель конвейерных лент через внедрение инновационных технологий в процесс транспортировки сыпучих материалов

Приведены государственные документы в соответствии с которыми проводится исследование, перечень факторов, влияющих на состояние конструкции конвейера и факторы, которые могут нарушить рабочее состояние агрегатов и привести к авариям. Основными тезисами статьи являются: потребность повышения эксплуатационных характеристик конвейерных агрегатов для обеспечения роста объемов добычи сырья в соответствии с государственными программами развития отрасли; обзор исследований, которые уже проведены по данному вопросу; обзор инновационных технологий и мировой практики их внедрения.

Намечены дальнейшие пути развития исследования, необходимость разработки новых методик проведения натурных исследований и использования современных информационных систем для повышения точности и улучшения качества полученных практических данных. В качестве инновационных технологий выделены модернизация существующих конструкций ловителей лент и сочетание их с наработками в сфере компьютерного моделирования транспортировки сыпучих материалов конвейерами

Drabchuk A.M., Kalinichenko Ju.P. Prospects of modernization of catching of conveyer ribbons through introduction of innovative technologies in the process of transporting of friable materials

The article deals with state documents according to which conducted the research, a list of factors that affect the state of conveyor construction and factors that could affect the operating status of components and cause an accident. The main theses of the article are next the need of improving the performance of conveyor units to ensure growth in the extraction of raw materials in accordance with state programs of the industry, a review of researches which had been already conducted on this issue, a review of innovative technologies and world practice implementation of them. Also, the article outlines ways of further research, the need developing new methods of field research and the use of modern information systems to enhance the accuracy and improve the quality of provided useable data. As innovative technologies were singled out: the modernization of existing structures trap strips and combine them with the best practices in the field of computer modeling of the transport of bulk material conveyors.

УДК 691: 692: 620: 624.01

Суртаєв В.В. Сучасні конструкції зовнішніх огорожень будинків з підвищеним теплозахистом

Виконано історичний огляд, проведено аналіз стану енергозбереження при будівництві і експлуатації промислових і громадських будівель, наведені проблемні питання в даному аспекті досліджень. Окреслені основні шляхи підвищення ефективності використання теплоізоляційних матеріалів в сучасному будівництві, зокрема, на прикладі використання панелей «Сендвич», матеріалів на мінеральній основі «Rockwool», газонаповненого бетону та бетонів з теплоізоляційними наповнювачами, «теплої» цегли та інших матеріалів. Теплоізоляційні матеріали на неорганічній основі, а до них, безумовно, відносяться й волокнисті теплоізоляційні матеріали з мінерального й скловолокна, є основними в рішенні питань теплозахисту будинків і устаткування. Вітчизняний рівень техніки, технології, теоретичні і прикладні знання про процес дозволяють стверджувати, що в будівництві будинків з підвищеним теплозахистом, матеріали, унікальні по своїх властивостях і сферам застосування, будуть затребувані в усе більшій мірі.

Ключові слова: панелі «Сендвич», «тепла» цегла, теплоізоляція, бетон, газонаповнений бетон, теплоізоляційні наповнювачі, «тепла» штукатурка

Суртаєв В.В. Современные конструкции внешних ограждений домов с повышенной теплозащитой

Выполнен исторический обзор, проведен анализ состояния энергосбережения при строительстве и эксплуатации промышленных и общественных зданий, приведены проблемные вопросы в данном аспекте исследований. Очерчены основные пути повышения эффективности использования теплоизоляционных материалов в современном строительстве, в частности, на примере использования панелей "Сендвич", материалов на минеральной основе "Rockwool", газонаполненного бетона и бетонов с теплоизоляционными наполнителями, «теплого» кирпича и других материалов. Теплоизоляционные материалы на неорганической основе, а к ним, безусловно, можно отнести и волокнистые теплоизоляционные материалы из минерального и стекловолокна, являются основными решениями вопросов теплозащиты зданий и оборудования. Отечественный уровень техники, технологи, теоретические и прикладные знания о процессе позволяют утверждать, что в строительстве зданий с повышенной теплозащитой, материалы, уникальные по своим свойствам и сферам применения, будут востребованы во все большей мере.

Ключевые слова: панели «Сендвич», «теплый» кирпич, теплоизоляция, бетон, газонаповненный бетон, теплоизоляционные наполнители, «теплая» штукатурка

Surtaev V.V. Modern constructions of outdoor enclosures with enhanced thermal protection of buildings

In the article a historical review and analysis of energy-savings of industrial and public building was conducted at their building and exploitation, problems and questions of researches of this direction are analyzed. Basic ways of increase of efficiency of the use of heat-insulation materials are in modern building, in particular, on the example of the use of panels "Sandwich", materials on mineral basis of "Rockwool", gasfilled concrete and concretes with heat-insulation fillers, "warm" brick and other materials certain. Thermal insulation materials based on nonorganic, and of course fibrous insulation materials from mineral and fiberglass main issues are the thermal protection of buildings and equipment. This is explained by their environmental friendliness, fire safety and durability. The domestic state of the technology, theoretical and applied knowledge of the process suggests that in the construction of houses with high thermal protection, materials with unique properties and application areas, will be in great demand.

Keywords: the panels of type "Sandwich", "warm" brick, heat-insulation, concrete, a concrete is gasfilled, fillers heat-insulation, "warm" plaster

УДК 621.926: 34.16

Моркун В.С., Пикильняк А.В., Бережной Н.Н., Назимко Е.И. Анализ методов управления параметрами газовой фазы пульпы в процессе флотации

В работе получили развитие кинетический и термодинамический анализы прилипания минеральных частиц к воздушному пузырьку. При термодинамическом анализе изучались условия устойчивого существования флотационного комплекса. Получили развитие две термодинамические трактовки прилипания: адсорбционная и капиллярная теория. При кинетическом подходе было определено критическое время индукции и влияние на его значение крупности частиц, возраста пузырька, электролитов, гидродинамики обтекания пузырька, температуры среды. Рассмотрены основные факторы, влияющие на успешное ведение флотации, которые позволяют определить направления интенсификации процесса.

Исследованы процессы изменения размеров газового пузырька в пульпе под воздействием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука. Получены зависимости изменения размера газового пузырька с течением времени в обычных для него условиях и под воздействием ультразвуковой волны с заданной частотой и интенсивностью. Приведено описание метода, позволяющего эффективно управлять составом газовой фазы пульпы в процессе флотации с использованием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука, на базе технологии ультразвуковых фазированных решеток для оптимизации процесса, повышения качества получаемого концентрата и энергоэффективности всего технологического процесса флотации. Приведены результаты моделирования процесса воздействия высокоэнергетического ультразвука на газовую фазу пульпы и результаты проведенных опытно-промышленных испытаний предлагаемого метода оптимизации процесса флотации.

Ключевые слова: фазированная решетка, ультразвук, флотация, пульпа, газовая фаза, управление

Моркун В.С., Пікільняк А.В., Бережний М.М., Назимко Є.І. Аналіз методів управління параметрами газової фази пульпи в процесі флотації

У роботі отримали розвиток кінетичний і термодинамічний аналізи прилипання мінеральних частинок до повітряної бульбашки. При термодинамічному аналізі вивчалися умови стійкого існування флотаційного комплексу. Отримали розвиток два термодинамічних трактування прилипання: адсорбційна і капілярна теорія. При кінетичному підході було визначено критичний час індукції і вплив на його значення крупності частинок, віку бульбашки, електролітів,

гідродинаміки обтікання бульбашки, температури середовища. Розглянуто основні фактори, що впливають на успішне ведення флотації, які дозволяють визначити напрямки інтенсифікації процесу.

Досліджено процеси зміни розмірів газової бульбашки в пульпі під впливом динамічних ефектів високоенергетичного ультразвуку. Отримано залежності зміни розміру газової бульбашки з плином часу в звичайних для нього умовах і під впливом ультразвукової хвилі із заданою частотою та інтенсивністю. Наведено опис методу, що дозволяє ефективно керувати складом газової фази пульпи в процесі флотації з використанням динамічних ефектів високоенергетичного ультразвуку, на базі технології ультразвукових фазованих решіток для оптимізації процесу, підвищення якості одержуваного концентрату та енергоефективності всього технологічного процесу флотації. Наведено результати моделювання процесу впливу високоенергетичного ультразвуку на газову фазу пульпи і результати проведених дослідно-промислових випробувань запропонованого методу оптимізації процесу флотації.

Ключові слова: фазована решітка, ультразвук, флотація, пульпа, газова фаза, управління

Morkun V.S., Pikiñjak A.V., Bereznoy N.N., Nazimko E.I. The analysis of methods for the pulp gas phase parameters control in the flotation process

In this paper a kinetic and thermodynamic analysis of mineral particles adhesion to the air bubbles were developed. For the thermodynamic analysis the conditions of a sustainable existence of the flotation complex were studied. two thermodynamic interpretation of adhesion: adsorption and capillary theory were developed. In the kinetic approach the critical time of induction and its impact on the value of the particle size, the age of the bubble, electrolytes, the bubble flow around hydrodynamic, the ambient temperature was defined. The principal factors influencing on the successful conduction of the flotation, which allow to determine the direction of process intensification were examined.

The processes of the gas bubble size change in the pulp under the influence of the dynamic effects of high-energy ultrasound were studied. The dependence of the gas bubble size changes with time in usual environment and exposed to ultrasonic waves at a predetermined frequency and intensity are defined. A method for the effective control of pulp gas phase composition in the flotation process using the dynamic effects of high-energy ultrasound based on the ultrasound phased arrays to optimize the process, improve the quality and efficiency of the resulting concentrate of the entire flotation technological process is described. The process modeling results of the high-energy ultrasound impact on the pulp gas phase and the results of pilot tests of the proposed method to optimize the flotation process is presented.

Keywords: phased array, ultrasound, flotation, the pulp, the gas phase, control

УДК 621:622.276

Орловський В.М. Термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні

Приведена характеристика чинників, що впливають на якість розмежування пластів. Проведено аналіз якості цементування обсадних колон на бурових підприємствах України. Запропоновано нові термостійкі тампонажні матеріали, що розширюються при твердінні, для цементування глибоких нафтових і газових свердловин.

Ключові слова: цементне кільце, термостійкий тампонажний матеріал; тампонажний матеріал, що розширюється

Орловский В.М. Термостойкие расширяющиеся тампонажные материалы

Приведена характеристика факторов, влияющих на качество разобщения пластов. Проведен анализ качества цементирования обсадных колон на буровых предприятиях Украины. Предложены новые термостойкие расширяющиеся тампонажные материалы для цементирования глубоких нефтяных и газовых скважин.

Ключевые слова: цементное кольцо, термостойкий тампонажный материал, расширяющийся тампонажный материал

The characteristic of the factors affecting the quality of zonal isolation. The analysis of the quality of cementing casing for drilling enterprises of Ukraine. New heat-resistant expansible cement materials are offered for cementation of oil and gases longholes.

Keywords: cement sheath, heat-resistant cement of material, broadening cement of material.

Orlovskiy V.M. Heat-resistant expandable plugging materials

The characteristic of the factors affecting the quality of zonal isolation. The analysis of the quality of cementing casing for drilling enterprises of Ukraine. New heat-resistant expansible cement materials are offered for cementation of oil and gases longholes.

Keywords: cement sheath, heat-resistant cement of material, broadening cement of material.

УДК 629.353: 622.682

Степанкіна І.Б. Удосконалення взаємодії кар'єрного транспорту

У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології. При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту. В статті проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Відмічено, що об'єктивною є необхідність створення транспортних комплексів, що базуються на одночасному або послідовному використанні двох чи більше видів транспорту в самостійному чи комбінованому використанні. Велике значення при цьому має досягнення збалансованої роботи всіх видів транспорту в комплексі. Для оптимізації транспортної системи кар'єру необхідно встановити кількісні та якісні показники взаємодії між транспортними процесами та їх обладнанням, а також раціональні співвідношення параметрів кожного виду кар'єрного транспорту в комплексі. Визначено напрямки дослідження закономірностей взаємодії елементів гірничотранспортної системи кар'єрів з метою збільшення її ефективності. На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується провести обґрунтування параметрів надійності експлуатації автомобільно-конвеєрного комплексу глибоких кар'єрів.

Ключові слова: циклічно-поточна технологія, глибокий кар'єр, автомобільно-конвеєрний комплекс, взаємодія, надійність.

Степанкина И.Б. Совершенствование взаимодействия карьерного транспорта

В современных условиях наиболее эффективными технологиями транспортирования горной массы в глубоких карьерах являются циклично-поточные технологии. При обосновании рациональных параметров надежности эксплуатации карьерных транспортных комплексов важной является проблема взаимодействия составляющих видов транспорта. В статье проведен анализ взаимодействия видов промышленного транспорта глубоких карьеров в современных условиях с целью ее дальнейшего совершенствования. Отмечено, что существует объективная необходимость создания транспортных комплексов, которые базируются на одновременном или последовательном использовании двух и более видов транспорта в самостоятельном или комбинированном использовании. Большое значение при этом имеет достижение сбалансированной работы всех видов транспорта в комплексе. Для оптимизации транспортной системы карьера необходимо установить количественные и качественные показатели взаимодействия между транспортными процессами и их оборудованием, а также рациональные соотношения параметров каждого вида карьерного транспорта в комплексе. Определено направление исследования закономерностей взаимодействия между элементами горнотранспортной системы карьера с целью повышения ее эффективности. На основе проведенных исследований и обработки статистического материала планируется проведение обоснования параметров надежности эксплуатации автомобильно-конвейерного комплекса глубоких карьеров.

Ключевые слова: циклично-поточная технология, глубокий карьер, автомобильно-конвейерный комплекс, взаимодействие, надежность.

Stepankina I.B. Enhancement of interaction in schemes of mine transport

In modern terms the most effective technologies of portage of mountain mass in deep careers are cyclically-continuous technologies. At the ground of rational parameters of reliability of exploitation of quarry transport complexes important is a problem of co-operation of making types of transport. In the article the analysis of co-operation of types of industrial transport of deep quarries is conducted in modern terms with the purpose of her further perfection. It is marked that an objective necessity of creation of transport complexes which are based on the simultaneous or successive use of two and more than types of transport in the independent or combined use is. A large value here has achievement of the balanced work of all types of transport in a complex. For optimization of a transport system of quarry it is necessary to set the quantitative and high-quality indexes of co-operation between transport processes and their equipment, and also rational correlations of parameters of every type of quarry transport in a complex. Direction of research of conformities to law of co-operation between the elements of the mine transport system of quarry is certain with the purpose of increase of her efficiency. On the basis of the conducted researches and treatment of statistical material realization of ground of parameters of reliability of exploitation of motor-car-conveyer complex of deep quarries is planned. Analyzed interaction of mine transport types in modern conditions with a view to improving. Identify the direction of interaction research to increase the efficiency of mining and transportation systems of open pit.

Keywords: циклично-поточная technology, deep quarry, motor-car-conveyer complex, co-operation, reliability.

УДК 622.232.3

Рудь Ю.С., Радченко И.С., Белоножко В.Ю., Олейник С.Ю. Моделирование процесса разрушения кристаллических горных пород машинами ударного действия

Актуальность проблемы исследования процесса разрушения кристаллических горных пород машинами ударного действия обусловлена практической необходимостью повышения их технических характеристик.

Опубликовано ряд работ, в которых рассматриваются явление удара при бурении горных пород машинами ударного действия, описаны и проанализированы теории, применяемые при решении задачи соударения физических тел, изложены результаты экспериментальных исследований процесса разрушения горных пород. В этих работах не учитываются физико-механические свойства горной породы, которые должны приниматься во внимание при определении оптимальных параметров режима бурения. Предложена физическая модель разрушения кристаллической горной породы машинами ударного действия. На основе этой модели составлено дифференциальное уравнение, которое связывает силу и продолжительность удара бурового инструмента перфоратора с физико-механическими свойствами породы и скоростью ее разрушения. Решение данного уравнения позволило получить зависимости перемещения и скорости движения горной породы, а также проанализировать влияние продолжительности воздействия нагрузки на эти параметры.

Рудь Ю.С., Радченко И.С., Белоножко В.Ю., Олейник С.Ю. Моделювання процесу руйнування кристалічних гірських порід машинами ударної дії

Актуальність проблеми дослідження процесу руйнування кристалічних гірських порід машинами ударної дії обумовлена практичною необхідністю підвищення їх технічних характеристик.

Опубликовано ряд робіт, в яких розглядаються явище удару при бурінні гірських порід машинами ударної дії, описані і проаналізовані теорії, вживані при рішенні задачі зіткнення фізичних тіл, викладені результати експериментальних досліджень процесу руйнування гірських порід. У цих роботах не враховуються фізико-механічні властивості гірської породи, які повинні братися до уваги при визначенні оптимальних параметрів режиму буріння.

У даній роботі запропоновано фізичну модель руйнування кристалічної гірської породи машинами ударної дії. На основі цієї моделі складено диференціальне рівняння, яке зв'язує силу і тривалість удару бурового інструменту перфоратора з фізико-механічними властивостями породи і швидкістю її руйнування. Рішення цього рівняння дозволило отримати залежності переміщення і швидкості руху гірської породи, а також проаналізувати вплив тривалості дії навантаження на ці параметри.

Рудь Ю.С., Радченко И.С., Белоножко В. Ю., Олейник С. Ю. Design of process of destruction of crystalline mountain breeds impactors

Actuality of problem of research of process of destruction of crystalline mountain breeds impactors is conditioned by the practical necessity of increase of their technical descriptions.

The row of works in which examined the phenomenon of blow at the boring drilling of mountain breeds impactors is published, theories, applied at the decision of task of hitting of physical bodies, are described and analysed, the results of experi-

mental researches of process of destruction of mountain breeds are expounded. phizico-mekhanical properties of mountain breed, which must be taken into account at determination of optimal parameters of the mode of the boring drilling, are not taken into account in these works.

The physical model of destruction of crystalline mountain breed impactors is offered in the real work. On the basis of this model worked out a differential equation which binds force and duration of blow of boring instrument of perforator to физико-механическими properties of breed and speed of her destruction. The decision of this equalization allowed to get dependences of moving and rate of movement of mountain breed, and also to analyse influence of duration of influence of loading on these parameters.

УДК 004.75.056.5: 004.455

Михайлів В.І. Критичний аналіз засобів та методів захисту інформації в хмарних системах зберігання даних

Розглядається сучасний стан проблеми захисту інформації в хмарних системах зберігання даних, а також наводяться результати детального критичного огляду переваг та недоліків програмних засобів та методів захисту інформації в хмарних сховищах даних. Виконано аналіз найбільш значних досліджень та патентів. Розглянуто проблеми та вразливості безпеки хмарних систем зберігання даних.

Михайлив В.И. Критический анализ средств и методов защиты информации в облачных системах хранения данных
Рассматривается современное состояние проблемы защиты информации в облачных системах хранения данных, а также приводятся результаты детального критического обзора преимуществ и недостатков программных средств и методов защиты информации в облачных хранилищах данных. Выполнен анализ наиболее значительных исследований и патентов. Рассмотрены проблемы и уязвимости безопасности облачных систем хранения данных.

Mykhailiv V.I. The critical analysis of means and methods of information protection in cloud storage systems

Examines the current state of information security in cloud storage systems, as well as the results of a detailed critical review of the advantages and disadvantages of software and methods of information protection in cloud storage. The analysis of the most considerable researches and patents was made. Problems and vulnerabilities of safety in cloud storage systems were considered.

УДК 65.011.56: 622.7.01

Моркун В.С., Тронь В.В., Моркун Н.В. Формирование робастного автоматизированного управления замкнутым циклом измельчения на основе H_{∞} -нормы

В статье приведены результаты исследование методов формирования автоматизированного управления технологическим процессом измельчения в условиях неустойчивости характеристик железорудного сырья и неопределенности параметров технологического процесса

Ключевые слова: автоматизация, робастное управление, измельчение руд

Моркун В. С., Тронь В. В., Моркун Н.В. Формування робастного автоматизованого управління замкненим циклом подрібнення на основі H_{∞} -норми

У статті наведено результати дослідження методів формування автоматизованого управління технологічним процесом подрібнення в умовах нестійкості характеристик залізорудної сировини і невизначеності параметрів технологічного процесу

Ключові слова: автоматизація, робастне управління, подрібнення руд

Morkun V.S., Tronj V.V., Morkun N.V. Forming of the robastno automated management the reserved cycle of growing shallow on the basis of H_{∞} -norm

In the article results over are brought research of methods of forming of the automated management the technological process of growing in the conditions of instability of descriptions of iron-ore raw material and vagueness of parameters of technological process shallow

Keywords: automation, robastno management, growing of ores shallow

УДК 681.586.6

Микитин О.В. Характеристика цифрового датчика температуры DS18B20 фирмы «Dallas Semiconductor» та дослідження його точності

У статті наведено результати дослідження характеристик цифрового датчика температури DS18B20 фірми «Dallas Semiconductor». Приведено схеми способів підключення датчика до мікропроцесорної плати Arduino Uno, необхідні для роботи бібліотеки та послідовні дії по налагодженню зв'язку між ними. Детально описані можливі налаштування для отримання вихідних значень (температури) датчика та встановлення точності показань.

В результаті проведених робіт із цими датчиками та вимірювання їх показань температури було зроблено аналіз, згідно з яким на графіках відображено межі розкиду отриманих значень від датчиків одного й того ж типу. Було визначено точність показань датчика, а саме обчислено абсолютну, відносну та середню відносну похибки, що були отримані при зчитуванні значень температури. Після проведення вказаних досліджень та огляду інших датчиків температури такого ж типу зі схожими параметрами було зроблено висновки - де саме доцільно використовувати даний датчик температури, виходячи із співвідношення його ціни та точності показань температури.

Ключові слова: цифровий датчик, температура, експеримент, похибка, точність, тарування, розкид значень, мікроконтролерна техніка.

Микитин О.В. Характеристика цифрового датчика температуры DS18B20 фирмы "Dallas Semiconductor" и исследования его точности

В статье приведены результаты исследования характеристик цифрового датчика температуры DS18B20 фирмы "Dallas Semiconductor". Приведены схемы способов подключения датчика к микропроцессорной плате Arduino Uno, необходимые для работы библиотеки и последовательные действия по налаживанию связи между ними. Детально

описаны возможные настройки для получения исходных значений (температуры) датчика и установления точности показаний.

В результате проведенных работ с этими датчиками и измерения их показаний температуры был сделан анализ, согласно которому на графике отображены пределы разброса полученных значений от датчиков одного и того же типа. Была определена точность показаний датчика, а именно вычислена абсолютная, относительная и средняя относительная погрешности, которые были получены при считывании значений температуры. После проведения указанных исследований и обзора других датчиков температуры такого же типа с похожими параметрами были сделаны выводы - где именно целесообразно использовать данный датчик температуры, выходя из соотношения его цены и точности показаний температуры.

Ключевые слова: цифровой датчик, температура, эксперимент, погрешность, точность, тарирование, разброс значений, микроконтролерна техника.

Mykytyn O.V. Description of digital sensor of temperature of DS18B20 of firm "Dallas Semiconductor" and research of his exactness

Results over of research of descriptions of digital sensor of temperature of DS18B20 of firm "Dallas Semiconductor" are brought in the article. Charts over of methods of connecting of sensor are brought to the microprocessor pay of Arduino Uno, necessary for work of library and successive operating under adjusting of connection between them. In detail the possible tuning is described for the receipt of initial values (temperatures) of sensor and establishment of exactness of testimonies.

As a result of the conducted works with these sensors and measuring of their testimonies of temperature an analysis according to which on graphic arts the limits of variation of the got values are represented from sensors the same to the type was done. Exactness of testimonies of sensor was certain, the absolute is namely calculated, relative and middle relative errors which were receipt at the read-out of values of temperature. After realization of the indicated researches and review of other sensors of temperature the same to the type with alike parameters were drawn conclusion - where it is exactly expedient to use this sensor of temperature, going out correlation of his price and exactness of testimonies of temperature.

Key words: digital sensor, temperature, experiment, error, exactness, taring, variation of values, мікроконтролерна technique.

УДК 622.24: 621.921.34

Лобова К.В., Лобов В.Й. Аналіз і класифікація каналів зв'язку для АСУТП бурових верстатів

У статті показано, що реалії виробництва свердловин у залізорудних кар'єрах вимагають знаходження від бурових верстатів технічної інформації про стан роботи обладнання і технологічних параметрів свердловин та негайно реагувати на будь-які зміни, що при цьому відбуваються в реальному масштабі часу з внесенням відповідних даних при невідповідності технології буріння або аварійних режимах. Тому розглянуті різні технології та проаналізовані особливості сучасних каналів передачі даних, які можуть бути використані для діагностики та візуалізації стану роботи обладнання бурового верстату і визначення технологічних параметрів бурових свердловин. Враховані та виявлені основні їх недоліки, виконана класифікація каналів передачі даних, які по техніко-економічним показникам можуть бути використані в АСУТП бурових верстатів і системах диспетчеризації гірничо-збагачувальних комбінатів. Надані основні визначення каналів передачі даних і запропоновано використовувати бездротові системи передачі даних (по каналах стільникового зв'язку з доступом до ТМЗК і мережі Інтернет), які є найбільш ефективними каналами зв'язку для бурового верстату.

Лобова К.В., Лобов В.И. Анализ и классификация каналов связи для АСУТП буровых станков

В статье показано, что реалии производства скважин в железорудных карьерах требуют поступления от буровых станков технической информации о состоянии работы оборудования и технологических параметров скважин и немедленно реагировать на любые изменения, которые при этом происходят в реальном масштабе времени с внесением соответствующих данных при несоответствии технологии бурения или аварийных режимах. Поэтому рассмотрены различные технологии и проанализированы особенности современных каналов передачи данных, которые могут быть использованы для диагностики и визуализации состояния работы оборудования бурового станка и определения технологических параметров буровых скважин. Учтены и выявлены основные их недостатки, выполнена классификация каналов передачи данных, которые по технико-экономическим показателям могут быть использованы в АСУТП буровых станков и системах диспетчеризации горно-обогатительных комбинатов. Даны основные определения каналов передачи данных и предложено использовать беспроводные системы передачи данных (по каналам сотовой связи с доступом к ТМЗК и сети Интернет), которые являются наиболее эффективными каналами связи для бурового станка.

K. V. Lobova, V. Y. Lobov. Analysis and classification of communication channels for DCS drilling rigs

The article shows that the realities of the production wells in the iron ore mines require finding from drilling rigs technical information about the state of operation of the equipment and process parameters wells and immediately respond to any changes that happen in real time, making appropriate data mismatch drilling technology, or emergency conditions. We discussed various techniques and analyzed the features of modern data transmission channels, which can be used for diagnostics and visualization of operating status of the equipment drilling rig and determination of technological parameters of drilling wells. Counted and identified their main defect classification data transmission channels, which according to technical and economic indicators can be used in process control drilling rigs and dispatching systems of mining and processing plants. Given the basic definitions of the data channels and the proposed use wireless data transmission system (for cellular communication channels with access to TSC and the Internet), which are the most effective communication channels for drilling rig.

УДК.622.61

Почужевский О.Д., Арефьев Е.М. Сравнительная оценка технологий очистки конвейерных лент

На основе анализа вопроса очистки ленты от налипающей на нее горной массы установлено, что это является одной из важнейших операций при эксплуатации ленточных конвейеров на горных предприятиях, которая в свою очередь

занимає около 25 % об'єму ручних робіт по їх обслуговуванню, а також приводить к третій всіх нещасних випадків на підприємствах гірничої промисловості. Проведений аналіз досліджень, дозволив установити, що існує достатньо багато різних способів очищення лент, однак задача вибору оптимального способу очищення для конкретних умов залежить від сукупності всіх факторів (критеріїв) і може бути вирішена тільки за допомогою багатокритеріальної оптимізації. Даний метод рішення задачі, заключається в пошуку оптимального рішення, що задовольняє декільком критеріям, і зводиться до виконання ряду етапів. В зв'язку з цим запропоновано алгоритм порівняльної оцінки ефективності способів очищення конвеєрних лент, що складається з чотирьох етапів, який може бути використаний при проектуванні конвеєрів під задані умови експлуатації конвеєра. Алгоритм враховує 24 критеріїв ефективності, об'єднані в економічні, експлуатаційні, технологічні та соціальні групи, а також вагомості цих критеріїв. Таким чином, результати багатокритеріальної оптимізації дозволяють зробити висновок про перспективність очищення конвеєрних лент від налиплих гірничих мас відривом, що забезпечує мінімальне значення інтегрального критерію.

Ключевые слова: конвейерная лента, налипанье горной массы, очистка, анализ, способ, факторы, многокритериальная оптимизация, критерии эффективности, весомость критерия, оптимальное решение, алгоритм, очистные устройства.

Почужевський О.Д., Арєф'єв Є.М. Порівняльна оцінка технологій очищення конвеєрних стрічок

На основі аналізу питань очищення стрічки від налипає на неї гірничої маси встановлено, що це є однією з найважливіших операцій при експлуатації стрічкових конвеєрів на гірничих підприємствах, яка в свою чергу займає близько 25% об'єму ручних робіт з їх обслуговування, а також призводить до третини всіх нещасних випадків на підприємствах гірничої промисловості. Проведений аналіз досліджень, дозволив встановити, що існує досить багато різних способів очищення стрічок, однак завдання вибору оптимального способу очищення для конкретних умов залежить від сукупності всіх факторів (критеріїв) і може бути вирішена тільки за допомогою багатокритеріальної оптимізації. Даний метод вирішення завдань, полягає в пошуку оптимального рішення, що задовольняє кількома критеріями і зводиться до виконання ряду етапів. У зв'язку з цим запропоновано алгоритм порівняльної оцінки ефективності способів очищення конвеєрних стрічок, що складається з чотирьох етапів, який може бути використаний при проектуванні конвеєрів під конкретні умови експлуатації конвеєра. Алгоритм враховує 24 критеріїв ефективності, об'єднані в економічні, експлуатаційні, технологічні та соціальні групи, а також вагомості цих критеріїв. Таким чином, результати багатокритеріальної оптимізації дозволяють зробити висновок про перспективність очищення конвеєрних стрічок від налиплих гірничих мас відривом, що забезпечує мінімальне значення інтегрального критерію.

Ключові слова: конвеєрна стрічка, налипання гірничої маси, очищення, аналіз, спосіб, фактори, багатокритеріальна оптимізація, критерії ефективності, вагомість критерію, оптимальне рішення, алгоритм, очисні пристрої.

Pochuzhevsky O.D., Arefiev E.M. Comparative evaluation of treatment technologies conveyor belts

Based on the analysis of the problem cleaning tape from adhering to it the rock mass is established that it is one of the most important operations in the operation of belt conveyors in mining enterprises, which in turn takes about 25% of manual work on their service, and also leads to a third of all accidents at mining enterprises. The analysis of studies revealed that there are quite a lot of different ways of cleaning tapes, however, the task of choosing the best method of cleaning for specific conditions depends on a combination of various factors (criteria) and can only be solved with the help of multi-criteria optimization. This method of solving problems is to find the optimal solution that meets several criteria, and is to implement a number of stages. In this regard, an algorithm for evaluating the effectiveness of methods of comparative cleaning conveyor belts, consisting of four steps, which can be used for cleaning a predetermined design operating conditions of the conveyor. The algorithm takes into account the 24 private criterion of efficiency, combined in economic, operational, technological and social groups, as well as the weighting of these criteria. Thus, the results of multi-criteria optimization leads to the conclusion about the prospects of cleaning conveyor belts from adhering rock mass separation, which provides the minimum value of the integral criterion.

Key words: the conveyor belt, sticking the rock mass, purification, analysis, process factors, multicriteria optimization, performance criteria, the weight criterion, the optimal solution algorithm, water treatment devices.

УДК 681.5.015: 622.73. 002

Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тіторенко К.Г. Інтелектуальна система управління електроспоживанням дробарної фабрики

Розроблено інтелектуальну систему управління електроспоживанням дробарної фабрики в період обмеження максимуму енергосистеми. Управління дробарними фабриками за допомогою сучасних інтелектуальних систем експертного оцінювання багатостадійного процесу дроблення в період «день», «ніч», «пік», «напівпік» забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на 1 т дробленого продукту. Розроблено адаптивну систему управління електроспоживанням типової дробарної фабрики гірничозбагачувального комбінату, в якій використано експертні системи автоматизованого управління технологічними процесами дроблення та управління електроспоживанням. У системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання дробарних фабрик важливу роль відіграє організація процесу розпізнавання технологічних ситуацій оцінки знань оператора електроспоживання і прийняття рішень. Усі процесори в інтелектуальній системі управління (ІСУ) працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд з датчиків контролю якості руди, систем телемеханіки і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД2.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, інтелектуалізація.

Хорольський В.П., Хорольський Д.В., Тіторенко К.Г. Интеллектуальная система управления электропотреблением дробильной фабрики

Разработана интеллектуальная система управления электроснабжением дробильной фабрики в периоды ограничения максимума энергосистемы. Управление дробильными фабриками с помощью современных экспертных систем оцен-

ки многостадийного процесса дробления в реальном масштабе времени в периоды «день», «ночь», «пик», «полупик» обеспечивает оптимальное оперативное управление технологическим процессом с гарантированным уменьшением удельных затрат электрики на 1 т дробленного продукта. Разработана адаптивная система электропотреблением типовой дробильной фабрики горнообогатительного комбината, которой использованы экспертные системы автоматизированного управления технологическими процессами дробления и управления энергопотреблением. В системе интеллектуального управления и оптимизации электропотребление дробильных фабрик важную роль играют процессы распознавания технологических ситуаций, ситуаций энергообеспечения, оценки знаний оператора электропотребления и принятие решений. Все компьютеры в интеллектуальной системе управления (ИСУ) работают в режиме циклического сканирования входных данных и команд с датчиков контроля качества руды, систем телемеханики и систем локальной автоматизации управления процессом дробления в ККД, КСД, КМД1, КМД2.

Ключевые слова: система, электроснабжение, дробильная фабрика, интеллектуализация.

Khorolskiy Хорольський В. П., Хорольський Д.В., Титоренко К.Г. Intellectual control system by the electroconsumption of a crush factory

Developed intelligent control system power consumption crushing plant in restricted periods of maximum power systems. The main objective of the paper is to develop intelligent process management concepts crushing energy factories of mining and metallurgical complex of Ukraine. The fact that the cost of technological processes of crushing and grinding and pelletizing make up more than half the cost of mining and processing production. The process of crushing and grinding of the position of optimal control power consumption is dynamic, nonlinear, stochastic objects with variable parameters with transport delay, different dynamic regimes active power consumption (changing structure) and depend on the experience of the personnel managers as elektrospozhyvchyh systems and crushing factories. The approach to construction of intelligent system power consumption management that automates dispatch control power consumption and DF based on the methodology of decision-making intelligence. New in this technology is the ability to problem recognition technology management, automatic search and problem solving logic management decisions and actions obtaining explanations operational staff. The presence of such technology has allowed the operational staff agreed to manage the processes of fragmentation during periods of peak power limit due to the developed adaptive systems management processes of crushing and grinding time and determination of active power and discharge gap width value crusher for the next interval.

Key words: system, intelligent, crushing factories, management.

УДК 621.316.9:622.271.33

Пироженко А.В., Пироженко Т.В. Основа опори без застосування інвентарних вантажів для високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач

Стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач визнаний як критичний через недостатню стійкість опор з металевими основами. Всі відомі рішення металевої основи пересувної опори потребують привантаження основи для забезпечення її стійкості. Привантаження не може гарантувати стійкість основи опори, оскільки в умовах відкритих гірничих робіт здійснюється породою. Наведена методика розрахунку металевої основи пересувної опори внутрішньокар'єрних високовольтних ліній електропередачі, яка забезпечує її стійкість без додаткового навантаження. Опори розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів. Вказані розрахунки проводились для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш невідповідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов. Розрахунки стійкості опори проводились в режимі найбільших навантажень, тому що тяжіння проводів в цьому режимі значно перевищує тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру. Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тяжіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тяжіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру і температурі -5°C . Після визначення усіх складових розв'язувалося рівняння рівноваги опори відносно маси основи при необхідному коефіцієнті стійкості. В результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг. Розроблена конструкція основи для будь-якого типу пересувних опор, яка не потребує при вантаженні.

Ключові слова: основа пересувної опори, інвентарні вантажі, привантаження, стійкість опори.

Пироженко А.В., Пироженко Т.В. Основание опоры без применения инвентарных грузов для высоковольтных передвижных внутрикарьерных линий электропередачи.

Состояние безопасности при переустройстве (сооружении) высоковольтных передвижных внутрикарьерных линий электропередачи признано как критическое из-за недостаточной устойчивости опор с металлическими основаниями. Все известные решения металлического основания передвижной опоры требуют пригрузки основания для обеспечения её устойчивости. Пригрузка не может гарантировать устойчивость опоры, поскольку в условиях открытых горных работ осуществляется породой. Приведена методика расчёта металлического основания передвижной опоры внутрикарьерных высоковольтных линий электропередачи, которая обеспечивает её устойчивость без дополнительной нагрузки. Опоры рассчитывались на нагрузку от собственного веса и ветровую нагрузку на конструкцию, на нагрузку от проводов воздушной линии, а также на нагрузки, которые обусловлены принятым способом монтажа и от веса монтера и монтажных приспособлений. Указанные расчёты проводились для каждого типа опор в нормальном, аварийном и монтажном режимах воздушной линии при наиболее невыгодном с точки зрения стойкости опоры сочетании климатических условий. Расчёты устойчивости опоры проводились в режиме наибольших нагрузок, т.к. тяжение проводов в этом режиме значительно превышает тяжение проводов в режиме наиболее низкой температуры без ветра. Анализ схем расчётных нагрузок на опору от тяжения проводов показал, что наиболее опасным режимом тяжения проводов, с точки зрения стойкости опор, является нормальный режим угловой промежуточной опоры при максимальном нормальном напоре ветра и температуре -5° . После определения всех составляющих, решалось урав-

нение равновесия опоры относительно массы основания при необходимом коэффициенте стойкости. Разработана конструкция основания для любого типа передвижных опор, которая не требует пригрузки.

Ключевые слова: основание передвижной опоры, инвентарные грузы, пригрузка, устойчивость опоры.

Pirozhenko A.V., Pirozhenko T.V. The base of support without the use of inventory loads for high-voltage movable lines of electricity transmissions into quarry.

The state of security in the reconstruction (construction) of high-voltage movable lines of electricity transmissions into quarry, as critical due to the insufficient stability of the supports with metal bases. All known solutions of the metal base movable supports require additional loading to ensure its sustainability. The additional loading cannot guarantee the stability of the support, which surface mining is carried out by the breed. The methodology of calculation of the metal base for high-voltage movable lines of electricity transmissions into quarry, which ensures its stability without the additional load. Supports were calculated on the load from their own weight and wind loading on a construction, on loading from the wires of air-track, and also on loading which due to the accepted method of editing and from weight of fitter and assembling accessories. These calculations were conducted for each type of support both in the normal, emergency (assembling) modes of air-track at the most unprofitable from the point of view of firmness of support combination of climatic terms. Calculations of the stability of support were held in the biggest loads, because the pull wires in this mode significantly exceeds the pull of the wires in the regime of low temperatures without wind. The analysis of charts of the calculation loading on support from the gravitation of send-offs shows that the most dangerous mode of gravitation of send-offs, from the point of view of firmness of support, the normal mode of angular intermediate support is at maximal normative pressure of wind and temperature -5°C . After determination of all component decided equalization of equilibrium of support in relation to mass of base of at the required coefficient of firmness. It is set as a result of the conducted calculations, that minimum necessary mass of base of support for providing of her firmness at a length of 3.6 m, width a 3 m, makes 1300 kg. The design basis for any type of movable supports, which does not require the additional loading.

Key words: the base of movable bearing, the inventory loads, the additional loading, the steadiness of the base.

УДК 519.6: 371.214

Бурнасов П.В. Критерії оптимальності задачі складання розкладу занять в системі управління ресурсами як підсистеми АСУ ВИШУ

Розглянуто критерії оптимальності задачі автоматизованого складання розкладу занять вищих навчальних закладів, відмінностями яких від існуючих є групування частинних критеріїв оптимальності для побудови двох узагальнених критеріїв оптимальності, відповідальними за ступінь врахування інтересів студентів та викладачів. Узагальнені критерії оптимальності вводяться як зважена адитивна згортка частинних критеріїв оптимальності. В узагальненій критерій врахування інтересів студентів входять чотири часткових критеріїв оптимальності: число "вікон" у розкладі навчальних груп, баланс навантаження в розкладі навчальних груп, виконання правил угрупування занять по дням тижню, виконання правил угрупування занять по порядку занять в один день. До складу критерію врахування інтересів викладачів входять наступні частинні критерії: число "вікон" у розкладі викладачів, виконання обмеження на максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, виконання обмеження на мінімальне число занять у довільний день тижня для викладачів, особисті побажання викладачів. Узагальнений критерій оптимальності розкладу викладачів враховує ступінь оптимальності індивідуального розкладу кожного викладача. Для кількісного порівняння та ранжування часткових критеріїв оптимальності вводиться числовий еквівалент ступеня важливості кожного часткового критерію оптимальності.

Бурнасов П. В. Критерии оптимальности задачи складывания расписания занятий в системе управления ресурсами как подсистемы АСУ ВИШУ

Рассмотрены критерии оптимальности задачи автоматизированного складывания расписания занятий высших учебных заведений, отличиями которых от существующих являются группировки критериев частей оптимальности для построения двух обобщенных критериев оптимальности, ответственными за степень учета интересов студентов и преподавателей. Обобщенные критерии оптимальности вводятся как взвешена адитивна згортка критериев частей оптимальности. В обобщенный критерий учета интересов студентов входят четыре частичных критериев оптимальности: число "окон" в расписании учебных групп, баланс нагрузки в расписании учебных групп, выполнения правил группировки занятий по дням недели, выполнение правил группировки занятий по порядку занятий в один день. В состав критерия учета интересов преподавателей входят следующие критерии частей: число "окон" в расписании преподавателей, выполнения ограничения на максимальное число занятых дней в неделю для преподавателей, выполнение ограничения на минимальное число занятий в произвольный день недели для преподавателей, личные пожелания преподавателей. Обобщенный критерий оптимальности расписания преподавателей учитывает степень оптимальности индивидуального расписания каждого преподавателя. Для количественного сравнения и ранжировки частичных критериев оптимальности вводится числовой эквивалент степени важности каждого частичного критерия оптимальности.

Burnasov P.V. Optimality criteria of timetable scheduling in the system of resource management as a subsystem of automated system of management of higher educational institution

Optimality criteria of automated lessons scheduling is considered. The difference from existing ones is group of partial optimality criteria used for creation of two general criteria taking into counting for students' and lecrurers' interests. The generalized optimality criteria are entered as the weighted additive convolution partial optimality criteria. In general criterion for consideration of the interests of students includes four partial optimality criteria: the number of "windows" in the schedule training groups, load balance schedule of educational groups and groups of rules on the days lessons, group classes of rules in order sessions in one day. The structure criterion considering the interests of teachers includes the following partial criteria: the number of "windows" in the schedule of teachers, performance limitation on the maximum number of employment days a week for teachers, implementation of restrictions on the minimum number of lessons to any day of the week for teachers, professors personal wishes. The generalized optimality criterion schedule of teachers considers the degree of optimality of

scheduling each individual teacher. For quantitative comparison and ranking of partial optimality criteria entered numeric equivalent degree of importance of each partial optimality criterion.

УДК 631.31:631.331

Лобов В.Й. Адаптивне керування процесом нарізання борозни сошником сівалки

У статті проаналізовано конструкторські та технологічні особливості сучасних сошників, які можуть бути використані для нарізування борозни просапних сільськогосподарських культур, виявлено їх основні недоліки. Основним недоліком сошників є їх складність у виготовленні і експлуатації. Пристрої управління сошниками мають динамічну помилку по потужності при врізанні в ґрунт до 60%. З підвищенням коефіцієнта різання ґрунту сошником, недостатньо підвищується стійкість для потрібної якості формування посівної борозни, при цьому помилка досягає 40%. Тому для підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідно забезпечити більш дружні сходи, а це можливо лише при формуванні сошниками посівної машини борозенок відповідає агротехнічним вимогам глибини. Так як на схожість і розвиток рослин впливають рівномірність посіву насіння по довжині рядка і глибині закладення, то запропоновано регулювати глибину посівної борозни при зміні швидкості переміщення сівалки з урахуванням в борозні параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту з варіюванням величин статичної та динамічної помилок. Дана блок-схема системи для адаптивного керування процесом різання борозен. Визначено передатні функції елементів системи.

Пристрій для адаптивного управління процесом нарізування борозни сошником сівалки містить: блок завдання, суматор, привод сошника, редуктор приводу сошника, блок керування швидкістю переміщення сівалки, датчик потужності, пороговий елемент, модель процесу управління нарізування борозни, датчик швидкості переміщення сошника, фільтр і датчики параметрів фізичних і механічних властивостей ґрунту. Встановлено, що змінюючи глибину зворотного зв'язку (пропорційну частину), можна варіювати величиною статичної помилки. Регулюючи глибину зворотного зв'язку (диференціальна та інтегральна частини), можна варіювати величиною динамічної помилки (пере регулювання системи при накиданні навантаження).

Лобов В.И. Адаптивное управление процессом нарезания борозды сошником сеялки

В статье проанализированы конструкторские и технологические особенности современных сошников, которые могут быть использованы для нарезания борозды пропашных сельскохозяйственных культур, выявлены основные их недостатки. Основным недостатком сошников является их сложность в изготовлении и в эксплуатации. Устройства управления сошниками имеют динамическую ошибку по мощности при врезке в ґрунт до 60%. С повышением коэффициента резания почвы сошником, недостаточно повышается устойчивость для нужного качества формирования посевной борозды, при этом ошибка достигает 40%. Поэтому для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо обеспечить более дружные всходы, а это возможно только при формировании сошниками посевной машины бороздок соответствующей агротехническим требованиям глубины. Так как на всхожесть и развитие растений влияют равномерность посева семян по длине рядка и глубине заделки, то предложено регулировать глубину посевной борозды при изменении скорости перемещения сеялки с учетом в борозде параметров физических и механических свойств ґрунта с варьированием величин статической и динамической ошибок. Дана блок-схема системы для адаптивного управления процессом резания борозд. Определены передаточные функции элементов системы. Устройство для адаптивного управления процессом нарезания борозды сошником сеялки содержит: блок задания, сумматор, привод сошника, редуктор привода сошника, блок управления скоростью перемещения сеялки, датчик мощности, пороговый элемент, модель процесса управления нарезания борозды, датчик скорости перемещения сошника, фильтр и датчики параметров физических и механических свойств ґрунта. Установлено, что изменяя глубину обратной связи (пропорциональную часть), можно варьировать величиной статической ошибки. Регулируя глубину оборотной связи (дифференциальная и интегральная части), можно варьировать величиной динамической ошибки (пере регулирования системы при набрасывании нагрузки).

Lobov V.Y. Adaptive management process furrows opener planter

The article analyzes the design and technological features of modern openers, which can be used for cutting a furrow tilled crops identified their main disadvantages. The main disadvantage of openers is their complexity in manufacture and in operation. Device management openers have a dynamic error power at the sidebar in the soil up to 60%. With the increase of the coefficient of cut soil opener, not enough resistance for the desired quality of formation of the seed furrow, the error reaches 40%. Therefore, to increase yields of crops needed to provide a more vigorous seedlings and this is only possible when forming openers sowing machine grooves corresponding to the agricultural requirements of depth. Because germination and development of plants is affected by the uniformity of seeding along the length of the row and the depth, it is proposed to vary the depth of the seed furrow when changing the speed of the drill within the furrow of the parameters of physical and mechanical properties of soils with varying values of static and dynamic errors. Given a block diagram of a system for adaptive management process of cutting grooves. Determined transfer function of the system elements. Device for adaptive management process furrows opener planter contains: unit assignments, the adder, the drive openers, gear drive opener, the control unit speed drills, power sensor, the threshold element, the model management process furrows, the speed of movement of the Coulter, the filter and the sensor parameters of physical and mechanical properties of soil. Found that changing the depth of feedback (proportional part), it is possible to vary the magnitude of the static errors. Adjusting the depth of the reverse link (differential and integral), it is possible to vary the value of the dynamic error (re regulation system at spreading the load)

УДК 535.434

Рудь Ю.С., Радченко И.С., Малиновская С.И., Белоножко В.Ю. Расчет спектров поглощения и рассеяния света наночастицами магния

Наночастицы металлов с размерами 1-100 нм обладают статистическими свойствами и в настоящее время находят широкое применение в медицине и в различных областях техники. При этом необходимо знать размер и форму наночастиц. Особенно важным является вопрос, при каких размерах наночастиц происходит переход металл-изолятор.

Исследование спектров поглощения света наночастицами металлов позволяет ответить на многие вопросы. Оптические методы исследования свойств наночастиц занимают особое место, так как при этом не производится никакого физического воздействия на частицы. Знание вычисленных спектров поглощения света наночастицами и сравнение их с экспериментальными данными для центров окраски разными способами обработанных и облученных кристаллов позволяет идентифицировать эти центры.

Вычислены спектры ослабления (рассеяние-поглощение) света сферическими наночастицами магния в различных средах (системы MgF_2 -Mg, LiF-Mg, бензин-магний). Спектральные зависимости коэффициентов ослабления сферическими наночастицами вычислялись по полным формулам Г.Мие. Оптические постоянные магния можно описать классической теорией оптических свойств металлов, основанной на модели свободных электронов, разработанной Друде, Зинером, Кронигом. При этом плазменная частота $\omega_p^2 = 137,09 \cdot 10^{30} \text{ с}^{-1}$, скорость электронов на уровне Ферми $U_p = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ нм/с}$, частота релаксации электронов $1/\tau = 0,05 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. Нашли, что максимумы полос ослабления расположены $\lambda_{\text{max}} = 270 \text{ нм}$ для системы бензин-магний, $\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ нм}$ для системы LiF-Mg. Для системы наночастиц магния в бензине были измерены спектры поглощения. Сравнение вычисленных экспериментальных данных показывает удовлетворительное согласие между ними.

Вычисленные спектры поглощения и рассеяния света наночастицами магния в различных средах сравниваются с экспериментальными данными, имеющимися в литературе. Такое сравнение позволяет идентифицировать центры окраски.

Ключевые слова: наночастицы магния, спектры поглощения и рассеивания света наночастицами, показатель преломления кристаллами света.

Рудь Ю.С., Радченко І.С., Малиновська С.І., Белоношко В.Ю. Розрахунок спектрів поглинання і розсіяння світла наночастками магнію

Наночастки металів з розмірами 1-100 нм мають статистичні властивості і нині знаходять широке застосування в медицині і в різних областях техніки. При цьому необхідно знати розмір і форму наночастинок. Особливо важливим є питання, при яких розмірах наночастинок відбувається перехід метал-ізолятор. Дослідження спектрів поглинання світла наночастками металів дозволяє відповісти на багато питань. Оптичні методи дослідження властивостей наночастинок займають особливе місце, оскільки при цьому не виробляється ніякої фізичної дії на частки. Знання вчислених спектрів поглинання світла наночастками і порівняння їх з експериментальними даними для центрів забарвлення різними способами оброблених і опромінених кристалів дозволяє ідентифікувати ці центри.

У справжній роботі вчислені спектри послаблення (розсіяння-поглинання) світла сферичними наночастками магнію в різних середовищах (системи MgF_2 -Mg, LiF-Mg, бензин-магній). Спектральні залежності коефіцієнтів послаблення сферичними наночастками обчислювалися по повних формулах Г.Мие. Оптичні постійні магнію можна описати класичною теорією оптичних властивостей металів, заснованою на моделі вільних електронів, розробленій Друде, Зинером, Кронигом. При цьому плазмова частота $\omega_p^2 = 137,09 \cdot 10^{30}$, швидкість електронів на рівні Фермі $U_p = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ нм/с}$, частота релаксації електронів $1/\tau = 0,05 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. Ми знайшли, що максимуми смуг послаблення розташовані ($\lambda_{\text{max}} = 270 \text{ нм}$ для системи бензин-магній, ($\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ нм}$ для системи LiF-Mg. Для системи наночастинок магнію в бензині були виміряні спектри поглинання. Порівняння вчислених експериментальних даних показує задовільну згоду між ними.

Вчислені спектри поглинання й розсіяння світла наночастками магнію в різних середовищах порівнюються з експериментальними даними, наявними в літературі. Таке порівняння дозволяє ідентифікувати центри забарвлення.

Ключові слова: наночастки магнію, спектри поглинання і розсіювання світла наночастками, показник заломлення кристаллами світла.

Rud Ju.S., Radchenko I.S., Malinovskaja S.I., Belonozko V.Ju. Calculation of spectrums of absorption and dispersion of light nanoparticles of magnesium

Nanoparticles of metals with the sizes of 1-100 nm possess statistical properties and presently find a wide use in medicine and in the different areas of technique. It is thus necessary to know a size and form of nanoparticles. Especially important is a question, at what sizes of nanoparticles of a transition is metal - insulator. Research of spectrums of absorption of light nanoparticles of metals allows to answer many questions. The of optical methods of research of properties of nanoparticles of occupy the special place, because no physical affecting is here produced particles. Knowledge of of the calculated spectrums of absorption of light nano particles of and comparison of them with experimental data for the focus of colouring of the crystals treated and radiation - exposed in number of different ways allows to identify these focus.

In the real work the spectrums of weakening (dispersion - absorption) of light spherical nano by the particles of of magnesium are calculated in different environments (system MgF_2 - Mg, LiF - Mg, petrol - magnesium). Spectral dependences of coefficients of weakening spherical наночастицами of were calculated on the complete formulas of G.Mie. Optical permanent magnesium it is possible to describe the classic theory of optical properties of metals, based on the model of lone electrons, worked out Друде, Зинером, Кронигом. Thus plasma frequency of $\omega_p^2 = 137,09 \cdot 10^{30} \text{ с}^{-2}$, speed of electrons at the level of Fermi $U_p = 1,25 \cdot 10^{15} \text{ нм/с}$, frequency of relaxation of electrons of $1/\tau = 0,05 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$. We found that maximums of stripes of weakening are located ($\lambda_{\text{max}} = 270 \text{ нм}$ for the system petrol - magnesium, ($\lambda_{\text{max}} = 440 \text{ нм}$ for the system LiF-Mg. For of the system of nanoparticles of of magnesium the spectrums of absorption were measured in petrol. Comparison of the calculated experimental data shows a satisfactory consent between them.

The calculated spectrums of absorption and dispersion of light наночастицами of magnesium in different environments are compared to experimental data, present in literature. Such comparison allows to identify the focus of colouring.

Keywords: nanoparticles of magnesium, spectrums of absorption and dispersion of light наночастицами, index of refraction of light crystals.

Рыбальченко М.А., Головки В.И., Верховская А.А., Папанов Г.А. Моделирование векторного управления асинхронным электродвигателем затвора весовой воронки системы шихтоподачи доменной печи

Установлено, что для электропривода весовых воронок доменной печи с конвейерной подачей шихты на колошник наилучшим является векторное управление с ориентацией по потокозцеплению ротора. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода в широком диапазоне, с высоким быстродействием и большой точностью.

Рибальченко М.О., Головки В.І., Верховская А.А., Папанов Г.А. Моделирование векторного управления асинхронным электродвигателем затвора ваговой воронки системы шихтоподачи доменной печи

Установлено, что для электропривода ваговых воронок доменной печи с конвейерной подачей шихты на колошник наилучшим является векторное управление с ориентацией по потокозцеплению ротора. Его возможности позволяют организовать регулирование выходных координат электропривода в широком диапазоне, с высокой скоростью и большой точностью.

Rybalchenko M.A., Golovko V.I., Verhovskaya A.A., Papanov G.A. Simulation of vector control asynchronous electric motor gate weight funnel of system serve of charge blast furnace

It was established that for the drive weight funnels the blast furnace with a conveyor feeding the charge on the furnace top is the best vector-based management for the rotor flux linkage. Its features permit to organize the regulation of the output coordinate drive in a wide range with high speed and high accuracy.

УДК 621.771.22: 62-52

Моркун В.С., Харламенко В.Ю. Разработка алгоритма формирования узгодженого керування швидкостями рабочих валков обтискной клетки блюминга с назначением пробуксовок

У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності керування електромеханічним обладнанням обтискної клітки блюмінга, що представлено пружними розподіленими електромеханічними системами за рахунок узгоджених керуючих впливів, сформованих з використанням алгоритму визначення пробуксовок робочих валків клітки. На основі проведеного аналізу характеру динамічного навантаження на електромеханічне обладнання обтискної клітки блюмінга розроблено алгоритм формування узгодженого керування швидкостями робочих валків з визначенням типу та інтенсивності пробуксовок та величини коректуючої дії на швидкість приводних двигунів. Визначено вектор найбільш інформативних параметрів, що повинні використовуватись при формуванні узгодженого керування робочими валками. Наведено результати моделювання запропонованого алгоритму в умовах односторонньої пробуксовки.

Моркун В.С., Харламенко В.Ю. Разработка алгоритма формирования согласованного управления скоростями рабочих валков обтискной клетки блюминга с определением пробуксовок

В статье решено научно-практическое задание повышения эффективности управления электромеханическим оборудованием обтискной клетки блюминга, что представлено упругими распределенными электромеханическими системами за счет согласованных управляющих влияний, сформированных с использованием алгоритма определения пробуксовок рабочих валков клетки. На основании проведенного анализа характера динамической нагрузки на электромеханическое оборудование обтискной клетки блюминга разработан алгоритм формирования согласованного управления скоростями рабочих валков с определением типа и интенсивности пробуксовок и величины корректирующего действия на скорость приводных двигателей. Определен вектор наиболее информативных параметров, которые должны использоваться при формировании согласованного управления рабочими валками. Приведены результаты моделирования предложенного алгоритма в условиях односторонней пробуксовки.

Morkun V.S., Kharlamenko V.Ju. Development of algorithm of forming of the concerted management speeds of working rollers of обтискной cage of blooming with determination of skidding

The scientifically practical task of increase to efficiency of management the electromechanics equipment of wringing of cage of blooming is decided in the article, that it is presented by the resilient distributed electromechanics systems due to the concerted managing influences, formed with the use of algorithm of determination of skidding of of working rollers of cage. On the basis of the conducted analysis of character of the dynamic loading on the electromechanics equipment of обтискной cage of blooming the algorithm of forming of the concerted management speeds of working rollers is worked out with determination of type and intensity of skidding of and size of the correcting operating on speed of drive engines. The vector of the most informing parameters which must be used for forming of the concerted management the working felling is certain. Results over of design of the offered algorithm are brought in the conditions of one are the sided skidding.

УДК 622.73:658.562

Азарян А.А., Швець Д.В. Аналіз засобів і методів контролю якості залізородної сировини на етапі підготовки руди до збагачення

Розроблено функціональну схему автоматизованої системи управління процесом підготовки руди до збагачення, що дозволяє стабілізувати масову частку магнітного заліза в зливні класифікатора, об'ємне заповнення млина і щільність пульпи на зливні класифікатора.

Азарян А.А., Швець Д.В. Анализ средств и методов контроля качества железородного сырья на этапе подготовки руды к обогащению

Разработана функциональная схема автоматизированной системы управления процессом подготовки руды к обогащению, позволяющая стабилизировать массовую долю магнитного железа в сливе классификатора, объемное заполнение мельницы и плотность пульпы на сливе классификатора.

Azarjan A.A., Shvets D.V. Analysis of means and methods of iron ore quality control at the ore preparing stage for enrichment Developed the function chart of an automated control system for preparation process ore for enrichment, to stabilize the mass fraction of magnetic iron in the sink classifier, volumetric filling mill and pulp density on the discharge of the classifier.

УДК 528.8.042: 622.2

Сидоренко В.Д., Шолох М.В., Сергеева М.П. Опрацювання даних лазерного 3d-сканування з використанням комплексних програм

Розглянуто програмне забезпечення, що призначене для керування наземним лазерним сканером, є невід'ємною частиною приладів, тому що враховує різного роду помилки в результатах вимірювання інженерних об'єктів, які знаходяться на денній поверхні території гірничого відводу. Для прискорення маркшейдерсько-геодезичного забезпечення робіт, а також для підвищення інформативності отриманих при цьому даних, запропоновано використовувати технологію тривимірного наземного сканування при розв'язуванні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства. Проаналізовано програмні продукти, що дозволяють одночасно вказати кілька областей сканування і для кожної з них вибрати індивідуальну роздільну здатність зйомки. Створено високоточну технологію тривимірного наземного лазерного сканування на автомобільній дорозі «Техбаза - кладовище «Західне». Виконано камерально-графічну обробку наземного лазерного 3D-сканування, яка базується на створенні комплексних програмних продуктів, що дозволяють одночасно вирішувати завдання управління лазерним сканером та опрацювання отриманих результатів в системі автоматизованого проектування. При цьому більшість програм опрацювання дозволяє вирішувати прикладні завдання в різних областях народного господарства. На основі аналізу програм, призначених для керування сканером і опрацювання даних наземного лазерного сканування і практичного досвіду їх застосування рекомендується при виборі програмного забезпечення для розв'язання конкретних завдань враховувати їхні функціональні можливості, зручність інтерфейсу і швидкість виконання тих або інших операцій. Для побудови тривимірних векторних моделей у програмному забезпеченні «Cyclone SCAN» використовується автоматичний, напівавтоматичний і інтерактивний режими. Доведено, що інтерактивний режим моделювання об'єктів менш точний у порівнянні з автоматичним і напівавтоматичним, однак при наявності в користувача достатнього досвіду роботи з програмним забезпеченням використання його дозволяє отримати необхідну точність формування тривимірної моделі і заощаджувати час.

Сидоренко В.Д., Шолох Н.В., Сергеева М.П. Обработка данных лазерного 3d-сканирования с использованием комплексных программ

Рассмотрено программное обеспечение, которое предназначено для управления наземным лазерным сканером, является неотъемлемой частью приборов, потому что учитывает разного рода ошибки в результатах измерения инженерных объектов, которые находятся на дневной поверхности территории горного отвода. Для ускорения маркшейдерско-геодезического обеспечения работ, а также для повышения информативности полученных при этом данных, предложено использовать технологию трехмерного наземного сканирования при развязывании задач геоинформационного обеспечения инфраструктуры горнодобывающего предприятия. Выполнен анализ программных продуктов, позволяющих одновременно указать несколько областей сканирования и для каждой из них выбрать индивидуальную разрешающую способность съемки. Создана высокоточная технология трехмерного наземного лазерного сканирования на автомобильной дороге "Техбаза - кладбище "Западное". Выполнена камерально-графическая обработка наземного лазерного 3D-сканування, которая базируется на создании комплексных программных продуктов, которые позволяют одновременно решать задание управления лазерным сканером и проработку полученных результатов в системе автоматизированного проектирования. При этом большинство программ проработки позволяют решать прикладные задания в разных областях народного хозяйства. На основе анализа программ, предназначенных для управления сканером и проработки данных наземного лазерного сканирования и практического опыта их приложения рекомендуется при выборе программного обеспечения для решения конкретных заданий учитывать их функциональные возможности, удобство интерфейса и скорость выполнения тех или других операций. Для построения трехмерных векторных моделей в программном обеспечении "Cyclone SCAN" используется автоматический, полуавтоматический и интерактивный режимы. Доказано, что интерактивный режим моделирования объектов менее точен в сравнении с автоматическим и полуавтоматическим, однако при наличии у пользователя достаточного опыта работы с программным обеспечением использования его позволяет получить необходимую точность формирования трехмерной модели и экономить время.

Sydorenko V.D., Sholokh N.V., Sergeeva M.P. Processing of data of laser 3d-skaner with the use of the complex programs Software which is intended for a management a surface laser scintiscanner is considered, is inalienable part of devices, because takes into account different sort of error in the results of measuring of engineerings objects which are on the daily surface of territory of the mountain taking. For the acceleration of the surveyor-geodesic providing of works, and also for the increase of informing got here given, it is suggested to use technology of three-dimensional surface scan-out for untiing of tasks of the геоинформационного providing of infrastructure of mining enterprise. Анализ of programmatic foods, allowing simultaneously to specify a few areas of scan-out and for each of them to choose the individual discriminability of survey is executed. High-fidelity technology of three-dimensional surface laser scan-out is created on the motor-car road of "Техбаза - a cemetery is "Western". Камерально графическая treatment of ground is executed laser 3D-сканування, which are based on creation of complex programmatic foods which allow simultaneously to decide the task of management a laser scintiscanner and working of the got results in a computer-aided design. Thus most working programs the applied tasks allow to decide in the different areas of national economy. On the basis of analysis of the programs, intended for a management and working of data of surface laser scan-out and practical experience of their application a scintiscanner recommended at the choice of software for the decision of concrete tasks to take into account their functional possibilities, comfourt of interface and speed of implementation of those or other operations. For the construction of three-dimensional vectorial models the automatic is used in "Cyclone SCAN" software, semi-automatic and interactive modes. It is well-proven that the interactive mode of design of objects is less exact by comparison to automatic and semi-automatic, however at presence of for the user of sufficient experience with the use of him software allows to get necessary exactness of forming of three-dimensional model and save time.

УДК 528.8.042:622.2

Здешиц В.М., Шолох М.В., Сергеева М.П. Методи та засоби дослідження геомеханічних процесів у грському масиві
 При видобуванні корисної копалини з сліпих покладів на глибоких горизонтах актуальною є проблема погашення виробленого простору. Утворення підземних пустот значних розмірів при відсутності планомірної їх ліквідації після закінчення очисного виймання створює небезпечні умови праці внаслідок самообвалень, при яких виникають повітряні удари, що роблять в окремих випадках руйнівний вплив на гірничі виробки і механізми, які розташовані на значній відстані від місця обвалення. Знання закономірностей мінливості напружено-деформованого стану масиву гірських порід навколо очисного простору, об'ємів, часу і характеру обвалення порід дозволить запобігти виникненню повітряних ударів. Аналіз відпрацювання сліпих покладів на глибоких горизонтах показав, що самообвалення в очисному просторі залежить не тільки від параметрів оголення і їхнього стану, але і від інтенсивності загального характеру зрушення вмшуючих порід, що свідчить про збільшення об'єму раніше утвореної воронки на поверхні від 500 до 3000 м, а в зоні зрушення концентричних тріщин. Розглянуто заходи створення умов для стійкого стану поверхонь, оголених гірничими роботами при інтенсивному видобуванні корисних копалин, без яких неможливі безпека праці робітників, можливість найбільш раціонального використання вже порушеної частини підземного гірського масиву. Аналіз критеріїв руйнування найбільш придатних для гірських порід показав, що основною механічною характеристикою, є межа міцності на одноосовий стиск, яка отримана у лабораторних умовах. Показано, що прогнозування проявів гірського тиску ускладнюється на етапі видобування корисної копалини з сліпих покладів на глибоких горизонтах в структурно-геологічних порушеннях гірського масиву. Доведено, що аналітичні і числові методи оцінки стану гірського масиву в основному спрямовані на виявлення детермінованих геомеханічних закономірностей і не враховують складного стохастичного характеру процесів в неоднорідному структурно - порушеному середовищі. Розроблено теоретичні положення дослідження математичного моделювання вимірювальних, реєструючих, обчислювальних і камерально-графічних маркшейдерсько-геодезичних напівавтоматичних систем для оцінки стану геомеханічних процесів при формуванні виробленого простору.

Здешиц В.М., Шолох Н.В., Сергеева М.П. Методы и средства исследования геомеханических процессов в горном массиве
 При добыче полезного ископаемого из слепых залежей на глубоких горизонтах актуальной является проблема погашения выработанного пространства. Образование подземных пустот значительных размеров при отсутствии планомерной их ликвидации после окончания очистительного вынимания создает опасные условия труда в результате самих обрушений, при которых возникают воздушные удары, которые оказывают в отдельных случаях разрушительное влияние на горные выработки и механизмы, расположенных на значительном расстоянии от места обрушения. Знание закономерностей переменчивости напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг очистительного пространства, объемов, времени и характера обрушения пород позволит предотвратить возникновение воздушных ударов. Анализ отработки слепых залежей на глубоких горизонтах показал, что само обрушение в очистительном пространстве зависит не только от параметров обнажения и их состояния, но и от интенсивности общего характера сдвига вмещающих пород, который свидетельствует об увеличении объема ранее образованной воронки на поверхности от 500 до 3000 м, а в зоне сдвига концентрических трещин. Рассмотрены мероприятия создания условий для стойкого состояния поверхностей, обнаженных горными работами при интенсивной добыче полезных ископаемых, без которых невозможны безопасность труда рабочих, возможность наиболее рационального использования уже нарушенной части подземного горного массива. Анализ критериев разрушения наиболее пригодных для горных пород показал, что основной механической характеристикой, есть граница прочности на одноосевое сжатие, которая получена в лабораторных условиях. Показано, что прогнозирование проявлений горного давления усложняется на этапе добычи полезного ископаемого из слепых залежей на глубоких горизонтах в структурно-геологических нарушениях горного массива. Доказано, что аналитические и числовые методы оценки состояния горного массива в основном направлены на выявление детерминированных геомеханических закономерностей и не учитывают сложного стохастического характера процессов в неоднородном структурно - нарушенной среде. Разработаны теоретические положения исследования математического моделирования измерительных, регистрирующих, вычислительных и камерально-графических маркшейдерско-геодезических полуавтоматических систем для оценки состояния геомеханических процессов при формировании выработанного пространства.

Zdechits V.M., Sholokh N.V., Sergeeva M.P. Methods and facilities of research of geomechanical processes are in a mountain range

At the booty of useful of minerals of of from blind beds on deep horizons actual is a problem of redemption of mine - out space. Formation of underground emptinesses of considerable sizes in default of systematic their liquidations after completion of the cleansing taking out creates dangerous terms labours as a result of bringing down, which air shots which render on occasion destructive influence on the mountain making and mechanisms are at, located on значительном distance from the place of bringing down. Knowledge of conformities to law of changeability of the tensely - deformed state of array of mountain breeds round cleansing space, volumes, time and character of bringing down of breeds will allow to prevent the origin of air shots. The analysis of working off blind beds showed on deep horizons, that the self bringing down in cleansing space depended not only on the parameters of baring and their state but also from intensity of general character of change of containing breeds, which testifies to the increase of volume of before well - educated crater on a surface a from 500 to 3000 m, and in the area of change of concentric cracks. The measures of conditioning are considered for the proof state of surfaces, bare mountain works at the intensive mining, which safety of labour of workers, possibility of the most rational use of the already broken part of underground mountain range, is impossible without. Analysis of criteria of destruction most suitable for mountain breeds showed that by basic mechanical description, there is a border of durability on an one axial clench, which is got in laboratory terms. It is shown that prognostication of displays of mountain pressure becomes complicated on the stage of booty of useful of ископаемого of of from blind beds on deep horizons in структурно-геологических violations of mountain range. It is well - proven that the analytical and numerical methods of estimation of the state of mountain range are mainly sent to the exposure of the determined геомеханических conformities to law and does not take into account difficult stochastic character of processes in heterogeneous structurally - to the broken environment. Theoretical positions of research of mathematical design of the measuring, recording, calculable and kamera - graphic surveyor - geodesic semi - automatic systems are worked out for the estimation of the state of geomechanical механічних processes at forming of mine - out space.

Ібрагім Бах, Валерій Поздняков, Ступнік М.І., Калініченко В.О., Калініченко О.В. Стратегія наукових досліджень факультету ремонту й обслуговування устаткування політехнічного інституту університету ім. Гамаль Абдель Насера Конакри

Технічне обслуговування обладнання, що застосовується, забезпечує підвищення ефективності виробництва і, як наслідок, зниження вартості продукту. Щоб судити про ефективність обслуговування необхідно визначити конкретний рівень інформації: час технологічного процесу, вид застосованого обслуговування (корекційний, профілактичний і т.д.) і частку витрат для кожного типу обслуговування. Необхідна інформація про вартість: витрати на технічне обслуговування, витрати на технічне обслуговування та аутсорсинг, витрати на інструмент. Важлива ефективність доступу до інформації: простої, час витрачений безпосередньо на ремонт, кількість усунених несправностей. Враховуючи вплив багатьох факторів на продуктивність кожного елемента, включаючи час безвідмовної роботи + час простою; час простою для технічного обслуговування + час простою з непрацездатності (включаючи зовнішні причина та обмеження) швидкість і надійність, які, як правило, мають випадковий характер, необхідно використовувати методи статистичної обробки експериментальних даних.

Завершення такого дослідження вимагає значних людських ресурсів з відповідною підготовкою, тому міжвузівська співпраця в цьому питанні буде надзвичайно корисною.

Ибрагим Бах, Валерий Поздняков, Ступник Н.И., Калиниченко В.А., Калиниченко Е.В. Стратегия научных исследований факультета ремонта и обслуживания оборудования политехнического института университета им. Гамаль Абдель Насера Конакри

Техническое обслуживание оборудования в горной промышленности является одним из резервов для обеспечения максимальной прибыльности его функционирования. Техническое обслуживание применяемого оборудования обеспечивает повышение эффективности производства и, как следствие, снижение стоимости продукта.

Чтобы судить об эффективности обслуживания необходимо определить конкретный уровень информации: время технологического процесса, вид применяемого обслуживания (коррекционный, профилактический и т.д.) и долю затрат для каждого типа обслуживания. Необходима информация о стоимости: затраты на техническое обслуживание, расходы на техническое обслуживание и аутсорсинг, затраты на инструмент. Важна эффективность доступа к информации: простои, время, затраченное непосредственно на ремонт, количество устраненных неисправностей. Учитывая влияние многих факторов на продуктивность каждого элемента, включая время безотказной работы + время простоя; время простоя для технического обслуживания + время простоя по нетрудоспособности (включая внешние причина и ограничения), скорость и надежность, которые, как правило, имеют случайный характер, необходимо использовать методы статистической обработки экспериментальных данных.

Ibrahima Bah, Valery Pozdnyakov, Stupnik N.I, Kalinichenko V.O., Kalinichenko O.V. Strategie de recherche scientifique du departement de Genie industriel et maintenance de l'institut polytechnique de l'universite Gamal Abdel Nasser de Conakry

La maintenance des installations dans l'industrie minière représente l'une des réserves d'assurer la rentabilité maximale des installations oblige. A l'aide de la maintenance, on cherche à augmenter l'efficacité des installations et, comme résultat, la diminution du prix de revient d'un produit.

Pour juger l'efficacité de la maintenance, il faut trouver au niveau d'une entreprise concrète: des informations d'activité: heures passées, type de la maintenance appliquée (corrective, préventive...) et partie occupée pour chaque type de maintenance. Des informations de coût s: coûts de la maintenance, coûts de la maintenance sous-traitée, coûts de l'outillage. Des informations d'efficacité: disponibilité, temps d'arrêt, temps utilisé justement pour la réparation, nombres de pannes. Vu l'influence d'un grand nombre de facteurs sur la productivité de chaque élément temps de disponibilité = temps de fonctionnement + temps d'arrêt; temps d'indisponibilité = temps d'indisponibilité pour la maintenance + temps d'indisponibilité pour incapacité (due aux causes extérieures ou aux contraintes d'exploitant), son taux de fiabilité possédant généralement un caractère aléatoire, les méthodes de traitement statistiques des données expérimentales seront utilisées.

L'accomplissement d'une telle étude demande des ressources humaines considérables ayant une formation réellement pertinente (peut être une coopération inter département et même interuniversitaire sera utile).

УДК 669.162.16

Журавлев Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова И.А., Чупринов Е.В. Технология получения офлюсованного окускованного материала для доменной плавки с повышенным содержанием железа

Разработаны и испытаны составы шихт для получения двух видов исходных (металлизированных и низкотемпературных сырых) окатышей, определены крупность и количество каждого вида окатышей в смеси, максимальные температуры термообработки смеси и сравнительные металлургические характеристики традиционных (агломерат и окатыши) и разработанного офлюсованного окускованного железосодержащего материала для доменной плавки с повышенным содержанием железа.

Ключевые слова: шихта, окатыши, термообработка, доменная плавка, железо

Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. Технологія отримання офлюсованого огрудкованого матеріалу для доменної плавки з підвищеним вмістом заліза

Розроблено та випробувано склади шихт для отримання двох видів початкових (металізованих і низькотемпературних сирих) окатишів, визначені крупність і кількість кожного виду окатишів в суміші, максимальні температури термообробки суміші і порівняльні металургійні характеристики традиційних (агломерат і окатиші) і розробленого офлюсованого огрудкованого залізозмісного матеріалу для доменної плавки з підвищеним вмістом заліза.

Ключові слова: шихта, окатиші, термообробка, доменна плавка, залізо

Zhuravlyov F.M., Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Lyahova I.A., Chuprinov E.V. Technology of receiving fluxed agglomerates of the material for domain melting with the raised content of iron

Structures of charge for receiving two types initial (metallized are developed and tested and low-temperature crude) pellets, the fineness and quantity of each type of pellets in mixes, the maximum temperatures of heat treatment of a mix and comparative metallurgical characteristics traditional (agglomerate and pellets) and the developed fluxed agglomerates ferriferous

material for domain melting with the raised content of iron are defined.

Keywords: charge, pellets, heat treatment, blast-furnace smelting, iron

УДК 622.272.3.01: 536.24.

Лапшина Д.О. Нормалізація мікроклімату в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням

Розглядається актуальна науково-практична проблема нормалізації мікроклімату та поліпшення умов праці в підземних камерах шахт із працюючим обладнанням. Серед чинників, які формують шахтний мікроклімат, провідне місце посідає надходження тепла від товщі гірських порід, механічної роботи стаціонарних і самохідних машин, або в результаті процесів окиснення. Крім того, автор доводить, що значна кількість тепла до головних повітроподаючих виробок надходить від камер із працюючим обладнанням, яке в свою чергу є джерелом суттєвих теплопритоків. Наведено результати експериментальних досліджень сучасного стану провітрювання та умов праці у камерах водовідливу шахт ПАТ «Кривбасзалізорудком». Отримані дані свідчать, що температура повітря в таких камерах може значно перевищувати гранично допустимі величини (26°C) і сягати 35-36°C. Так формується несприятливий мікроклімат, який вкупі з фізичним навантаженням негативно позначається не лише на продуктивності праці, а й на здоров'ї шахтарів. З урахуванням можливості та ефективності охолодження вентиляційного струменю шляхом використання адиабатичного розширення стисненого повітря, автором розроблено пневматичну вихрову установку «Клімат», запропоновано заходи щодо удосконалення схеми провітрювання у підземних камерах із джерелами штучного притоку тепла.

Лапшина Д.А. Нормализация микроклимата в подземных камерах шахт с работающим оборудованием

Рассматривается актуальная научно-практическая проблема нормализации микроклимата и улучшения условий труда в подземных камерах шахт с работающим оборудованием. Среди факторов, которые формируют шахтный микроклимат, ведущее место занимает поступление тепла от толщи горных пород, механической работы стационарных и самоходных машин, или в результате процессов окисающего. Кроме того, автор доказывает, что значительное количество теплая к главным повітроподаючих виробкам поступаєт от камер с работающим оборудованием, которое в свою очередь является источником существенных теплопритоків. Приведены результаты экспериментальных исследований современного состояния проветривания и условий труда в камерах водоотлива шахт ПАТ "Кривбасзалізорудком". Полученные данные свидетельствуют, что температура воздуха в таких камерах может значительно превышать предельно допустимые величины (26°C) и достигать 35-36°C. Так формируется неблагоприятный микроклимат, который вместе с физической нагрузкой негативно отражается не только на производительности труда, но и на здоровье шахтеров. С учетом возможности и эффективности охлаждения вентиляционного струе путем использования адиабатического расширения стисненого воздуха, автором разработана пневматическая вихревая установка "Климат", предложены мероприятия по усовершенствованию схемы проветривания в подземных камерах с источниками искусственного притоку тепла.

Lapshyna D. Normalization of microclimate in the underground chambers with functioning equipment

The научно-практическая issue of the day of normalization of microclimate and improvement of terms of labour is examined in the underground chambers of mines with a working equipment. Among factors which form a mine microclimate, a leading place occupies the receipt of heat from the layer of mountain breeds, mechanical work of stationary and self-propelled machines, or as a result of processes of окисающего. In addition, an author proves that far warm to the повітроподаючих mainwaies acts from chambers with a working equipment which in turn is the source of substantial теплопритоків. Results over of experimental researches of the modern state of ventilation and terms of labour in the chambers of pumping of mines are brought STALEMATE "Кривбасзалізорудком". Finding testify that the temperature of air in such chambers can considerably exceed maximum possible sizes (26°C) and to arrive at 35-36°C. an unfavorable microclimate, which together with the physical loading negatively affects not only the labour productivity but also on the health of miners, is So formed. Taking into account possibility and cooling efficiency vent to the stream by the use of adiabatic expansion of стисненого air, an author is work out the pneumatic vortical setting "Climate", measures are offered on the improvement of chart of ventilation in underground chambers with the sources of искусственного to the influx of heat.

УДК 669.162.16

Журавлев Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова И.А., Чупринов Е.В. Технология получения сырых окатышей с закатанным внутрь твердым топливом

Выбраны и испытаны реагенты для повышения гидрофильности поверхности частиц твердого топлива. Определены оптимальные расходы и продолжительность воздействия реагентов на поверхность кусочков твердого топлива для обеспечения полного закатывания всего топлива внутрь сырых окатышей. Отработаны технологические параметры процесса окомкования, позволяющие получать сырые окатыши с закатанным внутрь твердым топливом необходимого гранулометрического состава с требуемыми прочностными характеристиками.

Ключевые слова: твердое топливо, окатыши, окомкование, прочность

Журавльов Ф.М., Лялюк В.П., Кассим Д.А., Ляхова І.А., Чупринов Є.В. Технологія одержання сирих обкотишів із загорненням усередину твердим паливом

Обрано й випробувано реагенти для підвищення гідрофільності поверхні часток твердого палива. Визначені оптимальні витрати й тривалість впливу реагентів на поверхню шматочків твердого палива для забезпечення повного закатування всього палива усередину сирих обкотишів. Відпрацьовано технологічні параметри процесу огрудкування, що дозволяють одержувати сирі обкотиші із загорненням усередину твердим паливом необхідного гранулометричного складу з необхідними міцністими характеристиками.

Ключові слова: тверде паливо, окатиші, огрудкування, міцність

Zhuravlyov F.M., Lyalyuk V.P., Kassim D.A., Lyahova I.A., Chuprinov E.V. Technology of receiving crude pellets with the firm fuel rolled up inside

Reagents for increase of a wetting ability of a surface of particles of firm fuel are chosen and tested. Optimum expenses and

duration of influence of reagents on a surface of slices of firm fuel for providing a full rolling up of all fuel in crude pellets are defined. Technological parameters of process of the pelletizing, allowing to receive crude pellets with the firm fuel of necessary granulometric structure rolled up inside with demanded strength characteristics are fulfilled.

Keywords: solid fuel, pellets, pelletizing, strength

УДК 622.272: 331.43

Афанас'єв В.Д., Гненна О.В. Дослідження накопичувального впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників підземного Кривбасу

Розглянуто питання, щодо накопичувального впливу шкідливих факторів на організм працівників, їх інтенсивність та комплексна дія. Як відомо, атестація робочих місць за умовами праці не передбачає достатньої інформації щодо ризику з позиції впливу шкідливих і небезпечних факторів на індивідуальні особливості організму працівника, а тільки вказує роботодавцю на зони розташування виробничого середовища із шкідливими умовами праці. У зв'язку з цим проведені дослідження щодо шкідливих і небезпечних факторів з врахуванням індивідуального стану здоров'я працівників, зайнятих у виробництвах з високим рівнем професійного ризику.

Так, при проведенні оцінки ризику виконано дослідження накопиченого впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівника, які несуть високу імовірність розвитку професійного захворювання протягом певного часу його трудової діяльності.

Основним завданням дослідження було врахування стану здоров'я працівників, яке полягало у виявленні можливих ранніх форм професійної захворюваності і їх аналізу та збору статистичних даних про такі захворювання.

Для досягнення цієї мети вивчені взаємодії шкідливих факторів та індивідуальних властивостей організму. Враховуються дані про імовірність захворювань, які отримані під час дії окремих факторів на здоров'я працівників за 8-годинну робочу зміну.

Вивчення даних про оцінку ризиків пошкодження здоров'я працівників під час дії окремих шкідливих факторів дозволяє встановити деякі залежності імовірності від інтенсивності та стажу роботи. Базуючись на даних щодо частоти професійних захворювань, виконано прогнозування ризику, під час взаємодії працівника із шкідливими і небезпечними виробничими факторами протягом робочої зміни, або іншого встановленого проміжку часу. Це дозволило визначити імовірність знаходження працівника у так званій зоні ризику на протязі всього стажу роботи.

Ключові слова: професійне захворювання, система управління охороною праці, оцінка ризику, виробничі фактори, інтенсивні шкідливі фактори.

Афанасьев В.Д., Гненна Е.В. Исследование накопительного влияния вредных и опасных производственных факторов на работников подземного Кривбасса

Рассмотрен вопрос, относительно накопительного влияния вредных факторов на организм работников, их интенсивность и комплексное действие. Как известно, аттестация рабочих мест по условиям труда не предусматривает достаточную информацию относительно риска с позиции влияния вредных и опасных факторов на индивидуальные особенности организма работника, а только указывает работодателю на зоны расположения производственной среды с вредными условиями труда. В связи с этим проведенные исследования относительно вредных и опасных факторов с учетом индивидуального состояния здоровья работников, занятых в производствах с высоким уровнем профессионального риска. Да, при проведении оценки риска выполнены исследование накопленного влияния вредных и опасных производственных факторов на работника, которые несут высокую вероятность развития профессионального заболевания в течение определенного времени его трудовой деятельности.

Основным заданием исследования был учет состояния здоровья работников, которое заключалось в выявлении возможных ранних форм профессиональной заболеваемости и их анализа и сбора статистических данных о таких заболеваниях. Для достижения этой цели изучены взаимодействия вредных факторов и индивидуальных свойств организма. Учитываются данные о вероятности заболеваний, которые получены во время действия отдельных факторов на здоровье работников за 8-часовую рабочую смену.

Изучение данных об оценке рисков повреждения здоровья работников во время действия отдельных вредных факторов позволяет установить некоторые зависимости вероятности от интенсивности и стажа работы. Базируясь на данных относительно частоты профессиональных заболеваний, выполнено прогнозирование риска, во время взаимодействия работника с вредными и опасными производственными факторами в течение рабочей смены, или другого установленного промежутка времени. Это позволило определить вероятность нахождения работника в так называемой зоне риска в течение всего стажа работы.

Ключевые слова: профессиональное заболевание, система управления охраной труда, оценка риска, производственные факторы, интенсивные вредные факторы.

Afanasev V.D., Gnenna O.V. Research of story influence of harmful and dangerous productive factors on the workers of underground Krivbass

A question is considered, in relation to story influence of harmful factors on the organism of workers, their intensity and complex action. As is generally known, certifying of workplaces for the terms of labour does not foresee sufficient information on a risk from position of influence of harmful and dangerous factors to the individual features of organism of worker, and only specifies to the employer on the areas of location of productive environment with the harmful terms of labour. Researches conducted in this connection in relation to harmful and dangerous factors taking into account the individual state of health of workers, busy in productions with the high level of occupational take.

Yes, during realization of risk estimation executed research of the accumulated influence of harmful and dangerous productive factors on a worker, which carry high probability of development of professional disease during set time of his labour activity. The basic task of research was an account of the state of health of workers, which consisted in the exposure of possible early forms of professional morbidity and their analysis and capture of statistical data about such diseases.

For achievement of this purpose there are the studied co-operations of harmful factors and individual properties of organism. Data are taken into account at probabilities of diseases, which are got during operating of separate factors on the health of workers for a 8-sentinel shiftwork.

The study of the risks of damage of health of workers given about an estimation during the action of separate harmful factors allows to set some dependences of probability on intensity and experience of work. Being based on data in relation to frequency of professional diseases, prognostication of risk is executed, during co-operating of worker with harmful and dangerous productive factors during a shiftwork, or other set interval of time. It allowed to define probability of being of worker in the so-called area of risk during all experience of work.

Keywords: professional disease, control system by a labour protection, risk estimation, productive factors, intensive harmful factors.

УДК 622.8: 614.8: 005

Лапшин О.С., Гурін А.О., Лапшин О.О., Радіоненко Б.М. Підвищення ефективності управління охороною праці на підприємствах в гірництві

Статтю присвячено підвищенню ефективності управління ризиками в сфері охорони праці та зменшенню виробничого травматизму на гірничодобувних підприємствах. Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Описано сучасні підходи в сфері управління ризиками, наближені до світових стандартів. Задля зменшення ризику нещасних випадків, травматизму та виникнення аварій, з-поміж різноманітних підходів, надається перевага інноваційним технологіям, що передбачають створення систем моніторингу стану пустот і геомеханічного стану масивів гірських порід Кривбасу, а також уніфікованої телекомунікаційній системі диспетчерського контролю і автоматизованого управління гірничими машинами і технологічними комплексами (УТАС). Проаналізовано нормативно-правову базу ефективної охорони праці та посадові обов'язки адміністративно-технічного персоналу в гірництві. Розглянуто питання управління охороною праці на рівні гірничих підприємств шляхом складання планів ліквідації аварій (ПЛА) та розроблення методики оцінки ризику небезпеки на об'єктах гірництва. Стаття визначає необхідність впровадження методології управління ризиками з метою зниження ймовірності настання небезпечних подій, яка має бути взята за основу всіх превентивних заходів в системі Держгірпромнагляду.

Лапшин А.Е., Гурин А.А., Лапшин А.А., Радионенко Б.Н. Повышение эффективности управления охраной труда на предприятиях горной промышленности

Статья посвящена повышению эффективности управления рисками в сфере охраны труда и уменьшению производственного травматизма на горнодобывающих предприятиях. Проанализирована нормативно-правовая база эффективной охраны труда и должностные обязанности административно-технического персонала в горняке. Описаны современные подходы в сфере управления рисками, приближенные к мировым стандартам. Ради уменьшения риска несчастных случаев, травматизма и возникновения аварий, среди разнообразных подходов, предоставляется преимущество инновационным технологиям, которые предусматривают создание систем мониторинга состояния пустот и геомеханического состояния массивов горных пород Кривбасса, а также унифицированной телекоммуникационной системе диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами (УТАС). Проанализирована нормативно-правовая база эффективной охраны труда и должностные обязанности административно-технического персонала в горняке. Рассмотрен вопрос управления охраной труда на уровне горных предприятий путем складывания планов ликвидации аварий (ПЛА) и разработки методики оценки риска опасности на объектах горняка. Статья определяет необходимость внедрения методологии управления рисками с целью снижения вероятности наступления опасных событий, которая должна быть взята за основу всех превентивных мероприятий в системе Держгорпромнадзора.

Lapshyn A.E., Gurin A.O., Lapshyn A.A., Radionenko B.N. Increase of efficiency of management a labour protection on the enterprises of mining industry

The article is sacred to the increase of efficiency of management risks of of in the field of labour protection and diminishing of productive traumatism on mining enterprises. The normatively - legal base of effective labour protection and position requirements of administratively - technical personnel is analysed in a miner. Modern approaches are described in the field of management risks, close to the world standards. For the sake of diminishing of risk of accidents, traumatism and origin of failures, among various approaches, advantage is given to innovative technologies which foresee creation of the systems of monitoring of the state of emptinesses and геомеханічного state of arrays of mountain breeds of Krivbass, and also compatible telecommunication controller's checking and automated management mountain machines and technological complexes (УТАС) system. The normatively - legal base of effective labour protection and position requirements of administratively - technical personnel is analysed in a miner. The question of management a labour protection is considered at the level of mountain enterprises by the stowage of plans of liquidation of failures (ПЛА) and development of methods of estimation of risk of danger on the objects of miner. The article determines the necessity of introduction of methodology of management risks of of with the purpose of decline of probability of offensive of hazardous occurrences, which must be taken for basis of all preventive measures in the system State mountain industrialsupervision.

УДК 621.316.001.57

Барановская М.Л., Тьтюк В.К. Математическое моделирование переходных процессов при ОЗЗ в распределительных сетях 6-35 кВ

На математической модели распределительной сети с изолированной нейтралью исследованы переходные процессы при горении перемежающейся дуги. Установлено, что на характер переходных процессов определяющее влияние оказывает сопротивление цепи замыкания на землю, которое состоит из суммы сопротивлений: сопротивления дуги и сопротивления пути обратного тока в земле или в оболочках кабелей. Доказано, что дуга является коммутатором и замыкает поврежденную фазу на землю через некоторое установившееся сопротивление R . При анализе корней характеристического уравнения видно, что свободная составляющая в переходном процессе имеет две составляющих:

апериодическую и периодическую, величина амплитуд которых зависит от значения сопротивления цепи замыкания на землю. В зависимости от величины переходного сопротивления переходные процессы могут протекать с одним или несколькими переходами тока через нуль; существуют такие значения переходного сопротивления, которые являются границами между одним и двумя высокочастотными переходами тока через нуль. Известные теории развития перенапряжений следует рассматривать как частные случаи предложенной обобщенной теории, в которой гашение дуги возможно при первом или последующих переходах тока ОЗЗ через нуль, а повторные зажигания дуги в первоначальных циклах горение-гашение - при постоянном напряжении.

Барановська М.Л., Титюк В.К. Математичне моделювання перехідних процесів при ОЗЗ в розподільних мережах 6-35 кВ

На математичній моделі розподільної мережі з ізольованою нейтраллю досліджені перехідні процеси при горінні дуги, що перемежається. Встановлено, що на характер перехідних процесів визначальний вплив чинить опір ланцюга замикання на землю, яке складається з суми опорів: опори дуги і опору шляху зворотного струму в землі або в оболонках кабелів. Доведено, що дуга є комутатором і замикає пошкоджену фазу на землю через деякий сталий опір R . При аналізі коріння характеристичного рівняння видно, що вільна складова в перехідному процесі має дві складових: аперіодичної і періодичної, величина амплітуд яких залежить від значення опору ланцюга замикання на землю. Залежно від величини перехідного опору перехідні процеси можуть протікати з одним або декількома переходами струму через нуль; існують такі значення перехідного опору, які є межами між одним і двома високочастотними переходами струму через нуль. Відомі теорії розвитку перенапружень слід розглядати як окремі випадки запропонованої узагальненої теорії, в якій гасіння дуги можливе при першому або наступних переходах струму ОЗЗ через нуль, а повторні запалення дуги в первинних циклах горіння-гасіння - при постійній напрузі.

Baranovskaja M.L., Tytjuk V.K. The mathematical design of transients at O33 in distributive networks 6-35 kV

On the mathematical model of distributive network with the insulated neutral transients are investigational at burning of remittent arc. It is set that on character of transients qualificatory influence offers resistance chain of earth-fault which consists of sum of resistances : resistances of arc and resistance of way of reverse-current in earth or in the shells of cables. It is well-proven that an arc is a switchboard and locks the damaged phase on earth through some set resistance of R . At the analysis of roots of characteristic equalization evidently, that a free constituent in a transient has two constituents: aperiodic and periodic, the size of amplitudes of which depends on the value of resistance of chain of earth-fault. Depending on the size of transitional resistance transients can flow with one or a few transitions of current through a zero; there are such values of transitional resistance, which are borders between one and two high-frequency transitions of current through a zero. The known theories of development of overstrains it is necessary to examine as the special cases of the offered generalized theory in which extinguishing of arc is possible at the first or subsequent transitions of current of O33 through a zero, and the repeated lighting of arc in primary cycles burning-extinguishing - at permanent tension.

УДК 551.493.62

Палійчук О.В. Оцінка стану гірських порід на територіях гірничопромислових комплексів

Ефективна експлуатація родовищ корисних копалин потребує постійного контролю геомеханічного стану масиву гірських порід. На основі аналізу результатів проведених досліджень встановлені залежності між виробничо-технологічними процесами та розподілом геоелектричних потенціалів. Методи, що ґрунтуються на вимірюваннях природного електричного потенціалу, можуть бути застосовані для спостереження та контролю за станом суцільності масиву під час проведення гірничих робіт, бортів кар'єрів при відкритій розробці родовищ корисних копалин. Зміна геоелектричних параметрів відображає процеси деградації чи консолідації приповерхневого геологічного середовища та дає змогу прогнозування розвитку процесів розповсюдження ареалів засолення та забруднення водоносних горизонтів.

Ключові слова: земляні схили, напружений стан, гірничий масив, геоелектричний потенціал, механоелектричні перетворення, зсув, мульда зсуву, деформація.

Палійчук А.В. Оценка состояния горных пород на территориях горнопромышленных комплексов

Эффективная эксплуатация месторождений полезных ископаемых требует постоянного контроля за геомеханическим состоянием массива горных пород. На основании анализа результатов проведенных исследований установлены зависимости между производственно-технологическими процессами и распределением геоэлектрических потенциалов. Методы, базирующиеся на измерении естественного электрического потенциала, могут быть применены для наблюдения и контроля состояния целостности массива во время проведения горных работ, бортов карьеров во время открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Изменение геоэлектрических параметров отображает процессы деградации или консолидации приповерхностной геологической среды, а также дает возможность прогнозирования развития процессов распространения ареалов засоления и загрязнения водоносных горизонтов.

Ключевые слова: земляные откосы, напряженное состояние, горный массив, геоэлектрический потенциал, механоелектрические преобразования, сдвигение, мульда сдвигения, деформация.

Palijchuk O.V. Evaluation of rocks conditions in the areas of mining complexes

Effective exploitation of mineral resources requires constant monitoring of geomechanical condition of rock mass. Based on results of the study, the relationship is found between production and technological processes and the distribution of geoelectric potential. Methods based on measurements of natural electric potential can be used for monitoring and control of massif consistency during mining operations as well as consistency of pit walls during the openworking of mineral resources. Change of electrical parameters displays the processes of degradation or consolidation of geological surface environment and enables the prediction of process development and pollution of aquifers.

Keywords: earth slopes, stress condition, massif, geoelectric potential, mechanical and electric conversion, subsidence, subsidence trough, deformation.

Гірничий вісник

Науково-технічний збірник

Випуск 98

Редактор, коректор
Комп'ютерний набір, верстка

Кривенко Т.А., Тумасова О.Г.
Самойлюк О.Г.

*Здано в набір 21.03.14. Підписано до друку 27.05.14 за рекомендацією Вченої Ради
ДВНЗ «Криворізький національний університет», протокол № 9.
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 25,0 Тираж 120 прим.
Замовл. № 4. Укр., рос.*

Надруковано:
ФОП Бурова Оксана Анатоліївна
Свідоцтво ДП № 159-р від 26.03.13.
50084 м. Кривий Ріг, мкр. Ювілейний, 10/104
Тел. 401-04-29

*Адреса видавництва та виготівника: 50002, Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 44
ДВНЗ «Криворізький національний університет», науково-дослідна частина*