Міністерство освіти і науки України

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Вісник

Криворізького національного університету

Збірник наукових праць

Випуск 39

Кривий Ріг 2015

УДК 06 ISSN 2306-5451

Редакційна колегія: **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф. (відповідальний редактор); **Ступнік М.І.,** д-р техн. наук, проф. (заступник відповідального редактора); **Азарян А.А.,** д-р техн. наук, проф.; **Барашиков А.Я.**, д-р техн. наук, проф.; **Бережний М.М**., д-р техн. наук, проф.; **Гірін В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Голишев О.М**., д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В**., д-р техн. наук, проф.; **Гурін А.О**., д-р техн. наук, проф.; **Долгоруков Ю.О**., д-р економ. наук, проф.; **Євтєхов В.Д.,** д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.,** д-р техн. наук, проф.; **Ilias Nicolae**, Dr.h.c., Professor, University of Petrosani, Romani; **Кіяновський М.В.,** д-р техн, проф.; **Ковальчук В.А.**,. д-р техн. наук, проф.; **Лялюк В.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Несмашний Є.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Нусінов В.Я.**, д-р економ. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Решетілова Т.Б.**, д-р економ. наук, проф.; **Рудь Ю.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінчук О.М.,** д-р техн. наук, проф.; **Сінолиций А.П.**, д-р техн. наук, проф.; **Сапига С.Я.**, д-р економ. наук, проф.; **Самуся В.І**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д**., д-р техн. наук, проф; **Стороженко Л.І.,** д-р техн. наук, проф.; **Толмачов С.Т.,** д-р техн. наук, проф.; **Турило А.М**., д-р економ. наук, проф.; **Учитель О.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоркін С.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Шишкін О.О.**, 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 і 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 загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»)

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. 409 61 29.

Реєстраційне свідоцтво
КВ №19159-7959 ПР від 25.06.2012

© ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2015

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Криворізький національний університет»
Вісник Криворізького національного університету
Збірник наукових праць
Засновано у 2003 р. ***Випуск 39, 2015***

Кривий Ріг

Зміст

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Современная практика выщелачивания металлов из отходов горного производства 3
Повзун О.І., Вірич С.О., Кононихін С.В. Горілі породи, укріплені кам'яновугільним в'яжучим, - ефективний конгломерат в основах автомобільних доріг 8
Бритвин Ю.А., Фролов О.О. Дослідження впливу тріщинуватості гірських масивів на результати руйнування скельних порід вибухом 14
Сдвижкова Е.А., Солодянкин А.В., Бабец Д.В., Машурка С.В., Кузяева О.А. Обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» 19
Шашенко А.Н., Кравченко К.В., Прокудин А.З., Смирнов А.В. Методика решения задачи об устойчивости выработки с комбинированной крепью АСН-А 24
Шаповал В.Г., Причина Е.С., Булич И.Ю. К вопросу совершенствования расчета устойчивости грунтовых откосов и склонов 29
Дубицкая М.С., Клименко Д.В. Геоакустический прогноз мелкоамплитудной тектоники углепородного массива при отработке угольных пластов струговыми комплексами 34
Соколова А.С. Исследование краевого эффекта в уторном узле стальных вертикальных цилиндрических резервуаров при одосторонней связи днища с основанием и наличии подъемной силы 39
Пильщиков И.В., Губин Г.Г. Влияние высокой степени минерализации оборотной воды и солей жесткости на показатели технологического процесса окомкования 43
Чередник А.Д., Редько А.А., Гвоздецкий А.В. Эффективность систем лучистого отопления с низкотемпературными водяными панелями 48
Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Коваленко В.В., Гаркуша В.С., Прокудин А.З. Тампонажные и торкретбетонные смеси для крепления капитальных выработок угольных шахт 52
Рубан Н.Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска 58
Иванченко А. Н. Об обезвоживании мелкого концентрата на углеобогатительных фабриках Украины 64
Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Инновационные технологии комплексного использования хвостов обогащения переработки руд 68
Налисько Н.Н. Численный анализ влияния объемов загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны 73
Волкова О. Г. Метод зменшення перехідного опору розривних контактів комутаційних пристроїв 78
Волобаєв І. І., Лавриненко О. М., Волобаєв І. В., Ліоно А., Ульберг З. Р. Біофлокулярне збагачення дисперсних бурозалізнякових руд 82
Иванова А.П., Феськова Л.В., Труфанова О.И. Повышение эффективности решения задач напряженно-деформированного состояния и долговечности корродирующих балочных элементов металлоконструкций 86
Дацун С. Н. Принципы формирования пробы при покусковом опробовании 90
Каргаполов Ю.В., Логунова А.О. Анализ текущего состояния протяженных горных выработок угольных шахт ГП «Селидовуголь» 97
Лапшин О.Є., Федусов І.А. Математичне моделювання процесів динаміки пилових потоків в гірничих виробках 102
Шапурін О.В., Синичич П.М. Оптимізація комбінованого буріння свердловин з утворенням котловин великого діаметру 107
Несмашный Е.А., Ткаченко Г.И., Болотнков А.В., Романенко А.А. Определение коэффициента структурного ослабления скального массива Ингулецкого карьера на основании фрактального анализа 113
Тищенко С.В., Еременко Г.И., Гапоненко И.А. Исследование зоны разрушения скважинного заряда ВВ с воздушным промежутком в донной части скважины 118
Ткаченко Г.И., Герасимова Е.В. Биленко А.Е. Болотников А.В. Определение возможности увеличения результирующих углов наклона бортов карьера путем обратных расчетов прочностных свойств пород на примере Глееватского карьера ПАО «ЦГОК» 122

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Ізмайлов Я.О. Експортні операції та їх відображення в системі бухгалтерського обліку на підприємствах України 127
Єгорова І.Г. Оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів гірничо-збагачувальних підприємств-експортерів 133
Турило А.А. Взаємозв'язок інновацій з системою управління витратами підприємства 139
Решотка Р.О. Прогнозування валютного курсу як один з елементів системи моделювання зовнішньоекономічної діяльності 142

Темченко О.А. Оптимізація виробничих потужностей групи гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної залізорудної продукції …….. 148
Лысевич С.Г. Хозяйственный механизм предприятия через призму его функций и влияющих факторов ….. 153
Нусінов В.Я., Міщук Є.В., Літвінов В.В. Бізнес-процес управління персоналом у системі кадрової безпеки 158
Буханець В.В., Ковальчук В.А. Генезис категорії «капітал» в економічній теорії …… 163
Хорольський В.П., Башук Г.О. Розробка інноваційно-інвестиційної стратегії розвитку машинобудівного комплексу регіону …….. 169
А Н О Т А Ц І Ї 174
А н о т а ц і ї 174

УДК 662.341.012: 662.85

В.И. ГОЛИК, д-р техн. наук, проф.
Северо-Кавказский государственный технологический университет,
В.И. КОМАЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф. Криворожский национальный университет

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Приведены краткие сведения о теории выщелачивания металлов из руд. Охарактеризованы способы повышения активности минералов, в том числе механоактивацией. На примере промышленного использования технологий на предприятиях России и Казахстана систематизированы и приведены результаты вариантов технологий. Сделан вывод о технологической возможности и экологической целесообразности выщелачивания металлов с ликвидацией хранилищ на земной поверхности. Приведены краткие сведения о теории выщелачивания металлов из руд. Охарактеризованы способы повышения активности минералов, в том числе механоактивацией. На примере промышленного использования технологий на предприятиях Казахстана систематизированы и приведены результаты вариантов технологий. Сделан вывод о технологической возможности и экологической целесообразности выщелачивания металлов с ликвидацией хранилищ на земной поверхности. Указано, что развитие этого направления разработки может принести прибыль, сравнимую с базовым производством. Доказано, что традиционные технологии обогащения ограничены пределом извлечения, поэтому рекомендовано использование механохимической технологии, где извлечение металлов в раствор происходит одновременно с разрушением кристаллов. Сформулированы задачи развития механохимической технологии и указаны защищенные патентами направления решения проблемы.

Ключевые слова: железные руды, металлы, кристаллы, разрушение, обогащение, механоактивация, минеральное сырье, технология добычи, твердеющая закладка, прибыль, технология разработки, извлечение металлов, выщелачивающий раствор, дезинтеграция, механохимия.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Необходимость удовлетворения увеличивающихся потребностей в минеральном сырье привела к освоению месторождений полезных ископаемых в доступных регионах Земли. Учитывая, что содержание большинства полезных компонентов не превышает первые проценты, на земную поверхность извлекается все больше рудовмещающего сырья.

Проблема переработки излеченных на земную поверхность минеральных масс остается наименее разработанной и наиболее опасной для планеты Земля. Отставание возможностей переработки от возможностей добычи, а также непредсказуемая конъюнктура полезных ископаемых усиливают актуальность этой проблемы, делая ее глобальной.

Ранее считалось, что после обогащения минеральное сырье в виде хвостов переработки будет утилизировано, но практика показывает, что полностью извлекать полезные компоненты традиционное обогащение неспособно, и хвосты переработки остаются невостребованными (рис. 1) [1].

Рис. 1. Хвостохранилище в зеленом массиве

В прошлом веке возможности обогащения увеличились применением химических методов обогащения и гидрометаллургических процессов. Их преимуществом является возможность разделения компонентов.

Но одно лишь выщелачивание тоже не решает проблемы, поскольку для выщелачивания рудные минералы должны быть вскрыты. В большинстве случаев измельчение производится до крупности 0,1-0,2 мм, что лишь в редких случаях обеспечивает достаточное извлечение.

© Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С., 2015

Анализ исследований и публикаций .Перколяционное выщелачивание длится несколько месяцев, но вследствие кольматационных процессов не может обеспечить полного извлечения металлов. Несколько улучшаются показатели при перемешивании или агитации руды.

Кучное выщелачивание по сравнению с автоклавным и другими активными методами более экономично, но отличается еще более малым извлечением металлов.

Проблеме извлечения металлов сопутствует проблема селективизации извлечения металлов. Естественная растворимость минералов используется для интенсивного выщелачивания одного из них и предотвращения извлечения в раствор другого.

Возможности отделения сопутствующих элементов перед выщелачиванием несколько увеличивают магнитные, гравитационные, и иные методы обогащения. Например, гравитационное обогащение вольфрам-содержащих руд, при котором снижение крупности материала сопровождается увеличением поверхности контакта полезных минералов с рабочим раствором и повышением степени раскрытия [2].

Перколяционное выщелачивание получает распространение в сочетании с сорбцией и с экстракционным извлечением металлов.

Интенсификация извлечения компонентов при выщелачивании обеспечивается применением импульсных токов частотой 3-7 Гц, а также 1-30 Гц при наложении импульсного тока на постоянный ток. Условием успешного выщелачивания при этом является наличие в растворе конкурирующих ионов, обладающих большим потенциалом, чем ионы извлекаемых металлов, например, железа и водорода [3].

Постановка задания. Не вызывает сомнения, что отходы обогащения являются сырьем для будущих технологий. Для решения вопроса об их применимости необходимо сформулировать технические требования к сырью для получения товарных продуктов. Такие исследования позволят оценить техногенные месторождения полезных ископаемых и дать прогнозную оценку возможности их использования, что может радикально увеличить сырьевую базу производства и решить экологические проблемы горнодобывающего региона [4].

Повышение интенсивности и безотходности процесса выщелачивания делает экономически целесообразным его использование с получением адитивного эффекта, т.е. взаимного усиления эффективности приемов переработки руд.

Изложение материала и результаты. Среди имеющихся способов выщелачивания различают: без применения реагентов и с применением реагентов. В первом случае в процессе участвуют только твердое вещество и растворитель, а во втором - еще и реагент, взаимодействующий с твердым веществом, переводя его в растворимое состояние.

Примером может служить процесс измельчения серебро- марганцевых руд в морской воде, когда не усиливаются окислительно-восстановительные реакции, и измельчение той же руды в присутствии металлического железа, когда взаимодействие ионов железа с рудой и водой приводит к выщелачиванию в марганца.

Сухое измельчение сопровождается эффектом активации поверхности микрочастиц более сильным, чем мокрое. Так, олово не растворяется в отдельно взятых кислотах и только при обработке поверхности касситерита смесью плавиковой и серной кислоты переводится в раствор. Предварительная обработка касситерита механическими воздействиями увеличивает скорость растворения олова в 500-600 раз.

Еще более высокие показатели достигнуты при активации касситерита измельчением в воде в энерго-напряженной мельнице и выщелачивании концентрированной серной кислотой при температуре кипения. При измельчении без воды в присутствии абразивов, касситерит так меняет свои свойства, что полностью растворяется в 20% серной кислоте.

Труднорастворимый лепидолит после механоактивации в планетарной мельнице в течение 10 минут, становится доступным для выщелачивания, после которого в раствор переходит алюминий и щелочные металлы [5].

Сульфидные руды перед выщелачиванием подвергают обжигу для восстановления металлов и вскрытия полезных минералов. Этот метод высокопроизводителен и экономичен, но сопряжен с необходимостью улавливания, очистки и обезвреживания отходящих газов, в которых помимо оксида серы, используемого для производства серной кислоты, содержатся вредные и токсичные оксиды. Отжиг плохо сочетается с предшествующими технологическими процессами.

Механоактивация вместо обжига хорошо освоена для пиритного сырья, из которого извлекается элементарная сера, используемая для получения серной кислоты. Пиритный концентрат активируют в 20 % растворе Na OH. После двухнедельной выдержке выделяют до 58% магнетита, а из раствора осаждают 41% серы.

Хвосты месторождения Аксу (Казахстан) выщелачивали сульфит-бисульфитным раствором аммония; кислым раствором тиомочевины; щелочно-цианистым раствором; в режиме прямого цианирования после кислотной проработки и нейтрализации хвостов до pH>10 [6].

Выщелачивание хвостов кислыми растворами при pH=2 проводили в течение 1-24 часа, при температуре 20-250С и Т:Ж=1:5 (табл. 1).

Таблица 1

Кинетика сульфит- бисульфитного выщелачивания золота в кислой среде

Продолжительность,ч	Суммарная концентрация $(NH_4)_2SO_3 + NH_4H_2SO_3$, г/л							
	30		60		30		60	
	остаток, г/т	извлечено, %	остаток, г/т	извлечено, %	остаток, г/т	извлечено, %	остаток, г/т	извлечено, %
1	1,6	11,1	1,4	22,2	0,87	12	0,79	20,0
4	1,4	22,2	1,3	27,8	0,79	20,0	0,75	24,0
8	1,4	22,2	1,2	33,3	0,79	20,0	0,71	28,0
18	1,2	33,3	1,0	44,4	0,71	28,0	0,6	39,0
24	1,1	38,9	1,0	44,4	0,64	35,0	0,59	40,0

Более эффективно выщелачивание тиомочевинным раствором с концентрацией 10 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$ + 20 г/дм^3 H_2SO_4 (табл. 2).

Таблица 2

Результаты выщелачивания кислым тиомочевинным раствором

Условия выщелачивания	Параметры процесса			
	1,8 г/т		0,99 г/т	
	остаточное содержание, г/т	извлечение, %	остаточное содержание, г/т	извлечение, %
Раствор с концентрацией 1 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$+ 20 г/дм^3 H_2SO_4 ,Т:Ж=1:3 (1:1) без окислителя	0,986	45,5	0,596	39,8
То же с окислителем 1 г/дм^3 $Fe_2(SO_4)_3$	0,766	57,7	0,481	51,4
Раствор Т:Ж=1:10 (1:2) без окислителя	0,699	61,4	0,405	59,1
То же с окислителем 1 г/дм^3 $Fe_2(SO_4)_3$	0,567	68,7	0,345	65,2
Раствор с концентрацией 10 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$+ 20 г/дм^3 H2SO4, Т:Ж=1:5 (1:5) без окислителя	0,427	76,4	0,295	70,2

Выщелачивание золота из хвостов цианистыми растворами проведены в режимах прямого цианирования, сорбционного выщелачивания пульпы и автоклавирования при давлении 10 атм.

Исходная концентрация цианида натрия 525 мг/дм^3, Т:Ж=1:10, *t*=20-22 °С.

Корректировка pH в пределах 10,5-11,0 проводилась при помощи гидрокисида натрия (табл.3).

Таблица 3

Результаты выщелачивания золота щелочно-цианистым раствором

Параметры процесса							
Цианирование (*t* = 24 часа)						Автоклавное выщелачивание *t*=4 часа *P*=10 атм.	
прямое		с проработкой кислым раствором и нейтрализацией		с сорбционным выщелачиванием в пульпе			
остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %
0,4	75,3	0,2	82,3	0,35	80,7	0,45	75

Результаты выщелачивания указывают на возможность извлечения золота до остаточного содержания 0,4 г/т. Лучшие результаты получены при сорбционном выщелачивании и цианировании после кислотной проработки и подщелачивания пробы.

Хвосты обогащения месторождения Бестобе (Казахстан) выщелачивали прямым цианированием. Обработка кислотой увеличивает извлечение, но увеличивает расход реагента на нейтрализацию (табл. 4).

Таблица 4

Щелочно-цианистое выщелачивание золота

Содержание золота в хвостах и извлечение в раствор							
Цианирование (t=24 часа)						Автоклавное выщелачивание t=4 часа P=10 атм	
прямое выщелачивание		выщелачивание кислым раствором		сорбционное выщелачивание			
остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %
0,31	0,74	0,28	73,6	0,29	72,9	0,32	70,9

Хвосты месторождения Жолымбет выщелачивали цианистыми растворами в щелочной среде и кислыми тиомочевинными растворами в режимах: прямое цианирование; сорбция в щелочно-цианистой среде в противотоке пульпы и сорбента; автоклавное выщелачивание; кислотное тиомочевинное выщелачивание с концентрацией тиомочевины 1-10 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$ и 20 г/дм^3 H_2SO_4 после кислотной проработки сырья до pH$\leq$2 (табл. 5).

Таблица 5

Щелочно-цианистое выщелачивание

Цианирование (t=24 час)				Автоклавное выщелачивание t=4 час, P=10 атм.	
прямое		сорбция в пульпе		остаток, г/т	Извлечение, %
0,33	66,9	0,3	70,0	0,33	67,0

Золото в раствор извлекали кислыми растворами тиомочевины с концентрацией от 1 до 10 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$ при соотношении массы пробы и растворителя от Т:Ж=1:5 до Т:Ж=1:12, времени контакта 4 часа и комнатной температуре. Процесс оказался эффективнее при выщелачивании кислым тиомочевинным раствором с повышенной концентрацией - 10 г/дм^3 CS $(NH_2)_2$ + 20 г/дм^3 H_2SO_4 (табл. 6).

Таблица 6

Выщелачивание золота кислыми тиомочевинными растворами

Условия выщелачивания (Au=1,6 г/т)	Результаты выщелачивания					
	1 г/дм^3				10 г/дм^3	
	Т: Ж=1:5 (1:3)		Т: Ж=1:12 (1:2)		Т: Ж=1:5 (1:2)	
	остаток,г/т	извлечение,%	остаток,г/т	извлечение, %	остаток, г/т	извлечение, %
1 г/дм^3 H_2SO_4	0,69	56,9	0,523	67,3	0,379	76,3
Без окислителя	0,904	43,5	0,634	60,4	0,380	75,7

Из практики выщелачивания золота из хвостов обогащения можно сделать выводы:

хвосты обогащения руд целесообразно выщелачивать прямым цианированием в пачуках, в пульповом режиме в противотоке сорбента с пульпой.

обработка хвостов сернокислым раствором уменьшает расход цианида и на 7 % повышает извлечение золота;

автоклавирование при P=10 атм. сокращает время выщелачивания с 24 до 4 ч.;

кислое тиомочевинное выщелачивание позволяет извлекать до 80 % золота при расходе 500-1000 мг/дм^3 тиомочевины и более 80 % при расходе 3-10 г/дм^3 карбамида;

при кучном выщелачивании хвосты флотации целесообразно окомковывать до размеров 30+15 мм;

хвосты с малым содержанием металлов выщелачиваются щелочно-цианистым способом с извлечением до 75 % при остаточном содержании металла менее 0,4 г/т.

Показатели извлечения золота из хвостов выщелачивания растворителями представлены на рис. 2.

Опыт извлечения сравнительно инертного золота из хвостов обогащения показывает, что даже при создании благоприятных условий для выщелачивания новые технологии с выщелачиванием не обеспечивают безотходного извлечения металлов [7].

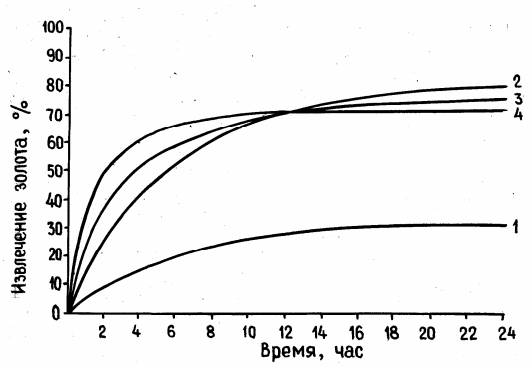

Рис. 2. Параметры извлечения золота из хвостов выщелачивания растворителями: *1* - сульфит-бисульфитный раствор аммония; *2* - тиомочевинный раствор; *3* - щелочно-цианистый раствор (прямое цианирование); *4* - щелочно-цианистый раствор (автоклавирование)

Как применение одной механической энергии, так и привлечение химической энергии, не позволяют извлекать металлы до фонового уровня или норм санитарной безопасности.

Выводы и направление дальнейших исследований. Направлениями дальнейших исследований в области хвостов переработки руд, является дальнейшее совершенствование способов извлечения металлов из руд с целью обеспечения безотходного производства. Практика показывает, что для этого назрела необходимость привлечения третьего вида энергии, например, энергии активации[8].

Работами последних лет для безотходного извлечения металлов из металлосодержащего сырья обосновано применение механической и химической энергии комбинируемое с энергией активации. Процесс осуществляется химическим выщелачиванием металлов в установках типа дезинтегратор. При высокой скорости обработки вещества приобретают отличные от исходных технологические свойства, раскрываются рабочие поверхности, а реагенты запрессовываются в микротрещины (рис. 3).

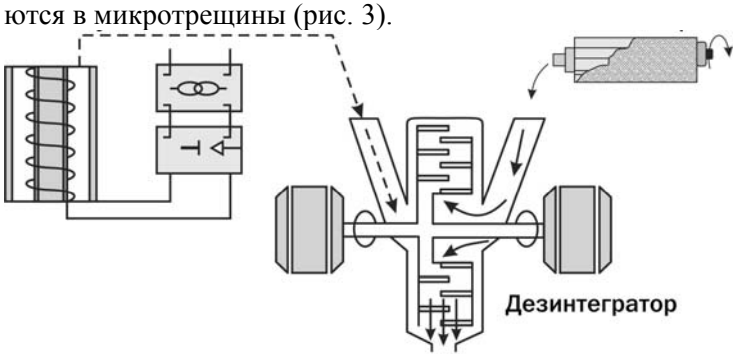

Рис. 3. Схема выщелачивания металлов в дезинтеграторе

По данным исследований извлечение металлов до фонового уровня обеспечивается за время, на 2 порядка меньшее, чем при агитационном выщелачивании[9].

Полная ликвидация хвостохранилищ после доведения остаточного содержания металлов до санитарных норм, является единственно возможным способом охраны окружающей среды. Это направление противопоставляется превалирующей тенденции биологической рекультивацией отходов, которая не только не препятствует процессам природного выщелачивания с неуправляемым выносом продуктов в экосистемы, но и способствует этому[10].

Комбинированное использование традиционных и новейших технологий позволит вовлечь в эксплуатацию неограниченные запасы техногенных месторождений, улучшит экономику горных предприятий и радикально снизить нагрузку на окружающую среду.

Нуждаются в детализации вопросы стойкости рабочего органа дезинтегратора, оптимизация составов реагентов, экономии энергии и т.п.

Список литературы

1**. Ракишев Б. Р**. Комплексное использование руды на предприятиях цветной металлургии Казахстана / **Б. Р. Ракишев //** Горный журнал, 2013. - №7. - С.67-82.

2. Комбинированная разработка Удоканского месторождения как основа обеспечения его безопасного и эффективного освоения. Новые технологии в науке о Земле и горном деле / **А.Г. Секисов и др**. – Нальчик, 2011. С.56-61.

3. **Голик В.И.** Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий / **В.И. Голик** // Горный журнал, 2013. - №5. - С.98-103.

4. **Комащенко В.И., Ерохин И.В.** Техногенное воздействие процессов добычи и переработки руд на природно-технические геосистемы окружающей среды. Труды -V Международная научная конференция. «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах» / **В.И. Комащенко, И.В. Ерохин**г // Белгород, 2013 - С. 73-78.

5. **Чукин Г.Д. Нефедов Б.К., Радченко Е.Д.** Особенности формирования структуры алюмоникельмолибденовых катализаторов гидрогнизационных процессов при применении УДА-технологии в их приготовлении. УДА-технология: проблемы и перспективы / **Г.Д. Чукин, Б.К. Нефедов, Е.Д. Радченко //**Таллинн. - СКТБ «Дезинтегратор»,1981. - С.58-60.

6. **Лузин Б.С.** Компания «АБС» - флагман золотодобычи Казахстана / **Б.С. Лузин** // Горный журнал. М., 2001. № 11. С.78-79.

7. Комащенко В.И., Голик В.И., Дребенштедт К. Влияние деятельности геолого-разведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду / **В.И. Комащенко, В.И. Голик, К**. **Дребенштедт //** М.: КДУ, 2010. - С-556.

8. **Хинт И.А**. О четвёртом компоненте технологии. Научно-информационный сборник СКТБ «Дезинтегратор». Таллин, «Валгус», 1980. 67 С.

9. Golik V.I., Komaschenko V.I., Rasorenov Y.I. Activation of Technogenic Resources in Disintegrators / **V.I. Golik, V.I. Komaschenko, Y.I. Rasorenov** // Springer International Publishing Switzerland, 2013. - pp. 78-82.

10. **Morkun V., Tron V.** Ore preparation multi-criteria energy-efficient automated control with considering the ecological and economic factors / **V. Morkun, V. Tron** // Metallurgical and Mining Industry, 2014. - №5. - pp. 4-7.

Рукопись поступила в редакцію 17.04.15

УДК 622 - 032. 35: 502. 7

О.І. ПОВЗУН, С.О. ВІРИЧ, С.В. КОНОНИХІН, кандидати техн. наук, доценти
Красноармійський індустріальний інститут
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

ГОРІЛІ ПОРОДИ, УКРІПЛЕНІ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИМ В'ЯЖУЧИМ - ЕФЕКТИВНИЙ КОНГЛОМЕРАТ В ОСНОВАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Показано можливість використання відходів вугільної промисловості - горілих порід шахтних териконів — як техногенної сировини у дорожньому будівництві. Відповідно до значення силікатного модуля горілу породу можна застосовувати як будівельний матеріал. Згідно з величиною глинисто- – залізистого модуля вона є високоактивною. Горіла порода відповідає Нормам радіаційної безпеки України НРБУ - 97 і може бути використана в будівництві без обмежень. Горілі породи шахтних териконів доцільно укріплювати кам'яновугільним в'яжучим. Досліджено кам'яновугільне в'яжуче для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг. Кам'яновугільним в'яжучим є кам'яновугільний дьоготь, модифікований відходами полістиролу — полістирольним пилом. Калориметричні дослідження в режимі сканування показали, що процес взаємодії дьогтів з полістирольним пилом є екзотермічним. Це доводить суміщеність полістиролу з кам'яновугільним в'яжучим. На підставі залежностей відносного розміру частинки полістиролу та питомого об'ємного електричного опору дисперсій полістирольного пилу в розчинниках кам'яновугільного походження від температури визначено температуру розчинення полімеру, яка становить 105 – 110^{o} С. Аналіз залежностей еластичності і розтяжності при 0°С двопроцентної полістирольної кам'яновугільної композиції, а також коефіцієнта тривалої водостійкості, границі міцності на стиск при 20°С і водонасичення дьогтеполістиролбетону від часу приготування в'яжучого показав, що оптимальний термін суміщення полістирольного пилу з кам'яновугільним дьогтем становить 50-60 хв.

Ключові слова: горілі породи, кам'яновугільне в'яжуче, відходи промисловост

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Протягом останнього десятиріччя екологічна ситуація на території України залишається досить складною. Лише у 2009 році в повітряний басейн, водні та земляні ресурси країни потрапило 11,3 млн т небезпечних забруднювальних речовин, з яких 57 % припадає на шкідливі викиди в атмосферу, 40 % - у поверхні водойми, 3 % - на небезпечні відходи, якими забруднюються земельні ресурси [1].

За 2009 рік у видобувній промисловості обсяги викидів у повітря від 512 стаціонарних джерел забруднення становили 824,5 тис. т, а діоксиду вуглецю - 2264,3 тис. т [1].

Однією з найгостріших проблем вуглевидобувних районів України на сьогодні є проблема накопичення відходів вугільної промисловості. З надр України щороку виймається понад 1,5 млрд т гірської маси, з якої після здобуття корисних компонентів 60-70 % загальної маси сировини направляється у відвали [2,3]. Кожного року для розміщення відвалів відводиться до 1,5-2,0 тис. га сільськогосподарських земель. В Україні у відвалах накопичено понад 20 млрд т гірничопромислових та інших відходів, що займають більш як 500 тис. га землі.

Особливо гостро стоїть проблема утилізації техногенної сировини в індустріально розвинутому Донбасі, в структурі господарчого комплексу якого вугільна промисловість є однією з провідних галузей. За орієнтовними даними, на території Донецького басейну розміщено біля 1250 великих і малих породних відвалів, в яких на площі 5,5 тис. га (а з урахуванням санітарно-захисної зони біля 30 тис. га) зосереджено до 1800000 тис. т відходів [4]. Щорічний обсяг гірсь-

© Повзун О.І., Вірич С.О., Кононихин С.В., 2015

кої маси, що видається шахтами Донбасу у відвали, становить біля 30 млн м^3, а їхній загальний об'єм перевищує 2 млрд м^3, що, безумовно, створює суттєву екологічну напругу [2,3].

З кожного гектара поверхні молодих відвалів щорічно виноситься за межі цих земель від 200 до 500 т пилу. Площа запилення становить 500 га на 1 га відвальної поверхні [5].

Просідання земної поверхні по Донецькому басейну в середньому коливається в межах від 1,5 до 2,5 м, унаслідок чого сформувалася регіональна депресивна воронка глибиною 25-40 м [5]. З просіданням земної поверхні тісно пов'язані процеси затоплення і підтоплення територій, які супроводжуються руйнуванням будівель і споруд, порушенням умов гідрогеології регіону.

У 2009 р. на підприємствах вугільної промисловості України у поверхні водні об'єкти відведено 446 млн м^3 зворотних вод, у тому числі забруднених - 314 млн м^3, з них без очищення - 10 млн м^3 [1].

Палаючі терикони виділяють пари, в яких окрім води містяться: сірчана кислота (сульфат - іон), вуглекислота, двооксид азоту (нітрат - іон), які в десятки разів перевищують допустимі норми. При браку кисню в осередках горіння в парогазових викидах містяться сірководень, вуглеводні, аміак, оксид вуглецю тощо [6]. Виділення з породних відвалів містять оксиди сірки; дрібні частинки утримують свинець або азбест, окислювачі, берилій тощо [5].

Розв'язання проблеми промислового використання відвальних шахтних порід означає організацію рентабельного виробництва, звільнення значних земельних угідь, зайнятих відвалами, і зменшення їхнього впливу на навколишнє природне середовище. Великотоннажна переробка шахтних териконів можлива лише в галузі дорожнього будівництва або виробництва будівельних матеріалів [2,3].

Аналіз досліджень і публікацій. Відоме застосування відвальних горілих порід в насипах земляного полотна автомобільних доріг [7,8], в підстильних шарах [9,10] та основах [11-14] дорожніх одягів. Але такі конструктивні шари недовговічні через низький опір зсувові (пухкий незв'язний матеріал). Відоме також улаштування горілопородних щебеневих шарів, оброблених цементом [15,16], або просочених бітумами чи рідкими кам'яновугільними дьогтями [17].

В Англії горілі породи широко застосовують для основ доріг [18], а для менш жорстких, еластичних дорожніх покриттів використовують ґрунтоцементні суміші з добавкою мелених горілих порід з териконів місцевих шахт [19,20].

При будівництві доріг в Тайнемаусі як основу були взяті горілі породи з вугільних відвалів, стабілізовані бітумною емульсією і цементом [21].

Цемент і бітум - це високовартісні в'яжучі речовини у порівнянні з малов'язкими кам'яновугільними в'яжучими, але останні мають підвищені токсичність і схильність до старіння, низьку теплостійкість і за фізико-механічними властивостями суттєво поступаються нафтовим бітумам [22].

Кам'яновугільні дьогті підвищеної в'язкості мають поліпшені реологічні властивості і за якістю наближаються до бітумів.

Одним з ефективних способів поліпшення якості кам'яновугільних в'яжучих є введення до їх складу полімерів, що суміщаються з ними [23-25].

Постановка завдання. Метою даної роботи є виявлення можливості використання горілих порід шахтних териконів в основах автомобільних доріг і дослідження полімерного кам'яновугільного в'яжучого для їх укріплення.

Завданнями дослідження є вивчення кінетики і механізму розчинення відходів полімеру в кам'яновугільних в'яжучих, а також розробка рекомендацій щодо визначення температуро – часових режимів їх суміщеності.

Викладення матеріалу та результати. Як об'єкти досліджень було прийнято:

1. Горіла порода згаслого терикону шахти № 6 «Червона зірка» (м. Донецьк).

2. Кам'яновугільні дьогті, що задовольняють вимогам ГОСТ 4641.

3. Полімер-відходи виробництва полістиролу - полістирольний пил (ВАТ «Концерн «Стирол», м. Горлівка Донецької області).

Під час відбору проб горілої породи з терикона було помічено, що дрібні фракції знаходились у верхній його частині, починаючи від розвантажувальної рампи і закінчуючи нижнім положенням риштаків, якими порода пропускається по схилу. Великі уламки, рухаючись по укосу конуса, нагромадились у нижній частині терикона.

Накопичення дрібних фракцій у верхніх шарах відвалу пояснюється рухом породних окремостей в режимі тертя ковзання. Дрібна фракція заповнює пори верхніх шарів відвалу, затримується на нерівностях укосу відвалу і, як наслідок, у меншій мірі досягає менших шарів [26].

Процес спонтанного розділення гірської маси за крупністю під час формування відвалів пов'язаний з тим, що відсипання матеріалу здійснюється похилими шарами, а розподіл мас за крупністю призводить до утворення шарів, які розташовано паралельно основі відвалу [27]. Чітких меж між шарами непомітно. Крупно-грудковий матеріал, що є в нижній частині відвалу, лише домінує над дрібною фракцією [27].

Зазначена горіла порода має високу якість: вона добре випалена (помітна червона гама кольорів); поверхня зламу гладка каменеподібна; структура щільна.

Хімічний склад горілої породи наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад горілої породи

Шахта	Вміст оксидів, % за масою							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	SO_3	інші
№ 6 «Червона зірка»	64,35	21,77	7,20	1,31	1,11	1,98	0,95	1,35

Малий вміст основних оксидів кальцію і магнію і великий – оксидів кремнію і алюмінію свідчать про кислу природу горілої породи.

Відповідно до величини модуля активності M_a= Al_2O_3%/SiO_2%=21,77/64,35=0,338 горіла порода відноситься до II класу кислих шлаків (M_a≥0,33) [28].

Для реалізації відходів у виробництві будівельних матеріалів силікатний модуль M_c=SiO_2 %/Al_2O_3 повинен мати оптимальні значення 1,7-3,5 [28]. У даному випадку M_c=64,35/21,77=2,96 %/Al_2O_3. Значить, дану горілу породу можна застосовувати як будівельний матеріал.

Класифікація зразків як залізистих порід (за глинисто-залізистим модулем $M_{гл.з}$= Al_2O_3%+Fe_2O_3%/SiO_2%) показує, що всі зразки відносяться до високоактивних: $M_{гл.з}$= 21,77+7,2/64,35)=0,45) ($M_{гл.з}$ має бути ≥0,45[8]).

Значення ефективної питомої активності $C_{еф}$ гранулометричних фракцій териконних порід, що розраховуються за рівнянням, Бк/кг

$$C_{еф}=C_{Ra}+1{,}31C_{Th}+0{,}085C_K,$$ [29],

де C_{Ra},C_{Th},C_K - питома активність нуклідів радію, торію, калію відповідно; 1,31 і 0,085 - зважені коефіцієнти ^{232}Th і ^{40}K відповідно по відношенню до ^{226}Ra, становлять <370 Бк/кг.

Тобто, згідно з Нормами радіаційної безпеки України НРБУ - 97 горіла порода може використовуватися в будівництві без обмежень.

Фізико-механічні властивості досліджуваної горілої породи наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико–механічні властивості горілої породи шахти № 6 «Червона зірка»

Показники	Середні значення
Густина, кг/м^3	4950
Середня густина грудок, кг/м^3	2075
Насипна густина, кг/м^3	1435
Водопоглинання, % за масою	4,15
Пористість, % за об'ємом	16,9
Дробильність, %	26,9
Марка щебеню за показником дробильності в циліндрі	450
Границя міцності на стиск, МПа	39,0

Гранулометричний склад горілої породи наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Гранулометричний склад горілої породи шахти № 6 «Червона зірка»

Показники	Діаметри отворів сит, мм										
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	< 0,14
Частковий залишок на ситі,%	6,3	12,3	17,8	16,0	14,3	6,4	6,5	5,8	3,5	4,5	6,6
Повний залишок на ситі,%	6,3	18,6	36,4	52,4	66,7	73,1	79,6	85,4	88,9	93,4	100,0

Як видно з табл. 3, в горілій породі найбільше міститься фракції 20-40 мм (17,8 %), а найменше - фракції 0,315-0,63 мм (3,5 %).

Після дроблення і класифікації горілої породи виходить щебінь і горілопородний пісок різних фракцій з досить високими фізико-механічними властивостями [30].

Найефективніше використовується горіла порода після обробки її органічними в'яжучими речовинами.

У даній роботі розглянуто можливість її застосування в основах дорожніх одягів з укріпленням дьогтеполістирольним в'яжучим.

Кам'яновугільні дьогті виробляють під час деструктивної переробки кам'яного вугілля. Їх поділяють на марки Д-1-Д-6 залежно від їхньої умовної в'язкості в секундах, яка позначається C_{30}^{10} або C_{50}^{10}, де 10 - діаметр стічного отвору, мм; 30 або 50 - температура витікання 50 мл в'яжучого на стандартному віскозиметрі, °С.

Полістирольний пил (ПС) - відхід хімічної промисловості; порошок білого кольору з розміром частинок менш за $6{,}3\cdot10^{-5}$ м.

Необхідною умовою ефективного впливу полімеру на властивості органічних в'яжучих є їхня сумісність, яка полягає в здатності полімеру розчинюватись в них. Якщо компоненти суміщуються, то під час безпосереднього контакту одне з одним, вони довільно диспергуються один в одному.

Калориметричні дослідження на приладі ДАК-1 (рис. 1) в режимі сканування довели, що процес взаємодії кам'яновугільних дьогтів з полістирольним пилом - екзотермічний.

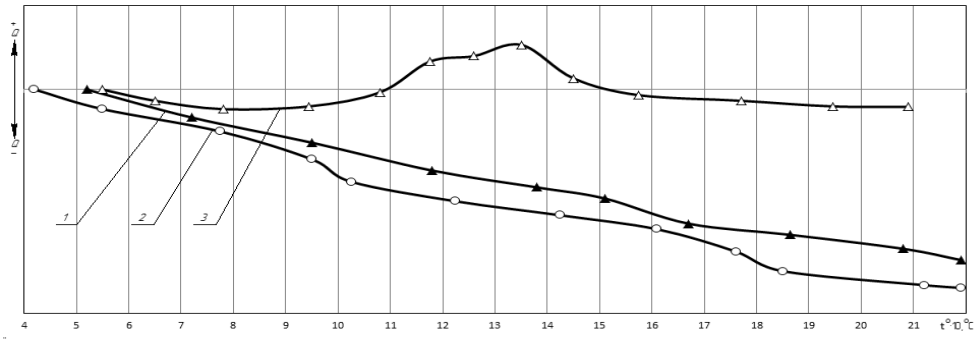

Рис. 1. Залежність теплового ефекту Q системи від температури t°С:
1 – дьоготь $C_{30}^{10}=13c$; *2* – полістирольний пил (ПС); *3* - дьоготь $C_{50}^{10}=13c$ з ПС

Отже, полістирол і кам'яновугільні дьогті є сумісними речовинами.

На температурних залежностях відносного розміру частинки полістирольного пилу (рис. 2) і питомого об'ємного електричного опору його дисперсії (рис. 3) видно, що в зоні *A-B* розміри частинок полімеру не змінюються. Полімер знаходиться у склоподібному стані.

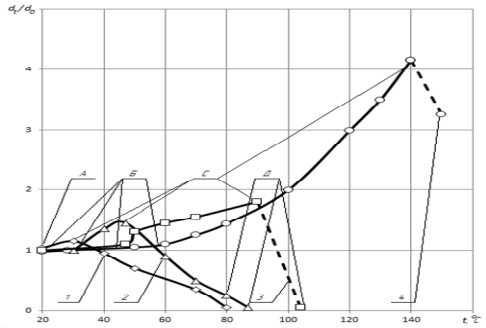

Рис. 2. Залежність відносного розміру d_t/d_o частинки полістиролу в кам'яновугільних розчинниках від температури *t,* °С: *1* – частинка полістиролу з відкритою пористістю в антраценовому маслі; *2* - частинка полістиролу із замкненою пористістю в антраценовому маслі; *3* - частинка полістиролу із замкненою пористістю в кам'яновугільному дьогті в'язкістю $C_{30}^{10}=13c$; *4* - частинка полістиролу з кристалічними областями в антраценовому маслі

За даними рис. 3 у цій зоні питомий об'ємний опір падає, що пов'язано з підвищенням рухливості дипольних молекул розчинника внаслідок зменшення його в'язкості.

У другій зоні частинки полістирольного пилу збільшуються: полімер переходить у високоеластичний стан (див. рис. 2). Інтенсивність поглинання молекул кам'яновугільних в'яжучих полістирольним пилом стрімко зростає: частина дипольних молекул разом з розчинником переходить у більш в'язке середовище, всередину частинок полімеру.

У випадку використання антраценового масла це приводить до зростання питомого об'ємного опору (рис. 3, крива *1*, зона *B - B'*), а потім - до встановлення динамічної рівноваги між поглинанням низькомолекулярних полярних компонентів кам'яновугільних в'яжучих частинками полімеру і зниженням в'язкості суспензії внаслідок підвищення температури.

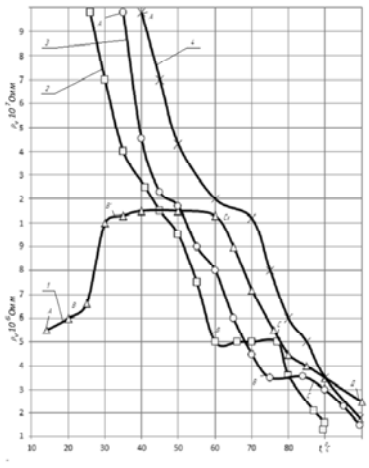

Рис. 3. Залежність питомого об'ємного електричного опору ρ_v дисперсій полістирольного пилу в розчинниках кам'яновугільного походження від температури °С: *1* – в антраценовому маслі; *2,3,4* – в кам'яновугільних дьогтях з умовною в'язкістю $C_{30}^{10} = 5\,c$; $C_{30}^{10} = 100c$; $C_{50}^{10} = 12c$ відповідно

Отже, під час об'єднання полістирольного пилу з кам'яновугільним дьогтем при постійній швидкості нагрівання існує декілька характерних температур: температура набухання (точка *В*), що відповідає переходу полімеру із склоподібного в високо еластичний стан; температура найбільшого розміру частинки полімеру (точка *С*); температура розчинення полістирольного пилу (точка *Д*), яка підвищується зі збільшенням в'язкості середовища, що модифікується.; температура найбільшого розміру частинки полімеру (точка *С*); температура розчинення полістирольного пилу (точка *Д*), яка підвищується зі збільшенням в'язкості середовища, що модифікується.

Враховуючи те, що відсоток частинок з кристалічними областями незначний, то температура розчинення полістирольного пилу в кам'яновугільних в'яжучих становить 105-110 °С (див. рис. 2,3).

Властивості дьогтеполімерного в'яжучого залежать від терміну його приготування. Максимальних значень еластичності, розтяжності, коефіцієнта водостійкості при тривалому водонасиченні, дьогтеполістирольні в'яжучі і дьогтебетони досягають при терміні суміщення полімеру з кам'яновугільним дьогтем 50-60 хвилин (рис. 4).

Так, для модифікованого в'яжучого (дьоготь в'язкістю $C_{30}^{10} = 200c$; з 2 % полістиролу) еластичність при 0°С становить 29 %, а розтяжність при 0°С - понад 1 м. Коефіцієнт тривалої водостійкості дьогтеполістиролбетону в початковий період приготування зростає, а після 50 хвилин стабілізується, досягнувши значення $K_{д.в}$ = 0,8.

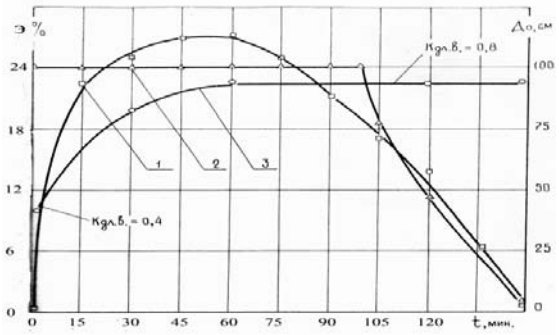

Рис. 4. Залежність еластичності *Е* при 0°С (*1*) і розтяжності (дуктильності) $Д_о$ (*2*) двопроцентної полістирольної кам'яновугільної композиції; коефіцієнта тривалої водостійкості (*3*), границі міцності на стиск R_{20} при 20°С (*4*) і водонасичення *W* (*5*) дьогтеполістиролбетону від терміну приготування в'яжучого *t*. В'язкість вихідного дьогтю $C_{30}^{10} = 200c$

Дані рис. 4 також показут.ь, що міцність на стиск дьогтеполістиролбетону при температурі 20 °С стабілізується при 50-60 хвилинах приготування в'яжучого, досягаючи значення R_{20}=2,3 МПа, а водопоглинання стрімко зменшується і стабілізується впродовж 30 хвилин приготування в'яжучого при значенні *W* = 2,1 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Результати досліджень підтвердили доцільність укріплення основ автомобільних доріг з горілої породи терикону шахти № 6 «Червона зірка» полістирольним кам'яновугільним в'яжучим, яке оптимально потрібно готувати при температурі 105-110 °С впродовж 40-50 хвилин.

Використання горілих порід шахтних териконів у дорожньому будівництві як джерело техногенної сировини дасть можливість вирішити декілька проблем: в процесі розробки частина породних відвалів буде розібрана, що суттєво знизить екологічну напругу; одержане в ході переробки сировина дозволить зменшити обсяги її імпорту, що надасть більшої незалежності промисловому комплексу, його конкурентоздатності і підвищити економічну ефективність; замінити і заощадити високовартісну природну сировину; в результаті розробки породних відвалів будуть звільнені значні території, які можна використовувати в різних галузях народного господарства або в цілях рекреації; використати трудові ресурси, будівлі і споруди, обладнання і техніку, що звільнятимуться у зв'язку із закриттям нерентабельних шахт; знизити соціально-економічну напруженість створенням робочих місць на підприємствах з виробництва дорожньо-будівельних матеріалів.

Подальші дослідження будуть присвячені вивченню структуроутворення в кам'яновугільних в'яжучих і визначенню оптимальної концентрації полістиролу в них.

Список літератури

1. **Мовчан В.В.** Сучасний стан забруднення довкілля в Україні / **В.В. Мовчан, О.Г. Мовчан** // Гірничий вісник.- Кривий Ріг: КНУ, 2012. – Вип. 95. – С. 236-242.

2. **Семирягин С.В.** Использование отходов угледобычи при производстве огнеупоров / **С.В. Семирягин, Б.Н. Пилипенко** // Гірничий вісник.- Кривий Ріг: КНУ, 2014. – Вип. 97. – С. 244-247.

3. **Коваленко Л.И.** Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / **Л.И. КоваленкоН.П. Омельченко** // Проблеми екології, 2009. - № 1-2. – С. 16-19.

4. **Выборов С.Г.** Перспективы отвальных пород в качестве алюминиевого сырья / **С.Г. Выборов, А.А. Силин** // Уголь Украины. – 2012. - № 6. – С. 33-39.

5. **Макеєва Д.О.** Екологічна небезпека породних відвалів та шляхи вирішення проблеми / **Д.О. Макеєва** // Проблеми екології. – 2013. - № 1 (31). – С. 43-48.

6. **Выборов С.Г.** Экологические последствия структурно-вещественных преобразований отвальных пород терриконов / **С.Г. Выборов, Ю.А. Проскурня, А.А. Силин** // Наукові праці ДонНТУ. Сер. «Гірничо-геологічна», 2010. – Вип. 11 (161). – С. 155-160.

7. **Мищенко М.Л.** Применение отвальных шахтных пород для сооружения земляного полотна автомобильных дорог: автореф. дисс. канд. техн. наук: спец. 05.23.14 / **М.Л. Мищенко**. – М.: 1985. – 17 с.

8. **Скрипник Т.В.** Удосконалення технологічних процесів зведення земляного полотна з відвальних горілих порід: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.11 / **Т.В. Скрипник**.- К.: 1996. – 19 с.

9. **Мовчан М.І.** Використання шахтних відвальних порід Львівсько-Волинського вугільного басейну у дорожньому будівництві / **М.І. Мовчан, Д.М. Акімов** // Теорія і практика будівництва. Зб. наук. праць Національного університету «Львівська політехніка», 2011. - № 697. – С. 174-179.

10. **Васильев С. Д.** Перспективы использования горелых пород шахтных отвалов / **С.Д. Васильев, М.Н. Шафоростова** // Збірка доповідей V регіональної конференції «Комплексне використання природних ресурсів». – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 16-20.

11. **Панов Б.С.** Новые виды минерального сырья Донбасса / **Б.С. Панов, Ю.А. Проскурня** // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо–геологічна». - Донецьк: ДонНТУ, 2004. - Вип. 81.– С. 74-77.

12. Материалы из техногенного сырья для дорожного строительства / **[Н.И. Буравчук, О.В. Гурьянова, Е.П. Окороков, Л.Н.Павлова]** // Энергосбережение.- Донецк, 2013.- №3 (160). - С.12-13.

13. **Филиппова Я.В.** Применение перегоревших пород шахты им. Калинина для строительства дорожного полотна / **Я.В. Филиппова, В.Г. Ефимов** // Зб. наук. праць «Екологічні проблеми паливо-енергетичного комплексу». – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С.71-74.

14. **Дворянова И.Н.** Эколого-экономическое обоснование использования породы из отвалов / **И.Н. Дворянова, М.Н. Шафоростова** // Збірка доповідей VI регіональної конференції «Комплексне використання природних ресурсів». – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – С. 24 – 25.

15. **Буравчук Н.И.** Ресурсосбережение в технологии строительных материалов / **Буравчук Н.И.** – Ростов-на–Дону: Изд – во Южного федерального университета, 2009. – 224 с.

16. **Бакурова Е.И.** Использование шахтной породы ОП «шахта им. М.И. Калинина» для строительства автомобильных дорог / **Е.И. Бакурова, Е.Л.Завьялова** // Зб. матеріалів ІІ регіональної наукової конференції «Екологічні проблеми паливо-енергетичного комплексу». – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С.134 – 136.

17. **Бируля А.К.** Дороги из местных материалов / **А.К. Бируля.** – М.: Автотрансиздат, 1955. – 138 с.

18. Emulsion stabilized colliery schale as road laze Highways Bridges, vol.20 № 1003, 1953.

19. **Ingle F.W.** Flexible roads; Roads and Road Construction, vol. 35, № 414, 1957.

20. Colliery shale as hardcore of filling, Building, Research Station Digest, № 84, p.3, 1956.

21. **Kenyon I.A**. Emulsion stabilized schale roads at Tynemouth Highways and Bridges, vol. 21, № 1040, 1954.

22.**Пактер М.К.** Перспективы получения дорожных органических вяжущих на основе твердых горючих ископаемых. I. Коксохимическое сырье / **М.К. Пактер, В.И. Братчун, В.Л. Беспалов** и др. // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДонНАБА. – Макіївка, 2010. – Вип. 1 (81). – С. 22-35.

23. Применение дегтеполимерных вяжущих при устройстве дорожных покрытий [**В.П. Володько, А.Л. Хорошуля, М.Д. Круцык** и др.] // Автомобильные дороги, 1979. - № 10. – С. 24-25.

24. **Даценко В.М.** Дьогтеполімерні бетони підвищеної довговічності на основі в'яжучих, модифікованих відходами виробництва стиролу та полістиролу: автореф. дис. канд. техн. наук / **В.М. Даценко**. - Харків, 2006. – 18 с.

25. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів: Монографія / [**В.І Братчун, В.О.Золотарьов, М.К. Пактер, В.Л. Беспалов**]. – Макіївка – Харків: ДонНАБА, 2011. – 366 с.

26. **Слободянюк В.К.** Сегрегация породных отдельностей при движении по откосу отвала в режиме трения скольжения / **В.К. Слободянюк** // Гірничий вісник.- Кривий Ріг: КНУ, 2008. – Вип. 92. – С. 265-268.

27. **Вилкул Ю.Г.** Моделирование и исследование гравитационной сегрегации скальной горной массы в процессе отвалообразования с применением методов планирования экспериментов / **Ю.Г. Вилкул, В.К. Слободянюк, А.С. Аралкин** // Гірничий вісник.- Кривий Ріг: КНУ, 2006. – Вип. 91. – С. 3-9.

28. **Уханева М.И.** Изучение возможности применения отходов угледобычи в производстве строительных материалов / **М.И. Уханева, Э.Б. Хоботова** // Проблеми екології, 2009. - № 1-2. – С.20-27.

29. **Уханева М.И.** Радиационно – химическая оценка промышленных отходов как техногенного сырья / **М.И. Уханева, Э.Б. Хоботова** // Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Гірничо-геологічна». - Донецьк: ДонНТУ, 2011. - Вип. 15 (192). – С. 300 - 307.

30. **Shulz, D. Das** Bergehaldekonzept der Ruhrkohle AG, Gluckauf 125, Nr. ½, 1989, S. 84-88.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.235

Ю.О. БРИТВИН, інженер, О.О. ФРОЛОВ, д-р техн. наук,
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРІЩИНУВАТОСТІ ГІРСЬКИХ МАСИВІВ НА РЕЗУЛЬТАТИ РУЙНУВАННЯ СКЕЛЬНИХ ПОРІД ВИБУХОМ

Висвітлена проблема математичного опису руйнування тріщинуватих скельних гірських порід вибухом. Відзначено, що процес руйнування гірських порід вибухом можна віднести до квазікрихкого руйнування з точки зору механіки руйнування. Проведено аналіз досліджень і публікацій в області руйнування тріщинуватих гірських порід вибухом. Для описання процесу руйнування тріщинуватих гірських порід вибухом обґрунтована правомірність використання коефіцієнту інтенсивності напружень, який вважається основним параметром тріщиноутворення. Аналіз досліджень в області механіки руйнування показав, що використання критеріїв міцності, які обираються в залежності від типу матеріалу та умов його руйнування, при розрахунках тіл на міцність недостатньо. Рішення проблеми крихкого і квазікрихкого руйнування може бути надійним лише тоді, коли враховуються в породі існуючі початкові тріщини.

Отримана узагальнена залежність для розрахунку критичних значень коефіцієнту інтенсивності напружень, що впливають на формування полів напружень у вершині тріщини при прикладенні вибухового навантаження. Розроблено алгоритм визначення об'єму руйнування тріщинуватих скельних порід вибухом системи свердловинних зарядів. Для найпоширеніших порід Україні досліджено вплив тріщинуватості гірського масиву на об'єм його руйнування при вибуховому навантаженні. За результатами розрахунків побудовані графіки залежності об'єму зруйнованого гірського масиву від відстані між тріщинами в досліджуваному об'ємі порід. Встановлені закономірності зміни об'єму руйнування вибухом залежно від різної ступені тріщинуватості гірських порід. За характером змін об'ємів руйнування породи, які досліджувалися, умовно поділено на дві групи.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами. Сучасні дослідження закордонних та вітчизняних вчених в області механіки руйнування показали, що використання тих чи інших критеріїв міцності, які обираються в залежності від типу матеріалу та умов його руйнування, при розрахунках тіл на міцність недостатньо. Рішення проблеми крихкого і квазікрихкого руйнування може бути надійним лише в тому випадку, коли враховуються в матеріалі (зокрема, в гірській породі) існуючі початкові тріщини [1, 2].

У зв'язку з цим важливе значення набувають задачі про рівновагу тіла з тріщиною. При цьому важливо не саме рішення такої складної математичної задачі, а існування або відсутність рішення про рівновагу тіла з тріщиною при прикладеному навантаженні на досліджуваний матеріал. Таким чином, з математичної точки зору руйнування відбувається при виконанні певних граничних умов, які забезпечують відсутність рішень відповідної задачі про рівновагу тіла. Ці умови є інтегральними узагальнюючими характеристиками процесу руйнування [3].

Процес руйнування гірських порід вибухом можна віднести до квазікрихкого руйнування, що відбувається під дією ударних навантажень. Масив гірських порід, який підлягає такому руйнуванню, є недосконалим з точки зору механіки суцільного середовища, оскільки в ньому існують, як мінімум, макро- та мікротріщини, і, як максимум, – система видимих тріщин, яка характеризується тріщинуватістю. Тому при побудові моделей та розв'язанні задач про руйнування тріщинуватих гірських порід необхідно враховувати наявність початкових тріщин.

Сам процес руйнування повинен описуватися обраними критеріями міцності з урахуванням довжин та геометрії початкових тріщин.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблема руйнування скельних тріщинуватих порід досліджувалась багатьма вченими. Більшість дослідників зазначають, що руйнування тріщинуватих середовищ обумовлено насамперед дією хвиль напружень, які поширюються в середовищі. Зокрема, В.М. Мосинець в роботі [4] теоретичним шляхом встановив, що якщо ширина тріщини дорівнює 1 мм, то на відстані 100 радіусів заряду напруження в масиві майже в тисячу разів менше порівняно з напруженням на межі заряд-середовище.

Дослідженнями, які наведено в роботі [5] доведено, що тріщина шириною 2 мм, яка заповнена повітрям, знижує інтенсивність хвиль напружень в 25 разів порівняно з монолітним середовищем. При заповненні тріщини водою напруження складають 0,85-0,9 величини напружень в монолітному середовищі і 0,7-0,75 - при ширині тріщини порядку 20 мкм.

© Бритвин Ю.О., Фролов О.О., 2015

Автори роботи [6] відзначають, що при оцінці якості дроблення тріщинуватих порід необхідно враховувати не тільки величину вибухового імпульсу, але й фізико-механічні властивості гірських порід.

В [7] відмічено, що однією з найбільш складних проблем в механіці руйнування гірських порід є встановлення закономірностей процесу тріщиноутворення в масивах при вибухових навантаженнях. А автор роботи [8] зазначає, що процес руйнування крихких тіл складається з двох послідовних стадій: зародження тріщини та її зростання. Умова повного руйнування породи передбачає необхідність поширення тріщини, що утворилась в одному її елементі, на інший елемент. Існує певне граничне напруження, яке необхідно здолати, щоб поширення тріщини розпочалось.

Постановка завдання. Вищенаведений аналіз літературних джерел свідчить про те, що ефективність вибухового руйнування тріщинуватих скельних масивів залежить насамперед від міцнісних і структурних характеристик порід, які визначають особливості поширення хвиль напружень в середовищі. Встановлено також, що основні положення механіки руйнування тріщинуватих масивів вибухом ґрунтуються на визначенні коефіцієнту інтенсивності напружень (КІН), який вважається основним параметром тріщиноутворення. З його допомогою отримують основні закономірності, що описують поля напружень у вершині тріщини. Тому метою роботи є встановлення закономірностей руйнування тріщинуватих скельних порід вибухом та встановлення впливу тріщинуватості на результати вибухового дроблення.

Викладення матеріалу та результати. Дослідження в області механіки руйнування показали, що рішення проблеми руйнування тріщинуватих гірських масивів може бути надійним лише тоді, коли враховуються в породі існуючі початкові тріщини [1]. Оскільки процес руйнування складається з двох стадій – зародження тріщини та її поширення, причому кожна з цих стадій описується своїми законами, то серед критеріїв міцності породи є такі, які описують як умови зародження тріщини, так і умови її поширення. Перша група критеріїв описує умови настання небезпечного стану в точці в даний момент. Друга група враховує вже існуючі в тілі тріщини [9].

Критерії початку поширення тріщини в гірській породі можуть бути отримані як на основі енергетичних критеріїв, так і силових, тобто існує два еквівалентні формулювання критерію руйнування скельних гірських порід [10, 11].

Енергетичний критерій (інтенсивність звільненої енергії G досягає критичної величини G_c) початку зростання тріщини має вигляд

$$G = G_c \,. \tag{1}$$

Силовий критерій (КІН K досягає критичної величини K_c) описується як

$$K = K_c \,. \tag{2}$$

На підставі цих критеріїв критичне значення напруження для тріщин відриву можна записати у вигляді

$$\sigma_{\text{кр}} = \frac{K_c}{\sqrt{\pi l}} \,. \tag{3}$$

де l - напівдовжина тріщини.

Оскільки за допомогою рівнянь лінійної механіки руйнування можна описати руйнування скельних гірських порід вибухом, що відбувається в результаті зростання тріщини, то в цьому разі задачу про поширення тріщини в гірському масиві можна сформулювати в термінах КІН.

Аналіз формул з визначення КІН для найбільш часто використовуваних схем навантаження показує, що усереднене значення K має вигляд [9,12]

$$K = Y\sigma\sqrt{\pi l} \,, \tag{4}$$

де Y - безрозмірний множник «K-тарировка»; σ – напруження, яке виникає в масиві.

Формула (4) майже ідентична з (3) для визначення критичного значення напруження для тріщин відриву. Різниця лише полягає в «K-тарировці» Y, яка визначає розміри (довжину та товщину перерізу) існуючої тріщини в породі та змінюється від 1,0 до 2,0 [9].

Припустимо, що в масиві вже містяться рівномірно розподілені тріщини, що характеризуються середньою відстанню між тріщинами S

$$S = \sqrt{1/NL} \,, \tag{5}$$

де N – кількість тріщин в одиниці об'єму масиву.

З урахуванням (5) формула (4) отримає вигляд

$$K = \frac{Y \cdot \sigma}{S}\sqrt{\frac{\pi}{N}}. \qquad (6)$$

Згідно силового критерію руйнування при $K<K_c$ (K_c – критичне порогове значення КІН) тріщина в локальному об'ємі не росте. Якщо $K_c<K<K_k$ (K_k – власне критичне значення КІН), то відбувається контрольоване зростання тріщини. Якщо ж $K>K_k$, то в даному об'ємі тріщина росте лавиноподібно, тобто наступає руйнування.

Припустимо, що тріщини розподілені в об'ємі гірської породи рівномірно і орієнтовані ізотропно. Під час розрахунку об'єму руйнування необхідно усереднити напруження на розтягнення за усіма напрямками. При наявності напруження стиснення в розрахунковому об'ємі, вони порівнюються з критичним напруженням руйнування породи на стиснення.

Згідно розробленого алгоритму визначення об'єму руйнування тріщинуватих порід вибухом, в кожному локальному (розрахунковому) об'ємі реалізується наступна процедура:

якщо головні напруження σ_1, $\sigma_2<0$ (стиснення), то їх значення порівнюються з критичним напруженням руйнування породи на стиснення. Якщо $|\sigma_1|>|\sigma_{кр}|$ або/і $|\sigma_2|>|\sigma_{кр}|$, то порода в даному елементарному об'ємі зруйнована;

якщо $\sigma_1>0$, $\sigma_2<0$, то σ_2 порівнюється з $\sigma_{кр}$. Якщо $|\sigma_2|>|\sigma_{кр}|$, то порода зруйнована. Якщо ні, то σ_1 усереднюється за всіма напрямками, потім по $\sigma_{сер}$ розраховується з (6) значення КІН K, і далі розрахунок виконується по ньому;

якщо $\sigma_1>0$ і $\sigma_2>0$, то вони усереднюються обидва, розраховується КІН, і далі розрахунок проводиться по K.

Розрахунок об'єму руйнувань тріщинуватого масиву проведено для наступних умов: довжина свердловини - 15 м; діаметр заряду ВР - 200 мм; відстань між зарядами - 5,0 м; тип ВР - грамоніт 79/21: щільність заряджання ВР - 950 кг/м^3; швидкістю детонації ВР - 3600 м/с.

Для встановлення впливу тріщинуватості на об'єм скельних гірських порід при вибуховому руйнуванні було проведено дослідження для найпоширеніших порід Україні, фізичні властивості яких наведено у таблиці 1. Чисельні значення КІН обрано з [13,14]. «K-тарировка» прийнята Y=1,9. Вплив тріщинуватості досліджувався через зміну кількості тріщин на одиницю об'єму та початкової тріщинуватості гірського масиву.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості гірських порід

Назва гірської породи	Щільність породи ρ, кг/м^3	Критичне значення напруження руйнування на розтягнення, МПа	Критичне значення напруження руйнування на стиснення, МПа	Швидкість поширення поздовжніх хвиль у породі c_l, м/с	Модуль пружності E, ГПа	Коефіцієнт Пуасона ν	Пороговий КІН, K_c, МПа·м$^{1/2}$	Критичний КІН, K_k, МПа·м$^{1/2}$
Гранітоїди	2690	4,5	52	4350	46	0,09	7,7	9,63
Сланці	2870	9,9	88	2250	74	0,12	6,8	8,5
Амфіболіти	3025	16,2	91	6388	82	0,23	6,6	8,25
Андезит	2480	9,6	98,6	5324	55	0,28	2,1	2,63
Піщаник	2460	10,7	106,5	2100	31	0,19	0,86	1,07
Доломіт	2850	11,6	115	5759	50,5	0,38	0,52	0,65
Кварцит	2840	12,8	130	5600	64	0,22	2,4	3,0
Вапняк	2730	15,6	143	4300	09	0,30	0,35	0,44
Сієніт	2675	20,0	150	4950	74	0,30	3,2	4,0
Туф	2660	21,2	161	4337	47	0,16	0,4	0,5
Мармур	2350	14,0	170	4950	40	0,12	0,5	0,63
Магнетитові кварцити	3470	20,8	210	5409	83	0,26	8,0	10,0
Габро	3005	14,5	220	6250	71	0,33	0,8	1,0
Базальт	2745	22,1	230	5400	85	0,20	0,57	0,71

За результатами розрахунків побудовані графіки залежності об'єму зруйнованого гірського масиву від відстані між тріщинами в досліджуваному об'ємі порід (рис. 1, 2).

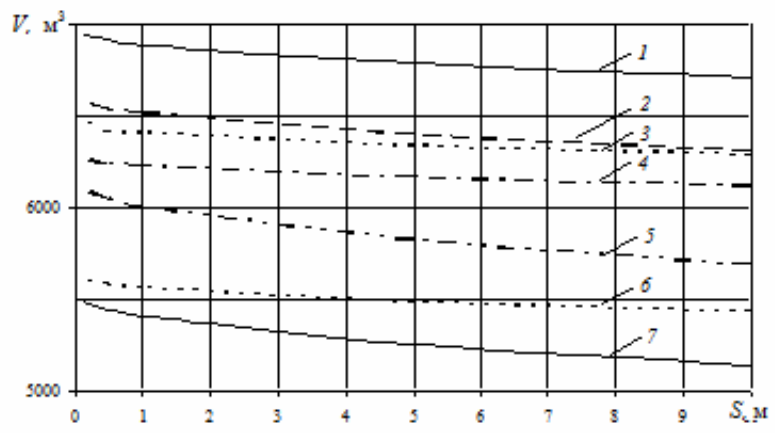

Рис. 1. Графіки залежності об'єму (*V*) зруйнованого гірського масиву вибухом від відстані між тріщинами (*S*) в породі: *1* – мармур; *2* – базальт; *3* – туф; *4* – гранітоїди; *5* – габро; *6* – вапняк; *7* – доломіт

Аналіз графічних залежностей, наведених на рис. 1 і 2 дозволяє поділити вищенаведені гірські породи за характером зміни об'єму руйнувань в залежності від відстані між тріщинами на дві групи.

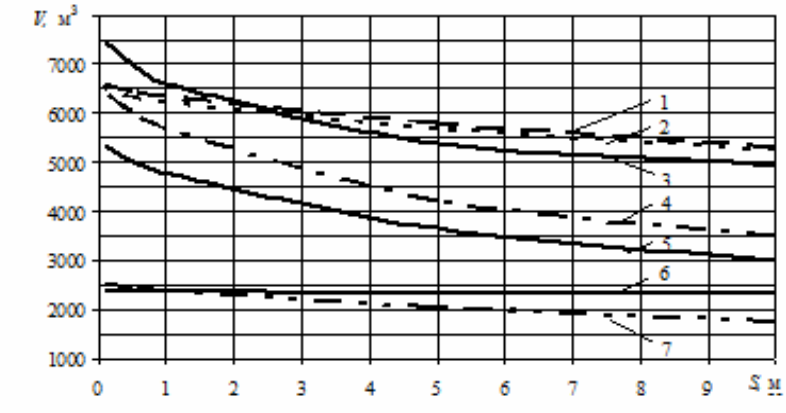

Рис. 2. Графіки залежності об'єму *V* зруйнованого гірського масиву вибухом від відстані між тріщинами *S* в породі: *1* – кварцит; *2* – андезит; *3* – магнетитові кварцити; *4* – амфіболіти; *5* – сієніт; *6* – піщаник; *7* – сланці

До першої групи слід віднести гранітоїди, піщаник, доломіт, вапняк, туф, мармур, габро, базальт.

Дана група порід характеризується незначною зміною об'єму руйнування залежно від зміни тріщинуватості. Зокрема, якщо порівнювати надзвичайно тріщинуваті породи (відстань між тріщинами 0,1 м) з практично монолітними, то збільшення об'єму руйнування спостерігається: для габро - 8 %; доломіту - 7%; базальту - 4 %; гранітоїдів, піщанику, вапняку, туфу і мармуру - 3%. Відповідно, для сильно тріщинуватих порід (відстань між тріщинами 0,5 м) збільшення об'єму руйнувань буде становити: габро - 6,5 %; доломіту - 5,9 %; базальту - 3,7 %; гранітоїдів - 2,1 %; піщанику - 2,6 %; вапняку - 2,7 %; туфу - 2,0 %; мармуру - 3,0 %. Для середньо тріщинуватих порід (відстань між тріщинами 1,0 м) ці значення будуть дорівнювати для: габро - 5,7 %; доломіту - 5,1 %; базальту - 3,2 %; гранітоїдів - 1,9 %; піщанику - 2,2 %; вапняку - 2,4 %; туфу - 1,8 %; мармуру - 2,6 %.

До другої групи належать породи зі значним збільшенням об'єму руйнувань при порівнянні тріщинуватого масиву з монолітним: кварцит; андезит; магнетитові кварцити; амфіболіти; сієніт; сланці.

Порівнюючи надзвичайно тріщинуваті породи з монолітними, відмічаємо, що збільшення об'ємів руйнування спостерігаються для амфіболітів - на 85 %; сієніту - 79 %; магнетитових кварцитів - 51 %; сланців - 44 %; андезиту і кварцитів - 24 %.

Для сильно тріщинуватих порід збільшення об'ємів руйнувань будуть становити: амфіболітів - на 73 %; сієніту - 67,7 %; магнетитових кварцитів - 41,9 %; сланців - 39,3 %; кварцитів - 21,4 %; андезиту - 20,8 %.

Для середньо тріщинуватих порід збільшення об'ємів руйнувань в порівнянні з монолітним середовищем наступне: для амфіболітів - на 63,1 %; сієніту - 59,5 %; магнетитових кварцитів - 33,4 %; сланців - 35,3 %; кварцитів - 19,3 %; андезиту -18,6 %.

Висновки та напрямок подальших досліджень. 1. Ефективність вибухового руйнування тріщинуватих скельних масивів залежить від міцнісних і структурних характеристик гірських порід, які визначають особливості поширення хвиль напружень в середовищі.

Обґрунтована правомірність використання коефіцієнту інтенсивності напружень для опису процесу руйнування тріщинуватих порід вибухом.

2. Рекомендована формула для розрахунку критичних значень КІН, які впливають на формування полів напружень у вершині тріщини при прикладенні вибухового навантаження.

3. За отриманими результатами розрахунків досліджувані гірські породи за характером зміни об'єму руйнувань в залежності від відстані між тріщинами поділено на дві групи.

Перша група порід характеризується незначною зміною об'єму руйнування залежно від зміни тріщинуватості.

При порівнянні надзвичайно тріщинуватих порід з практично монолітними, збільшення об'єму руйнування спостерігаються в межах 3-8 %, сильно тріщинуватих - у межах 2-6,5 %; середньо тріщинуватих порід з монолітними - 1,8-5,7 %.

До другої групи належать породи зі значним збільшенням об'єму руйнувань тріщинуватого масиву в порівнянні з монолітним.

При порівнянні надзвичайно тріщинуватих порід з практично монолітними збільшення об'єму руйнування спостерігаються від 24 до 85 %, сильнотріщинуватих - у межах 20,8-73,0 %; середньотріщинуватих порід - 18,6-63,1 %.

4. Аналіз змін об'ємів руйнування залежно від ступеня тріщинуватості гірського масиву показує, що вплив фізико-механічних властивостей досліджуваних порід на результати дроблення є комплексним.

Окремий вплив певної характеристики породи на об'єм руйнування на даній стадії досліджень не виявлено. Тому необхідно проводити подальші дослідження.

Список літератури

1. **Морозов Е. М.** Введение в механику развития трещин / **Е. М. Морозов**. – М.: МИФИ, 1977. – 91с.

2. **Фридман Я. Б.** Механические свойства металлов / **Я. Б. Фридман**– М.: Машиностроение, 1974, Т. 1. – 472с; Т. 2. – 368с.

3. **Работнов Ю.Н.** Механика твердого тела и пути ее развития / **Ю.Н. Работнов** // Изв. АН СССР. Механика и машиностроение, 1960, № 2.

4. **Мосинец В.Н., Тангаев И.А.** Некоторые особенности процесса разрушения горных пород взрывом // Проблема разрушения горных пород взрывом. – М.: Недра, 1967, с. 109-125.

5. **Ханукаев А.Н.** Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом.– М.: Госгортехиздат, 1962.– 200с.

6. **Симанов В.Г., Безматерных В.А.** О зависимости давления продуктов детонации в скважине от естественной трещиноватости массива. – Горн. журн., 1973, № 3, с. 57-61.

7. **Фролов О.О.** Керування енергетичними потоками при вибуховому руйнуванні різноміцнісних масивів гірських порід на кар'єрах / Дис. …докт. Тех.. наук: 05.15.03.- К. 2014. – 369.

8. **Партон В.З.** Механика разрушения: От теории к практике / **В.З. Партон**. – М.: Наука, 1990. – 240 с.

9. **Партон В. З.** Механика упругопластического разрушения / **В.З. Партон, Е.М. Морозов**. – М.: Наука, 1985. – 504 с.

10. **Irwin G. R.** Relation of stresses near a crack to the crack extension force. – In: Proc. 9th Int. Congr. Appl. Mech., Brussels, 1957, v. 8, P. 245-251.

11. **Orowan E. O.** In: Proc. Symposium on internal stresses in metals and alloys/ **E.O.Orowan**. – London: Institute of Metals, 1948. - p. 451.

12. **Фролов О. О.** Використання коефіцієнту інтенсивності напружень для оцінки тріщинуватості гірського масиву при руйнуванні його вибухом свердловинних зарядів / **О. О. Фролов** // Вісті Донецького гірничого інституту: Зб. наук. праць. –2010. – № 2. – С. 247–252.

13. **Исаков А.Л.** О направленном разрушении горных пород взрывом / **А.Л. Исаков** // Физ.-техн. пробл. разраб. полез. иск-мых. – 1983. – №6. –С. 41-52.

14. **Фролов А.А., Бритвин Ю.А.** Определение объёма разрушения трещиноватых горных пород взрывом скважинных зарядов с использованием коэффициента интенсивности напряжений // Материалы международной конференции «Проблемы недропользования» – Часть 1. 2014 . -С. 121-123.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.831

Е.А. СДВИЖКОВА, А.В. СОЛОДЯНКИН, доктора техн. наук, проф.,
Д.В. БАБЕЦ, канд. техн. наук, доц., С.В. МАШУРКА, инженер, О.А. КУЗЯЕВА, студентка
Национальный горный университет

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ГП «ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ «ЮЖНОДОНБАССКОЕ №1»

Целью исследований является обоснование решений по обеспечению устойчивости подготовительных выработок для повторного использования. Приведены результаты исследования геомеханических процессов в приконтурном массиве выработки выемочного участка в условиях ШУ «Южнодонбасское №1». Визуальные наблюдения и численное моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива показали, что традиционный способ поддержания выработки не обеспечивает их надежную устойчивость. Рассмотрен способ крепления выработки с применением, помимо металлической крепи, анкеров. На основе метода конечных элементов выполнено моделирование этапов эксплуатации выработки вне и в зоне влияния очистных работ. Выполнена оценка эффективности анкерного крепления для повышения устойчивости породных обнажений.

Ключевые слова. Штрек, лава, численное моделирование, критерий прочности, анкер

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Интенсификация горных работ на угольных шахтах требует реализации комплекса мероприятий, направленных с одной стороны на повышение надежности и безопасности труда, с другой стороны на снижение стоимости и материалоемкости технологических средств.

В этом плане повторное использование подготовительных выработок позволит существенно сократить затраты на подготовку новых добычных участков, снизит себестоимость угля и повысит безопасность труда рабочих в сложных условиях глубоких шахт.

Актуальным является этот вопрос для ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1», годовой объем добычи угля на котором составляет около 900 тыс. т. Сейчас на шахте работают три очистных забоя. Объем проведения подготовительных выработок составляет 8 км в год.

Условия залегания месторождения являются сложными. Все угольные пласты по мощности относятся к тонким и очень тонким. Вмещающие породы склонны к обрушению и пучению, а также к потере устойчивости даже при незначительном размокании. Концентрация горных работ достаточно высокая. Применяемые в настоящее время средства крепления и поддержания выработок не обеспечивают их эксплуатационного состояния.

Анализ исследований и публикаций. Вопросы поддержания выработок при отработке угольных запасов рассматривались многими научными школами и организациями. В настоящее время имеется целый ряд решений, позволяющих, в отдельных случаях, надежно и эффективно проводить отработку угля с сохранением подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии [1-4 и др.]. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфику горнотехнических факторов и горно-геологические условия, что предполагает проведение комплекса исследований для обоснования соответствующих параметров способа.

Поддержание выработки для повторного использования представляет очень сложную в научном и техническом плане задачу. Такая выработка в процессе эксплуатации последовательно испытывает различные по направлению и величине сочетания нагрузок. Поэтому, конструкция крепи, элементы усиления и способы охраны должны эффективно работать на всех этапах: вне зоны влияния очистных работ - до подхода очистного забоя; в зоне влияния первой лавы; на сопряжении с первой лавой; в зоне влияния второй лавы. На каждом этапе должны быть приняты соответствующие рассматриваемым условиям системы крепления.

Постановка задачи. Целью проводимых исследований является обоснование решений по обеспечению устойчивости подготовительных выработок для повторного использования в условиях шахты «Южнодонбасская №1».

Результаты исследований, приведенные в данной статье, посвящены рассмотрению первого этапа эксплуатации выработки - после ее проведения и до подхода очистного забоя, что в условиях слабых вмещающих пород, склонных к пучению является актуальным вопросом.

Опыт поддержания выработок в сложных условиях эксплуатации свидетельствует, что эффективным способом обеспечения их устойчивости является применение рамно-анкерной кре-

© Сдвижкова Е.А., Солодянкин А.В., Бабец Д.В., Машурка С.В., Кузяева О.А., 2015

пи, с установкой анкеров сразу после проведения выработки, что позволяет предупредить расслоение приконтурного массива, большие деформации и смещения пород [5, 6].

В качестве метода исследований принято численное моделирование с использованием современных программных комплексов.

Изложение материала и результаты. В качестве объекта исследований выбран выемочный участок 12-й западной лавы пл. C_{18} (рис. 1). Порядок отработки - обратным ходом. Длина лавы 230 м. Длина выемочного участка 1050 м. Вынимаемая мощность пласта - 1,09 м.

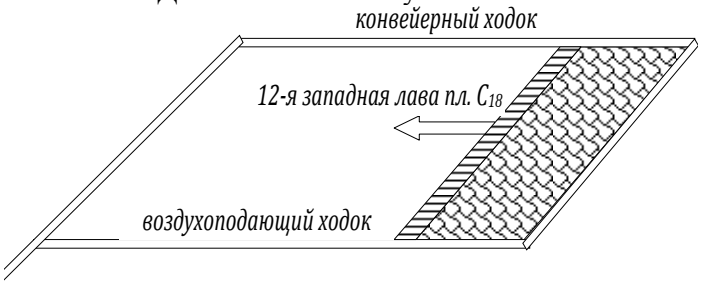

Рис. 1. Выкопировка с плана горных работ выемочного участка 12-й западной лавы пл. C_{18} ШУ «Южнодонбасское №1»

Исходные данные к расчетам следующие. Начальное поле напряжений, создаваемое весом вышележащих пород для заданной глубины: $\sigma_y=\gamma H$=10 МПа.

Здесь γ=25 кН/м^3 – объемный вес пород, H - глубина разработки, принятая равной 400 м на данном горизонте. Граничные условия задаются в перемещениях – все границы жестко закреплены. Граница выработок свободна от напряжений. Физико-механические свойства вмещающих пород приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики угля и вмещающих пород

Название характеристики	Уголь	Песчаник	Алевролит	Аргиллит
Модуль упругости (Юнга), МПа	9200	5700	2900	3000
Коэффициент Пуассона	0,26	0,25	0,25	0,25
Прочность на сжатие, МПа	20	50	25	23

Вычислительная программа «Phase-2» [7], реализующая метод конечных элементов, позволяет имитировать постадийное образование выработок в неупругой среде путем изменения граничных условий, учитывая на каждой последующей стадии в качестве начальных деформации, которые реализованы на предыдущей стадии формирования напряженно-деформированного состояния (НДС).

Моделировалось несколько стадий для определения НДС области массива, включающего конвейерный ходок и 12-ю западную лаву пл. C_{18}.

На рис. 2 показана расчетная схема к решению плоской задачи о НДС породного массива.

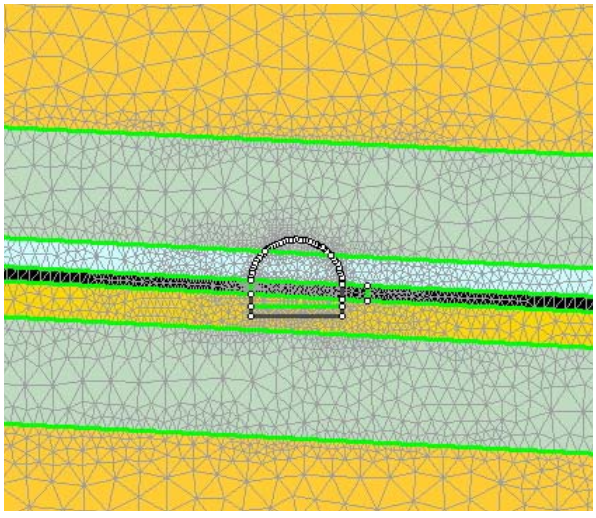

Рис 2. Расчетная схема - моделирование нетронутого породного массива

Изначально моделировалась одиночная выработка (конвейерный ходок 12-й западной лавы). На следующем этапе в расчетную схему задачи включается система анкеров, состоящая из двух спаренных анкеров длиной 2,4 м, установленных через металлический подхват в районе замков крепи в кровлю выработки. Сталеполимерные анкера имитировались средствами «Phase-2» как стальные стержни, закрепленные в массиве полимером.

Применяемый метод исследований позволяет определить область разрушенных пород (неупругая стадия деформирования) которые и создают нагрузку на крепь выработок. Найти эту область можно на основе принятой теории прочности.

Наиболее апробированным и широко применяемым в прикладных программных пакетах, является критерий прочности Хоека-Брауна, который позволяет оценить степень разрушения пород в рассматриваемой точке среды от совокупного воздействия нормальных и касательных напряжений, учитывая при этом природную и техногенную нарушенность пород.

Вычислительная программа «Phase-2» содержит модуль, реализующий проверку обобщенного критерия Хоека-Брауна, который имеет вид

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci}\left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s\right)^a, \quad (1)$$

где σ_1 и σ_3 - максимальные и минимальные напряжения в массиве, m_b - константа Хоека-Брауна для породного массива, s и a – постоянные величины, учитывающие генезис и состояние пород, σ_{ci} - предел прочности на одноосное сжатие массива пород в интактном состоянии.

Критериальное соотношение (1) проверяется в каждой точке массива и таким образом выявляется зона разрушения, образующаяся в результате концентрации напряжений в окрестности выработок. На рис. 3 показана ЗНД в соответствии с критерием Хоека-Брауна на стадии формирования выработки и показаны численные значения высоты зоны.

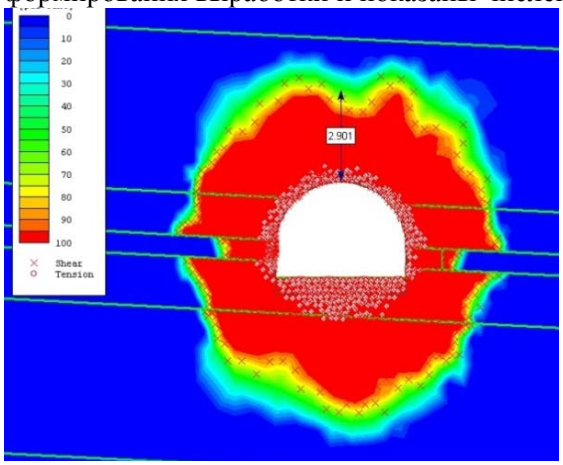

Рис. 3. Зона разрушения на 2-й стадии (проведение выработки)

Вес пород внутри зоны разрушения, приходящийся на 1 м выработки, а, следовательно, и нагрузку на крепь можно определить как произведение:

$$P = \gamma \cdot S \cdot k_д.$$

Здесь S - площадь пород, охваченных неупругими деформациями; $k_д$ - коэффициент динамичности, принимаемый равным 2.0.

Из рис. 3 видно, что при проходке конвейерного ходка при отсутствии влияния очистных работ образуется зона разрушения высотой 3 м, что, при ширине выработки 4,2 м составит площадь разрушения 12,6 м^2, а вес пород, создающий нагрузку на 1 м выработки P=63 т. Такая нагрузка сопоставима с несущей способностью крепи КМП-А3Р3-13,4 ($P_{нес}$ = 55.3 т/раму) с шагом установки 0,8 м. Создаваемый ею отпор составляет 55,3/0,8 = 69,1 т/м [8].

Таким образом, вне зоны влияния лавы нагрузка со стороны массива на конвейерный ходок вполне компенсируется установкой металлической крепи КМП-А3Р3-13,4. Перемещения контура выработки показаны на рис 4.

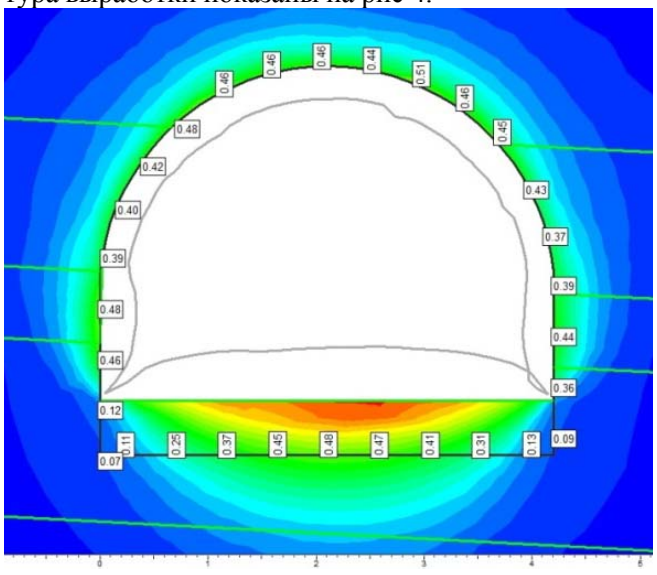

Рис 4. Свободные перемещения контура выработки без крепи

Для их определения использована упруго-пластическая модель деформирования, основанная на соотношениях теории прочности Хоека-Брауна. Значения перемещений (0,45 м в почве, 0.44 м в кровле, 0,36 м в боках) соответствуют значениям перемещений в реальных условиях 12-й западной лавы пл. C_{18}. Совпадение расчетных и наблюдаемых значений достигнуто путем корректировки констант s,a,m входящих в критерий (1) и учитывающих генезис и структуру породного массива на основе анализа геологической информации и визуального обследования структуры массива на участках породных обнажений.

Сопоставление расчетных величин и реального состояния выработки показывает, что деформационная модель среды в рамках программы «Phase-2» откалибрована и на ее основе можно выполнять прогноз проявлений горного давления в более сложных условиях.

Под воздействием опережающей волны горного давления смещения пород в конвейерном ходке интенсифицируются, особенно в почве. Поднятие почвы делает невозможным эксплуа-

тацию выработки. Поэтому до подхода лавы проводится подрывка пород. Этот процесс смоделирован путем увеличения сечения выработки на величину поднятия почвы. После подрывки почвы на 0,5 м высота зоны разрушения вокруг выработки увеличилась на 0,05 м.

В этот момент для стабилизации смещений и подготовки выработки к подходу лавы устанавливаются сдвоенные анкеры в районе замков арочной крепи. Поскольку анкеры устанавливаются уже после формирования зоны разрушения вокруг выработки, их инсталляция оказывает влияние только на перемещения приконтурных пород. На рис. 5 показаны смещения пород на расстоянии 0.5 м от контура после подрывки до установки анкеров, а на рис. 6 – после установки анкеров. Введение двух сдвоенных анкеров стабилизирует развитие перемещений в непосредственной близости от их установки. Смещения в окрестности выработки на расстоянии 0,5 м от контура уменьшились на 50% (от 0,13 до 0,06 м).

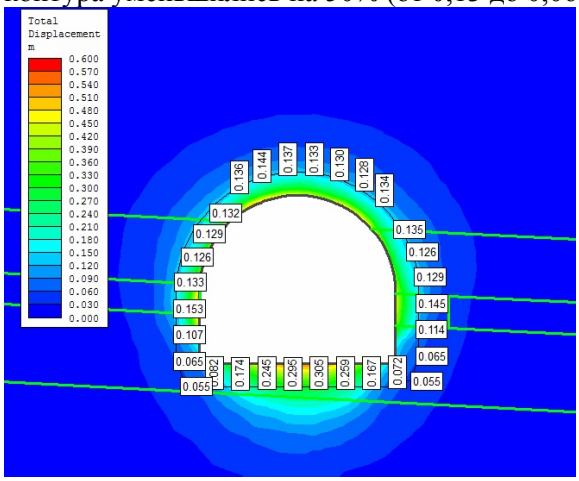

Рис. 5. Смещения пород в выработке после подрывки до установки анкеров

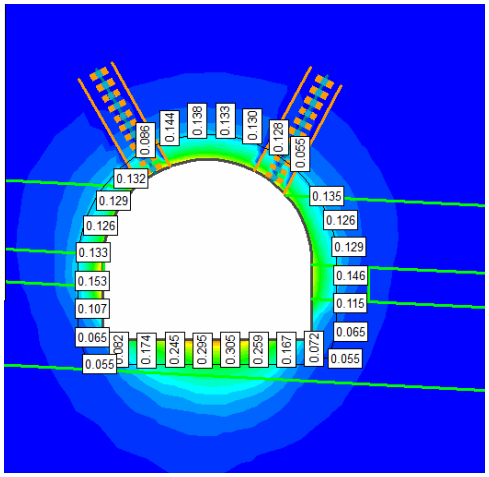

Рис. 6. Смещения пород в выработке после установки анкеров

При подходе лавы к конвейерному ходку начинает воздействовать опережающая волна горного давления и зона разрушения увеличивается, тем самым и увеличивается нагрузка на крепь (рис. 7).

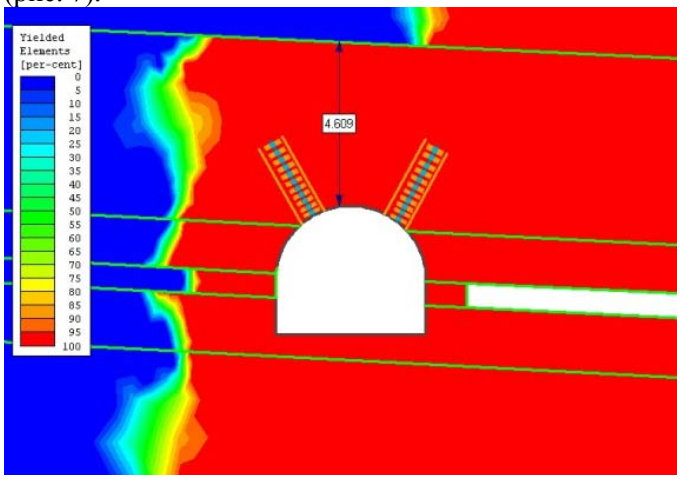

Рис. 7. Зона разрушения на 5-й стадии (выработка в окне лавы)

Непосредственно на сопряжении выработки с лавой (выработка в окне лавы) зона разрушения охватывает большую область пород и над подготовительной и над очистной выработкой. Площадь зоны разрушения непосредственно над конвейерным штреком составляет 19,3 м^2. Нагрузка на крепь (с учетом коэффициента динамичности, равным 2,0) достигает 96,5 т/м.

Для создания дополнительного отпора устанавливается деревянная ремонтина под каждую арку. Несущая способность деревянной стойки диаметром 0,24 м составляет 30 т. Общий отпор системы крепи КМП-А3Р3 с шагом 0,8 м составит при этом $P_{\text{н.общ}}$=(55+30)/0,8=106,6 т/м. Следовательно, используемый на настоящий момент способ крепления конвейерного ходка 12-й лавы обеспечивает функциональную устойчивость выработки при шаге крепи 0,8 м. При этом следует отметить, что запас прочности крепи составляет $k_{зап}$=106,6/96=1,11. Такая незначительная величина запаса прочности не позволяет считать данный способ надежным при ухудшении условий, а также уменьшать плотность крепи для снижения затрат.

Увеличить несущую способность крепи ходка можно путем установки дополнительных анкеров в местах наибольших деформаций контура. В частности, деформации боков выработки

могут быть стабилизированы путем установки анкеров под пласт под углом 25° к горизонту.

По современным представлениям установка анкеров даже в непосредственной близости от забоя подготовительной выработки практически не способствует уменьшению ЗНД, но блокирует развитие смещений пород.

Таким образом, основной величиной, которая показывает эффективность анкерной системы, являются смещения пород приконтурной зоны.

При попадании сечения ходка в окно лавы наличие установленных анкеров стабилизируют перемещения пород на уровне 0,3-0,4 м на контуре выработки со стороны нетронутого массива.

Со стороны лавы смещения развиваются до 0,6-0,7 м, что говорит о необходимости дополнительных мер крепления и охраны в районе бровки.

Результаты показывают, что установка анкеров в кровле и почве позволяет снизить смещения в боках выработки на 45 %, в кровле - на 35% (рис. 8,9).

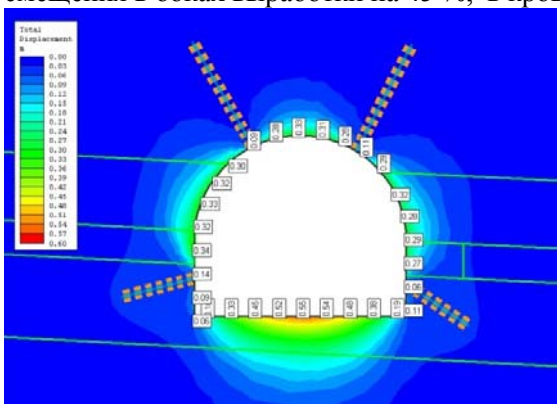

Рис. 8. Смещения контура выработки при наличии анкеров до подхода лавы

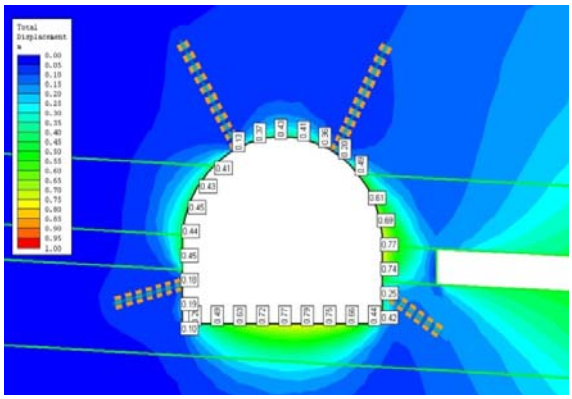

Рис. 9. Смещения контура выработки, закрепленной анкерами при подходе лавы

Выводы и направления дальнейших исследований. Упруго-пластическая деформационная модель породной среды, реализованная лицензионной программой «Phase-2», адаптирована к реальным условиям 12-й лавы ШУ «Южнодонбасское №1».

Моделирование последовательных этапов эксплуатации конвейерного ходка 12-й лавы, показало, что при существующем способе крепления запас прочность крепи минимален, что не позволяет снизить металлоемкость крепи.

Введение анкерной крепи оказывает положительный эффект при стабилизации смещений вокруг выработки.

Дальнейшим совершенствованием системы крепления может быть применение канатных анкеров, хорошо зарекомендовавших себя в зоне влияния очистных работ.

Список литературы

1. **Демченко А.И., Кулассек М.** Инженерное обеспечение устойчивого проветривания высоконагруженных лав в горно-геологических условиях пласта d_4 шахты «Красноармейская-Западная № 1» // Глюкауф. – 2003. – № 4. – С. 45-50.

2. **Скипочка С.И., Усаченко Б.М., Куклин В.Ю.** Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав. – Днепропетровск: ЧП «Лира ЛТД», 2006. – 248 с.

3. **Байсаров Л.В.** Новые условия хозяйствования требуют новых технологических решений // Уголь Украины. – 2007. – № 7. – С. 3-6.

4. **Ильяшов М.А.** Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав // Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 8-11.

5. **Shashenko A., Solodyankin A., Gapieiev S.** Numerical simulation of the elastic-plastic state of rock mass around horizontal workings // Archives of mining sciences. Archiwum gornictwa. Polish Academy of science, Krakow. 2009. Vol. 54. No 2. P. 341-348.

6. **Shashenko A., Solodyankin A., Gapieiev S.** Bifurcational model of rock bottom heaving in mine workings // New technigues and technologies in mining. Proceedings of the school of underground mining, Dnipropetrovs'k/ Yalta, Ukraine, 12-18 september 2010. p. 71-76.

7. Phase^2. Finite Element Analysis for Excavations and Slopes. version 8.0 // Режим доступа: https://www.rocscience.com/products/3/Phase2.

8. **Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П.** Механика горных пород. – Киев: Новый друк, 2003. – 399 с.

Рукопись поступила в редакцию 05.05.15.

УДК 622. 268.2

А.Н. ШАШЕНКО, д-р техн. наук, проф., К.В. КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
А.З. ПРОКУДИН, аспирант, ГВУЗ «Национальный горный университет»,
А.В. СМИРНОВ, канд. полит. наук, ООО «ДТЭК Энерго», г. Павлоград

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТКИ С КОМБИНИРОВАННОЙ КРЕПЬЮ АСН-А

Анализ существующего состояния горных выработок показал, что для обеспечения их длительной устойчивости наиболее эффективными мероприятиями являются полное или частичное заполнение закрепного пространства, глубинное или приконтурное упрочнение массива вяжущими веществами. При сооружении комбинированной крепи АСН-А (арка+сетка+набрызгбетон+анкер) такие мероприятия производятся за счет проникновения сквозь металлическую сетку в образовавшиеся трещины породного массива набрызгбетонного раствора. Основываясь на известную модель развития деформаций в окрестности выработок шахт Западного Донбасса, разработана методика численного моделирования одиночной горной выработки с применением крепления АСН+А, для рассматриваемых горно-геологических условий. Полученные результаты моделирования позволили обосновать оптимальные технологические и конструктивные параметры применяемой крепи. Установлены закономерности влияния последовательности формирования элементов крепления на величину поднятия пород почвы и состояние выработки.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Развитие угольной промышленности предусматривает снижение себестоимости добытого угля как за счет повышения объемов его добычи, так и за счет совершенствования и более эффективного выполнения операций всего производственного цикла. Одним из приоритетных направлений является оптимизация крепи протяженных выработок с длительным сроком эксплуатации. Так, не смотря на то, что все выработки сооружаются с применением крепей высокой несущей способности и соответствующей плотности, 40% их протяженности ремонтируются до сдачи в эксплуатацию, а 52% действующих выработок деформированы [1]. Эти данные свидетельствуют об актуальности исследований направленных на повышение устойчивости выработок за счет применения крепей и мероприятий исключающих или минимизирующих выполнение ремонтных работ.

Анализ исследований и публикаций. Применяемые в настоящее время крепи (за исключением некоторых конструкций) не в состоянии существенным образом повлиять на напряженно-деформированное состояние массива и выполняют лишь пассивную роль, являясь подпорно-ограждающими конструкциями. В работе [2], основываясь на результатах геомеханических исследований и технико-экономического анализа, утверждается, что только увеличение плотности крепи не является эффективным способом уменьшения смещений пород и повышения устойчивости подготовительных выработок. Результаты экспериментов, приведенные в [3], показали, что шестикратное увеличение сопротивления крепи вызвало уменьшение конвергенции только на 36%. Увеличение несущей способности крепи позволяет лишь замедлить сдвижение внутрь выработки потерявших связь с горным массивом отдельных его частей и блоков, однако этого недостаточно.

Опыт сооружения и эксплуатации шахт в сложных горно-геологических условиях свидетельствует о том, что для обеспечения эксплуатационного состояния выработок необходимо наряду с установкой крепи применять специальные меры по управлению процессом разрушения окружающих пород.

Изменяя напряженное состояние и свойства вмещающих выработку пород, можно управлять характером и величиной проявлений горного давления. В настоящее время эффективно применяется целый ряд новых видов крепей, имеющих меньшую стоимость, металлоемкость, высокую степень механизации процесса крепления и использующих несущую способность приконтурного массива пород [4,5]. К числу таких крепей в первую очередь следует отнести анкерную, набрызгбетонную, анкер-набрызгбетонную с регулируемой несущей способностью, набрызгбетонную в сочетании с анкерами и металлической сеткой и др.

Эффективным для повышения несущей способности крепи и, соответственно, увеличения устойчивости и долговечности выработок, являются мероприятия, направленные на создание взаимодействующей системы "крепь-массив": полное (тампонаж) или частичное (рукавами Буллфлекс) заполнение закрепного пространства твердеющими составами, глубинное или при-

© Шашенко А.Н., Кравченко К.В., Прокудин А.З., Смирнов А.В., 2015

контурное упрочнение массива вяжущими веществами. При этом, в результате более равномерного распределения нагрузки, устранения вредного влияния сосредоточенных нагрузок и перекоса более рационально используется материал металлической крепи, снижается величина изгибающих моментов, более эффективно работают узлы податливости, появляется дополнительный несущий слой из затвердевшего (уплотненного) материала, крепь работает не на поддержание потерявших устойчивость пород, а в режиме взаимовлияния с окружающим массивом. Несущая способность крепи в этом случае увеличивается в несколько раз.

Основываясь на опыт применения тампонажа закрепного пространства (ТЗП) на шахтах Украины, можно сказать что, он является наиболее радикальным и доступным, а на некоторых шахтах производственных объединений "Павлоградуголь" и "Донецкуголь"- единственным приемлемым средством сохранения выработок в сложных горно-геологических условиях [6-9].

Постановка задачи. В результате анализа многочисленных измерений, выполненных на шахтах Западного Донбасса, М.А. Выгодиным [10] был раскрыт механизм деформирования массива пород в окрестности протяженных выработок, расположенных вне зоны влияния очистных работ, который заключается в образовании трех зон разрушенных пород, разделенных зияющими трещинами (рис. 1).

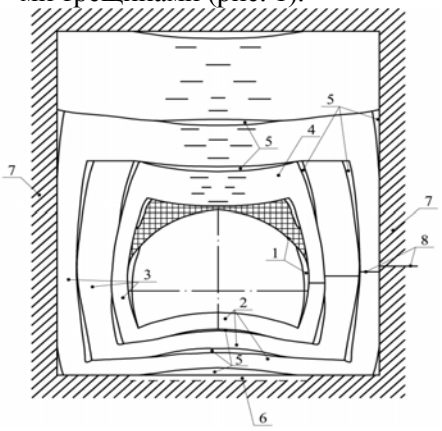

Рис. 1. Схема образования зон разрушения приконтурного массива: *1* - металлическая крепь; *2*,*3*,*4* - породы почвы, боков и кровли; *5* - пустоты и трещины; *6* - вода; *7* - ненарушенный массив пород; *8* - маркирующий пласт

Толщина слоев, начиная от внешнего по отношению к выработке контура, составляет, в среднем, 25, 50 и 75 см соответственно. При этом смещения первого слоя доходят до 0,5 м, второго - до 0,2 м, третьего - до 0,05 м. Ширина трещин между слоями соответственно равна 0,1 м, 0,05 м, и 0,01 м в кровле выработки и, примерно, вдвое меньше в почве.

Со стороны почвы развивается пучение пород. При этом активная зона имеет глубину около полупролета выработки. В кровле и боках постепенно формируется зона разрушенных пород, создающих нагрузку на крепь.

В условиях шахт Западного Донбасса этот процесс реализуется на расстоянии 30-50 м от забоя выработки и может быть описан функцией влияния забоя выработки $k(L)$ (рис. 2). Ее значения изменяются от некоторой минимальной величины непосредственно у плоскости забоя $k(L)_{min}$≈0,1-0.2 до $k(L)$=1 на расстоянии 30-50 м. Эта функция как-бы снижает гравитационные силы - γH в пределах влияния забоя, по мере уменьшения которых происходит изменение геомеханического состояния массива с образованием трех характерных зон.

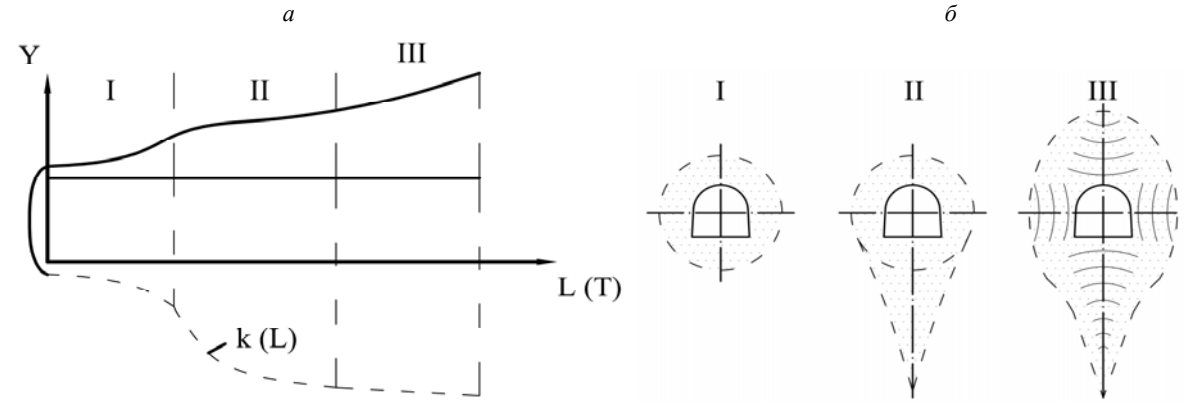

Рис. 2. Развитие геомеханических процессов по мере перемещения забоя выработки: продольный *а* и поперечный *б* разрезы

В пределах зоны I образуется замкнутая зона неупругих деформаций (ЗНД). В пределах зоны II реализуется вспучивание пород почвы. В пределах зоны III продолжается деструкция вмещающих пород, сопровождающаяся развитием трещин в боках и кровле выработки, что

приводит к росту свода естественного равновесия, в пределах которого формируется нагрузка на крепь.

Для этих условий одной из эффективных мер повышения устойчивости выработок с пучащей почвой являются вовремя выполненные работы по упрочнению приконтурного массива. Для этого используется металлическая сетчатая затяжка и два слоя набрызгбетона. Первый высокопластичный слой, проникающий сквозь металлическую сетку в образовавшиеся трещины породного массива, наносится с небольшим отставанием от забоя и выполняет по сути работы по тампонажу. Второй слой – несущий, жесткий, наносят с большим отставанием и большей толщиной. Непосредственно в забое в сводчатой части выработки устанавливаются анкера для снижения вертикальных перемещений. Такая крепь получила название АСН+А (арка+сетка+набрызгбетон+анкера).

Целью исследований, результаты которых приведены в статье, является поставка и решение численной задачи об оценке НДС по мере развития деформационных процессов по мере перемещения забоя в соответствии с предложенной выше деформационной моделью массива в окрестности одиночной выработки применительно к технологии и конструкции комбинированной крепи АСН+А.

Изложение материала и результаты. В качестве вычислительного инструмента использован программный продукт Phase 2 канадской компании Rockcsiense [11].

Методика численного моделирования предусматривает пять этапов при условии, что итог промежуточных вычислений на каждом этапе должен быть адекватен натурным измерениям и соответствовать предложенной выше деформационной модели, приведенной на рис. 2.

Первоначально, для заданных горно-геологических условий определяются размеры ЗНД для поперечного сечения выработки (рис. 3). В результате решения мы также располагаем величинами смещений на контуре выработки. К внутреннему контуру продольного сечения прикладывается такая нагрузка $k\gamma H$, чтобы размеры ЗНД и перемещения контура на расстоянии $10h$ от забоя выработки были бы равны соответствующим величинам, полученным из решения предыдущего действия (рис. 4). Функция влияния забоя k (L) будет иметь вид

$$k = U_0 / U_0^{\max}, \qquad (1)$$

где U_o - начальные смещения, $U_0^{\max}$ - смещения контура выработки на расстоянии $10h$ от забоя.

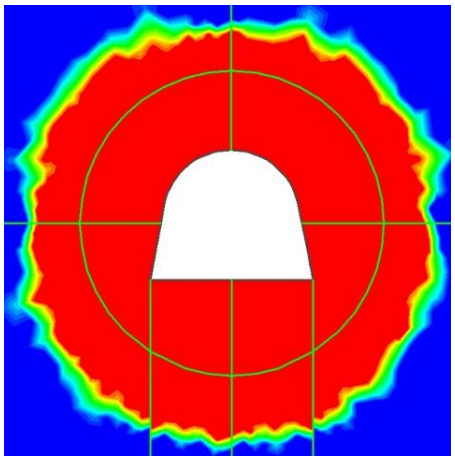

Рис. 3. Плоская упруго-пластическая задача для сечения №1 (первый этап решения)

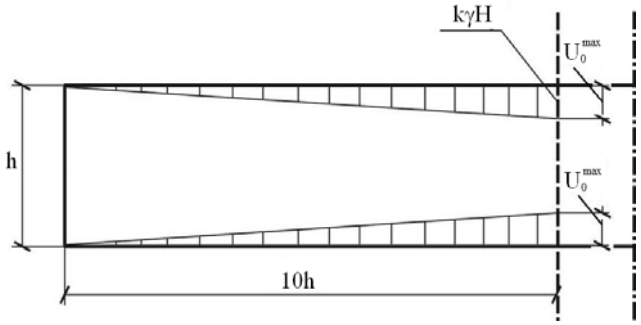

Рис. 4. Расчетная схема к решению второго этапа задачи

Опираясь на модель деформирования породного массива (см. рис. 2) строится зависимость k (L) от расположения систем кольцевых трещин (рис. 5), из которой для каждого этапа моделирования выбирается соответствующая величина k.

Для решения I-го этапа задаются условия, при которых внешняя нагрузка должна равняется $k_1\gamma H$, размер ЗНД (R_{L1}) – 1,2 полупролета выработки (R_o), а смещения контура (U_o) – 0,10-0,15 м. При этом толщина слоя разрушенных пород должна быть равна выражению (м)

$$\Delta R_{L1} = R_{L1} - R_o . \qquad (2)$$

На II-м этапе учитываются условия внешнего загружения, когда $k=k_2$, а значение $\Delta R_{L2}=-R_{L2} - R_{L1}$, должно быть равно 0,5-0,6 м. Смещения контура в этом случае не должны превышать

0,15-0,20 м. К почве выработки прикладывается дополнительная распределенная нагрузка $q_1 = \Delta\gamma R_{L1}$. В свою очередь полупролет выработки будет равен $R_o + R_{L1}$.

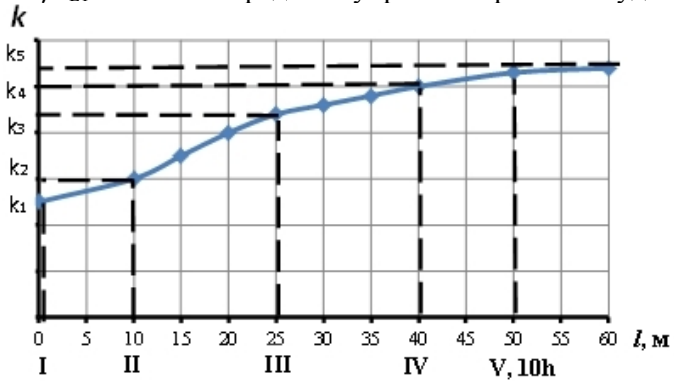

Рис. 5. Расположение системы кольцевых трещин вокруг выработки по мере удаления от забоя

Для III-го этапа внешняя нагрузка равняется $k_3\gamma H$, R_{L3} =0,75-1,0 м, U_0=0,20-0,25 м. К почве прикладывается распределенная нагрузка q_1 и $q_2=\gamma\Delta R_{L2}$. Полупролет выработки равняется сумме $R_0+R_{L1}+R_{L2}$. Для IV-го внешняя нагрузка равняется $k_4\gamma H$, ΔR_{L4}=4-5 м, смещения контура 0,3-0,5 м, равномерно распределенная нагрузка прикладываемая к почве выработки q_1,q_2 и $q_3=\gamma\Delta R_{L3}$, полупролет выработки равен сумме $R_0+R_{L1}+R_{L2}+R_{L3}$. Расчетная схема и перемещения на контуре выработки для этой стадии приведены на рис. 6.

а *б*

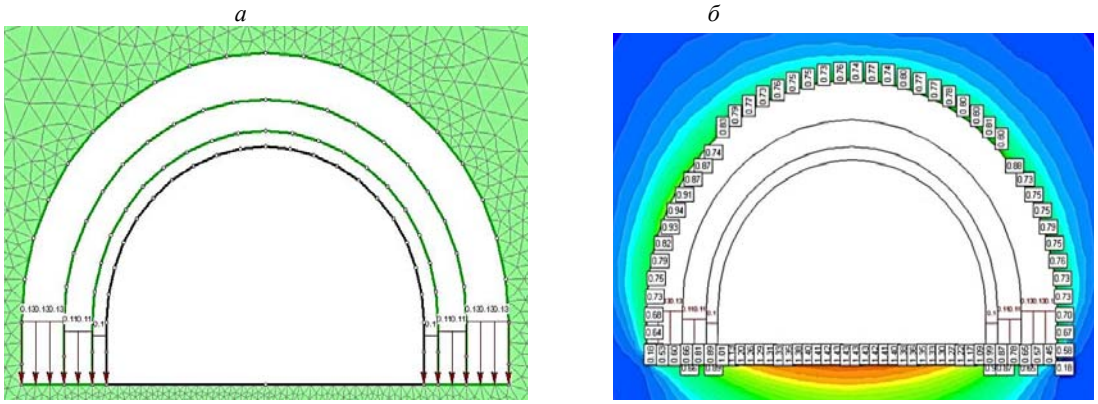

Рис. 6. Расчетная схема *а* и перемещения на контуре *б* выработки для IV стадии моделирования

Пятый этап моделирования, где установлена набрызг-бетонная крепь и анкера, учитывает условия когда k=1, и R_o=R_o (рис. 7.). Это объясняется тем, что зияющие трещины заполняются набрызгбетонным раствором, при этом приконтурный массив упрочняется и работает как единая оболочка. Прочность не разбитого трещинами приконтурного породного массива увеличена на 60% [12]. Количество анкеров изменялось от трёх до девяти.

На рис. 8 приведены зависимости, показывающие как влияет число анкеров – N и расстояние от забоя выработки – l на величину перемещений пород почвы – U_n. Из них следует, что при 5 установленных в кровлю анкерах работы по нанесению набрызгбетонного покрытия можно выполнять на расстоянии 60 м от забоя выработки, по сравнению с 30 м при отсутствии анкеров. Это не только снижает скорость пучения пород почвы и его величину до 0,3-0,4 м, но и позволяет существенно разнести работы по проходке в забое выработки и набрызгбетонированию.

а *б*

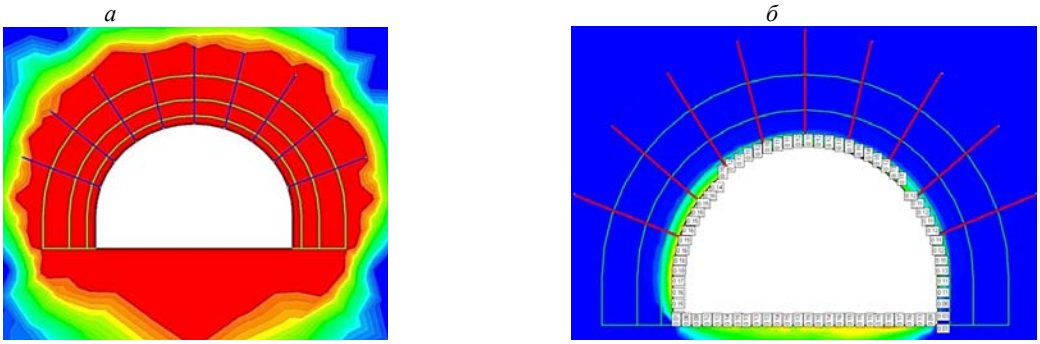

Рис. 7. Зона неупругих деформаций *а* и перемещения на контуре выработки *б* при установке анкеров и нанесении набрызгбетонного покрытия

Уточненный по результатам последних исследований график зависимости показателя устойчивости выработки [13] от относительной величины поднятия пород почвы приведен на рис. 9.

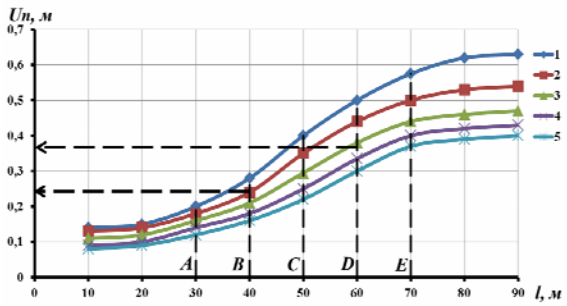

Рис. 8. Зависимость смещений пород почвы от расстояния между местом выполнения набрызгбетонных работ и забоем выработки: *1* – без анкеров; *2,3,4,5* - соответственно *3,5,7* и *9* анкеров

Из него следует, что в результате установки 5 анкеров в кровлю и своевременного выполнения работ по упрочнению приконтурного массива величина смещений пород почвы уменьшились на 0,70 м, а устойчивость выработки ω повысилась на 0,31. Выполненные впоследствии натурные измерения подтвердили адекватность рассмотренных выше геомеханических моделей.

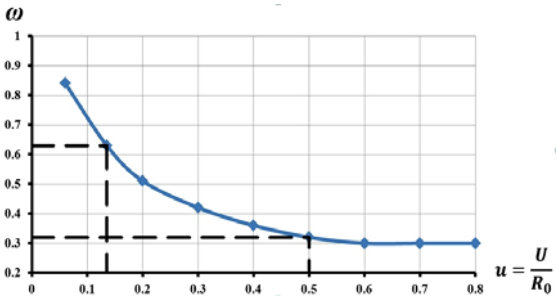

Рис. 9. Зависимость показателя устойчивости выработки ω от максимальной величины смещений контура

Выводы и направление дальнейших исследований. Разработанная методика оценки устойчивости выработки с крепью АСН-А, при помощи инструмента в виде программного комплекса Phase 2, позволяет: адекватно оценить размеры ЗНД; величины смещений пород контура; определить дополнительные меры упрочнения массива до проведения набрызгбетонных работ.

Экспериментальные работы, выполненные во 2-м западном магистральном штреке шахты имени Героев Космоса показали, что поэтапное изменение элементов поддерживающей крепи в сторону уменьшения веса спецпрофиля от СВП-27 до СВП-22, увеличения расстояния между рамами от 0,3 до 1,0 м, замены железобетонной затяжки на сетчатую, а тампонажа закрепного пространства на набрызгбетонное покрытие в сочетании с пятью сталеполимерными анкерами, установленными в забое выработки, позволяет практически вдвое уменьшить металлоёмкость крепи и повысить устойчивость выработки в целом.

Список литературы

1. **Мартовицкий А.В.** Геомеханические процессы при отработке угольных пластов струговыми комплексами в условиях шахт Западного Донбасса. Дис…докт. техн. наук: 05.15.09. – Днепропетровск, 2012. – 215 с.

2. **Шевченко В.В., Тупиков Б.Т., Селезень А.Л.** Влияние плотности крепи на смещения пород в подготовительных выработках // Уголь Украины. – 1998. – №10. – С. 13-15.

3. **Усаченко Б.М.** Комбинированные охранные системы нарастающего сопротивления – безальтернативная технология поддержания выемочных штреков / **Б.М. Усаченко, В.Н. Трипольский, А.А. Яйцов, Е.Н. Халимендиков** // Геотехническая механика. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 91. – С. 15-26.

4. **Касьян Н.Н.** Шахтные исследования особенностей деформирования и разрушения пород, вмещающих выработки с рамно-анкерной крепью / **Н.Н. Касьян, А.О. Новиков, И.Н. Шестопалов, В.И. Каменец** // Вестник Криворожского Национального университета, 2012. №95(1). – С.31-35.

5. **Назимко В.В.** Совершенствование комбинированной рамно-анкерной крепи подготовительных выработок / **В.В. Назимко, М.А. Ильяшов, А.А. Яйцов, А.И. Демченко, Е.Н. Халимендиков** // Вестник Криворожского Национального университета, 2006. №91.

6. **Косков И.Г.** Новые материалы и конструкции крепи горных выработок, - М.: Недра, - 1987. - 198 с.

7. **Волов В.Т., Мельников Н.И.** Перспективы применения фосфогипсовых вяжущих для под-держания горных выработок // Уголь. - 1984.-№ 11. - с. 24-26.

8. **Зейферт В.П., Гефенидер Э.А., Мальзам Е.Е.** Тампонаж закрепного пространства при проведении горных выработок // Уголь. -1983. - 14 12. - с, 14-17.

9. **Комиссаренко Т.А.** Анализ способов заполнения закрепного пространства горных выработок / **Т.А. Комиссаренко, А.А. Комиссаренко** // Вестник Криворожского Национального университета, 2006. №91.

10. **Выгодин М.А.** Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса. Дис…канд. техн. наук: 05.15.04. – Днепропетровск, 1990. – 215 с.

11. Phase2. Finite Element Analysis for Excavations and Slopes. version 8.0 // Режим доступа: https://www.rocscience.com/products/3/Phase2.

12. **Роенко А.Н.** Устойчивость подготовительных выработок угольных шахт в условиях больших глубин разработки. Дис…докт. техн. наук: 05.15.04. – Днепропетровск, 1995. – 426 с.

13. **Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В.** Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт. – Днепропетровск: «ЛизуновПрес», 2012. – 384 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 624.137

В.Г. ШАПОВАЛ, д-р.техн. наук, проф., Е.С. ПРИЧИНА, И.Ю. БУЛИЧ, аспиранты,
ГВУЗ «Национальный горный университет»

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

В данной статье выполнен анализ применения усовершенствованного метода расчета устойчивости грунтовых откосов и склонов для оценки устойчивости грунтовой плотины в рамках работ по берегоукреплению территории г. Днепропетровска. Проанализированы наиболее опасные для города Днепропетровска виды грунтовых откосов. Получены результаты расчета устойчивости грунтового откоса по стандартной методике на основе круглоцилиндрической поверхности скольжения. Применен усовершенствованный метод расчета, учитывающий формирование наиболее невыгодной ситуации загружения за счет сочетания минимальных и максимальных характеристик грунтов, который позволил получить более достоверные результаты, чем упрощенный подход, применяемый в практике проектирования. На основе полученных данных разработаны рекомендации для внедрения в проект локальной береговой защиты.

Ключевые слова: откос, склон, грунтовая плотина, расчет устойчивости, коэффициент устойчивости, оползень.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Откосом называют боковую наклонную поверхность дорожной насыпи, холма, борта балки, карьера, берега реки. Откосы естественного образования представляют собой склоны каких-либо форм рельефа (балок, оврагов, гор, холмов). Искусственно созданные откосы являются следствием целенаправленной промышленной деятельности человека, чаще всего относящейся к отрасли строительства и архитектуры. Застройка склонов, инженерная защита уже существующих построек на наклонных площадках, устройство дорожного полотна, укрепление берегов рек и многие другие мероприятия в черте городов требуют обеспечения устойчивости откосов и склонов. Нарушение устойчивости влечет за собой разрушения разной степени, наиболее опасными среди которых являются оползни. Важным условием, обеспечивающим безопасную эксплуатацию откоса, является достоверный расчет его устойчивости.

Таким образом, проблема достоверности расчетов устойчивости грунтовых откосов является актуальной проблемой и имеет научно-практической значение.

Анализ исследований и публикаций. Актуальность и важность исследуемой проблемы подтверждается работами многих ученых в области геотехники, геологии и фундаментостроения. Наработки современных ученых отражают необходимость совершенствования методов оценки устойчивости откосов, прогнозирования оползнеопасных ситуаций и методов борьбы с ними в рамках Днепропетровского региона и не только [1-11].

Постановка задачи. На территории города оползневые процессы разной степени опасности проявляют себя каждый год (рис.1). Самый масштабный и разрушительный оползень зафиксирован в 1997 году на ж/м Тополь (рис.2*а*). Последний крупный оползень сошел в ноябре 2011 года (рис.2*б*). Проблема устойчивости откосов возникает также в прибрежных районах города, в которых наблюдается негативное воздействие реки Днепр на рельеф берегов. Последний факт вызвал необходимость в исследовании устойчивости грунтовой плотины в рамках проектных работ по укреплению береговой линии. Таким образом, поставлена цель исследования – оценка устойчивости грунтовой плотины с применением усовершенствованной методики расчета устойчивости грунтовых откосов для последующего внедрения в проект защиты береговой линии [12].

Изложение материала и результаты. Объект исследования, грунтовая плотина для укрепления берега, находится в г. Днепропетровск на Набережной Победы 9-в (рис. 3).

В соответствии с требованиями СНиП 2.06.05-84* «Плотины из грунтовых откосов» расчет грунтовых плотин следует выполнять с использованием круглоцилиндрических поверхностей сдвига. Критерием обеспечения устойчивости откоса или зависимостью для коэффициента устойчивости k_s является условие (1)

$$k_S = \frac{R}{F} \geq \frac{\gamma_n \gamma f_c}{\gamma_c}, \qquad (1)$$

где F,R – расчетные значения соответственно обобщенных сдвигающих сил и сил предельного сопротивления или моментов сил, стремящихся повернуть (опрокинуть) и удержать сооруже-

© Шаповал В.Г., Причина Е.С., Булич И.Ю., 2015

ние соответственно; γ_n=1,1 - коэффициент надежности по нагрузке; γ_c - коэффициент условий работы равный 0,95 [13].

а *б*

Рис. 1. Современные оползнеопасные участки г. Днепропетровска.а) Рыбальская балка, отселенный дом вследствие подвижек склона и укрепительный контрбанкет перед ним, май, 2014 год;
б - балка Евпаторийская, май 2014 года

а *б*

Рис. 2. *а* - Оползень на ж/м Тополь, 1997 год; *б* - оползень в г. Днепропетровск, Рыбальская балка, ул. Войцеховича, 2 ноября 2011 года

Рис. 3. Грунтовая плотина, расположенная по адресу Набережная Победы 9-в

Расчет устойчивости низового откоса плотины выполнялся на основе гипотезы о круглоцилиндрической поверхности скольжения с использованием стандартного и усовершенствованного методов. Первый метод расчета реализован в программном комплексе Электронный Справочник Инженера «ЭСПРИ», по которому было получено значение коэффициента устойчивости равное 2,299 (рис. 4).

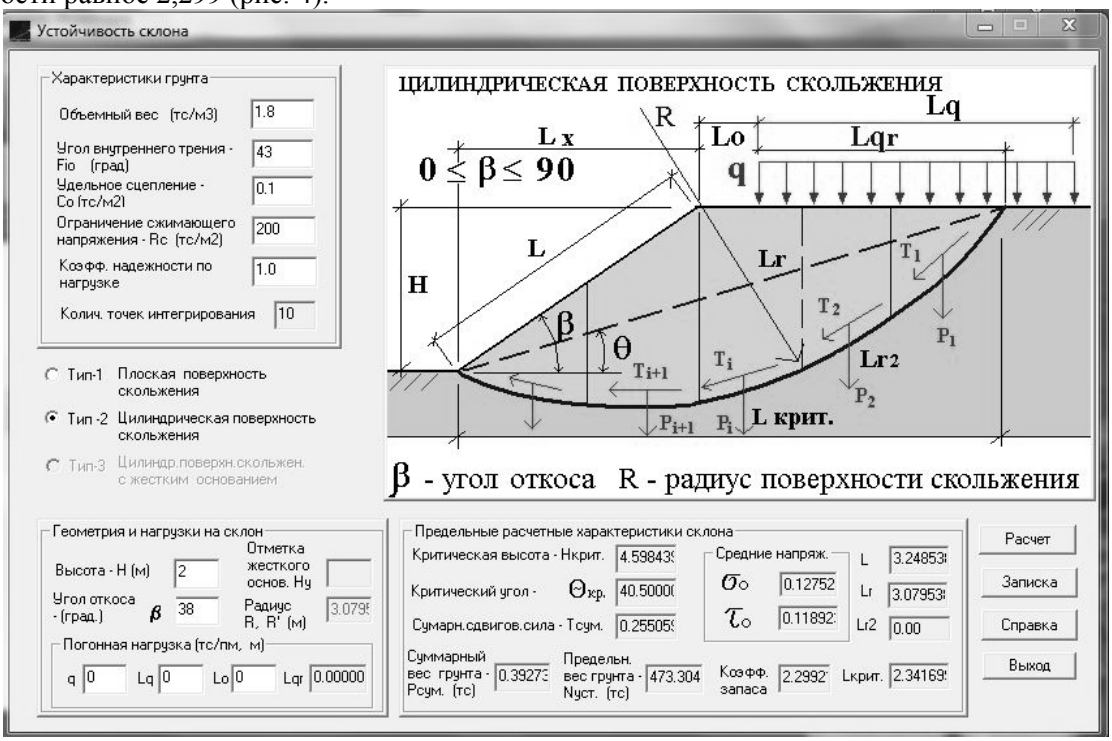

Рис. 4. Рабочее окно программы Электронный Справочник Инженера «ЭСПРИ»

Усовершенствованный подход основывался на введении расчетных значений параметров грунта с использованием методов математической статистики [14-19].

Первое необходимое действие - определение центра кривизны поверхности обрушения.

Для этого с помощью ПК «ЭСПРИ» было определено значение рабочей длины распределённой нагрузки L_{qr} и радиуса поверхности скольжения R для дамбы со следующими характеристиками грунта: объемный вес грунта γ=1,8 тс/м^3; угол внутреннего трения φ=43^o; удельное сцепление c_0=0,01 тс/м^2; ограничение сжимающего напряжения R_c=200 тс/м^2; коэффициент надежности по нагрузке - 1,0.

Согласно ДБН В.2.1-10-2009 «Основания и фундаменты сооружений» для песков гравелистых и крупных с пористостью 45,0 значение угла внутреннего трения φ_n составляет 43 ^{o}.

Геометрические параметры откоса плотины: высота откоса H=2 м; угол откоса - 38^o; ширина верхнего основания – 1 м; ширина нижнего основания – 6,10 м. В ходе расчета были получены значения L_{qr} и L_o равными 0.

Радиус опасной поверхности скольжения составляет 3,08 м. Далее на основе полученного радиуса на расчетной схеме было определено очертание кривой обрушения (рис.5). Зона между этой дугой и низовым откосом образует призму обрушения.

Согласно расчету по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения область, ограниченная кривой сдвига и внешними очертаниями плотины (массив обрушения), разбивается вертикальными прямыми на отсеки шириной b с определением при этом угла наклона α_i и объема V_i каждого отсека.

При расчете величина b принимается равной 0,1 R = 0,308 м.

Согласно требованиям нормативных документов, при оценке устойчивости откосов следует принимать расчетные характеристики грунта и внешнюю нагрузку на него таким образом, чтобы обеспечивались наиболее невыгодные условия работы основания.

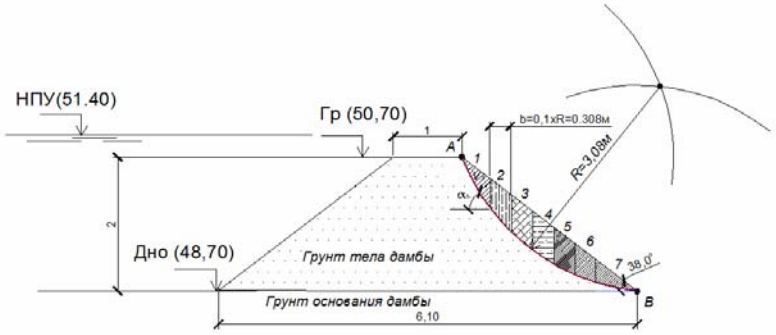

Рис. 5. Расчетная схема плотины

Таким образом, расчетные значения нагрузок и характеристик грунта определяем по формулам

$$X_p = X^н \cdot (1+\rho), \qquad (2)$$

(если характеристика входит в состав сдвигающих сил) и

$$X_p = X^н \cdot (1-\rho), \qquad (3)$$

если характеристика входит в состав удерживающих сил), где X_p – расчетная характеристика грунта; $X^н$ - то же, нормативная (характеристическая); $(1\pm\rho)=(1/\gamma_g)$ – величина, обратная коэффициенту безопасности по грунту (или при определении удельного веса грунта и внешних нагрузок это – коэффициент перегрузки); ρ - показатель точности (погрешности) среднего значения определяемой характеристики при статистической обработке экспериментальных данных, в нашем случае ρ =0,1 [14-16].

Отличие этой методики от общепринятой заключается в том, что при определении сдвигающих и удерживающих сил используются соответственно максимальное и минимальное значения расчетных характеристик грунта, установленных с коэффициентом доверительной вероятности, равном 0,95. На практике при расчете сил удержания и сдвижения используются лишь минимальные значения расчетных характеристик, полученных по формуле (1), которые приводят к искажению ситуации загружения откоса и погрешностям в результатах расчетов[17-18].

Таким образом, расчетное значение удерживающих сил R для i-го отсека было определено по формуле R_i=R_i 0,9.

Расчетное значение сдвигающих сил F для i-го отсека определено по формуле F_i =F_i 1,1.

Тогда коэффициент запаса устойчивости для всего грунтового откоса равен

$$k_s = \sum R_i / \sum F_i = (0{,}9/1{,}1) \sum k_{si}, \qquad (4)$$

$$\sum k_{si} = \frac{R_1 \cos\alpha_1 tg\varphi + R_2 \cos\alpha_2 tg\varphi + ... + R_n \cos\alpha_n tg\varphi}{F_1 \sin\alpha_1 + F_2 \sin\alpha_2 + ... + F_n \sin\alpha_n}. \qquad (5)$$

Данные по каждому отсеку плотины представлены в табл. 1. Таким образом, общий коэффициент устойчивости составляет k_s = 1,39.

Таблица 1

Данные по каждому отсеку дамбы

Угол наклона отсека, α_i,° град	Угол наклона отсека, α, рад	Объем отсека, V_i, м^3	Удерживающая сила, R_i	Сдвигающая сила, F_i	Коэффициент устйчивости, $K_{уст}$
61,7	1,076868	0,1069	0,09	0,17	
49,1	0,856957	0,1559	0,18	0,21	
41	0,715585	0,1782	0,24	0,21	
33,7	0,588176	0,1761	0,26	0,18	
27	0,471239	0,1582	0,25	0,13	
20,8	0,363028	0,1263	0,21	0,08	
12	0,20944	0,1105	0,19	0,04	
			1,42	1,02	1,39

Проверяем условие обеспечения устойчивости дамбы $k_s=(R/F)\geq(\gamma_n\cdot\gamma fc/\gamma_c)$ k_s=1,39>1,2. Условие выполняется.

Таким образом, согласно стандартному методу расчета откоса на основе гипотезы о круглоцилиндрической поверхности скольжения было получено значение коэффициента устойчивости откоса 2,299, которое в 1,65 раз превышает результат, полученный по усовершенствованной методике, и составляющий 1,39. Полученный результат подкрепляется результатами тестовых задач для расчетов прямоугольных откосов предельной высоты, в которых расхождение

между значениями, предоставляемыми расчетами с учетом и без учета влияния разброса значений характеристик грунта, колеблется в диапазоне 1,2-1,4 раз [18-19]. Предложенная методика расчета позволяет учесть наиболее невыгодное состояние откоса и повысить запас прочности.

Выводы и направления дальнейших исследований. В ходе исследовательской работы был выполнен анализ наиболее опасных для города Днепропетровска видов грунтовых откосов.

Получены результаты, характеризующие устойчивость грунтовой плотины в рамках берегоукрепительных мероприятий по Набережной Победы г. Днепропетровска. Примененная усовершенствованная методика расчета, учитывающая формирование наиболее невыгодной ситуации загружения за счет сочетания минимальных и максимальных характеристик грунтов, позволила получить более достоверные результаты, чем упрощенный подход, применяемый в практике проектирования.

На основе полученных данных разработаны рекомендации для проекта по защите береговой линии Набережной Победы.

Последующие исследования будут направлены на продолжение совершенствования методов расчета и выявление зависимостей состояния неустойчивых грунтовых откосов и склонов с целью достоверных прогнозов и обеспечения противооползневой защиты бортов балок г. Днепропетровска.

Список литературы

1. **Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И.** «Механика грунтов, основания и фундаменты.»: Учебник для вузов ж.-д. трансп. М.: Транспорт, 1981. – 320 с.

2. **Гинзбург Л.К.** Противооползневые сооружения [Текст]. – Днепропетровск : ЧП "Лира ЛТД", 2007. – 188 с.

3.**Швец В.Б**. Справочник по механике и динамике грунтов/ Швец В.Б., Гинзбург Л.К., Гольдштейн В.М. и др. – К.: Будівельник, 1987. – 232 с.

4. **Шаповал В.Г.** Механика грунтов: учебник./ [Шаповал В.Г., Седин В.Л., Шаповал А.В. и др.]. – Днепропетровск: Пороги, 2010. – 168 с.

5. **Цытович Н. А**. Механика грунтов / Н. А. Цытович. — М.: Высш. шк., 1979, —272 с.

6. **Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П., Хозяйкина Н.В.** Механика грунтов: учбовий посібник. К.: Новий друк, 2008. - 128 с. іл. Рос.

7.**Соколовский В.В.** Статика сыпучей среды [Текст]. – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960. – 240 с.6.

8. **Дорфман А.Г**. Вариационный метод исследования устойчивости откосов / А.Г. Дорфман // Вопросы геотехники. Проблемы механики земляного полотна железных дорог: труды ДИИЖТ – М. : Издательство "Транспорт", 1965. – № 9. – С. 17-25.

9.**Артеменко Т. К., Бычков С. А.** Оползни в сложных инжерно-геологических условиях// 36. наук, праць (галузеве машинобуд., буд-во)/ Пол. Нац. Техн. Ун-т ім. Юрія Кондратюка . - Полтава: ПолітНТУ, 2003. -Вип. 12-С 3-7.

10. **Біда С.В., Великодний Ю.Й., Титаренко В.А., Ягольник А.М.** Проблеми, які потребують наукових досліджень при проектуванні і будівництві в умовах зсувних територій / Галузеве машинобудування і будівництво // Полтава 2002. - Вин. 9 - С. 24-27.

11. **Максимова-Гуляева Н.А**. К вопросу о механизме формирования поверхности скольжения оползней днепровского типа //Механіка грунтів, геотехніка, фундаменто-будування: Міжвідомчий науково-технічний збірник К., 2004. - Вип. 61. - С. 352-357.

12. Отчет об инженерно-геологических изысканиях для выяснения причин подтопления жилого дома №102д по пр. Кирова в г. Днепропетровске и расчета устойчивости склона Рыбальской балки в районе дома (в 2-х книгах). - «Укрвосток-ГИИНТИЗ», Днепропетровский филиал, г. Днепропетровск, 2005 г.

13. **Соболь И.С., Ежков А.Н., Горохов Е.Н.** Проектирование плотины из грунтовых материалов / Методические указания для выполнения курсовых проектов и выпускных квалификационных работ студентами направления 270100 – «Строительство» и специальности 270104 – «Гидротехническое строительство».–Нижний Новгород:ННГАСУ,2010.-91с.

14. **ДБН В.1.1-24:2009** . Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення.: будівельні норми / ДП НДІБК ; [розробники:]. – Замість СНиП 2.01.15-90; чинний від 01-07-10. – К.: Держстандарт України, 2010 – (Державний стандарт України).

15. **ДБН В.2.1-10-2009**. Основи та фундаменти споруд. : будівельні норми / Мінрегіонбуд України ; [розробники:]. – Чинний від 01-07-09. – К. : Держстандарт України, 2009. – 104 с. – (Державний стандарт України).

16. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний: **ГОСТ 20522-2012** . – Введ. 01-07-13, 2012. – 22 с. – (Межгосударственный стандарт).

17. Методы математической оптимизации в механике грунтов. **Почтман Ю.М., Колесниченко А.Л.,** Киев-Донецк, издательское объединение «Вища школа», Главное изд-во, 1977, 104 с.

18. K. P. The Estimation of Gully Slope Stability in Urban areas / **Prychyna. K.** // The 8-th International Forum for Students and Young Researches "Widening our horizons", April 11-12, 2013 / State Institute of Higher Education "National Mining University" – Д., 2013. – Volume 2. – С. 138.

19.К вопросу адекватного использования расчетных характеристик грунтовых оснований при определении устойчивости откосов и склонов / **А.В. Шаповал, Е.А. Шокарев, Слободянюк, Е.В., Е.В. Нестерова, А.В. Шокарев, В.Г. Шаповал, Е.С. Титякова, Е.С. Причина, В.А. Легенченко** // Науковий вісник будівництва – Харків. : ХНУБА, 2013. – Вип. 71. – С. 487 – 493.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.2: 550.83

М.С. ДУБИЦКАЯ, канд. техн. наук, Д.В. КЛИМЕНКО, ст. преподаватель,
ГВУЗ “Национальный горный университет”

ГЕОАКУСТИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ МЕЛКОАМПЛИТУДНОЙ ТЕКТОНИКИ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ СТРУГОВЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

В статье решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности прогноза малоамплитудных геологических нарушений угольных пластов методом неразрушающего контроля. Приведены результаты шахтных исследований распространения акустических колебаний в сложноструктурном углепородном массиве с геологическими нарушениями при использовании различных способов генерации зондирующего акустического сигнала.

Приведенные результаты обработки акустической информации, полученной на основании экспериментов по прозвучиванию целика неотработанной части 165 лавы на шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» основаны на использовании ранее известных в технике радиолокации принципов анализа отраженных от объектов сигналов, принятых на приемной стороне. При этом учитывалось доплеровское смещение частот в спектре сигналов, вызванное одно-двух и более кратным их отражением от границ возможных внутренних поверхностей, характерных для рассматриваемого объекта исследований.

Предложенная методика обработки волнового пакета, отличается от известных тем, что в ее основу заложена фазовая демодуляция функции спектральной плотности мощности с применением метода низкочастотного эквивалента. Методика позволяет определить геометрические параметры неоднородностей при прохождении выработок в зонах геологических нарушений.

На основе сравнительного анализа установлено, что разработанная методика проведения исследований подтвердила свою работоспособность в условиях отработки угольного пласта струговым комплексом. На основании этого был сделан вывод о необходимости комплексного подхода к оперативному прогнозу структуры углепородного массива при внедрении струговой технологии добычи в условиях угольных шахт Украины.

Ключевые слова: акустическая геолокация, малоамплитудные геологические нарушения, зондирующий сигнал, модуляционные характеристики сигнала, амплитудно-фазовая модуляция, низкочастотный эквивалент, фазовая демодуляция.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При подготовке шахтного поля к отработке недостаток геологической информации нередко приводит к тому, что в процессе работы лавы обнаруживаются нарушения в угольном пласте, которые вносят существенные поправки в технологический процесс, вплоть до его остановки, демонтажа и нарезки новой лавы. Такие незапланированные нарушения технологического характера приводят к существенным финансовым потерям, которые могут исчисляться десятками миллионов гривен. Кроме того, с геологическими нарушениями разрывного типа нередко связаны динамические проявления горного давления, такие как внезапные выбросы угля и газа, что может привести не только к финансовым потерям, но и к человеческим жертвам.

Основными тенденциями стратегического развития угольных шахт Украины, включая шахты входящие в состав ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», является внедрение высокопроизводительной техники при отработке угольных пластов и проходке выработок, повышение качества производимой продукции при одновременном повышении уровня безопасности работающих и снижении отрицательной нагрузки на окружающую среду.

В частности, реализация такого подхода осуществляется за счет внедрения современных струговых установок, которые позволяют достичь производительности забоя 3000-3500 тонн в сутки без присутствия человека в лаве.

Анализ исследований и публикаций. Анализ геологического строения угольных месторождений, приведенный в работах различных авторов, показывает устойчивое увеличение числа мелкоамплитудных разрывных геологических нарушений в угольных пластах с ростом глубины их расположения [1-4]. Часть этих нарушений обнаруживается при геологической разведке, часть при проведении горных выработок, однако значительное их количество остается невыясненным. Это обстоятельство обнаруживается уже в процессе отработки лав, что нередко приводит к нарушению производственного цикла и большим финансовым потерям.

На сегодняшний день накопился довольно большой опыт прогнозирования разрывных нарушений на всех стадиях освоения угольного месторождения [5-9]. В практике разведочных работ применяются графические, геофизические, геологические, маркшейдерские, физико-

© Дубицкая М.С., Клименко Д.В., 2015

химические, тектонофизические, эмпирические и другие методы выявления мелкоамплитудных тектонических нарушений. Среди них наибольшее распространение получили геофизические, поскольку они, во-первых, дают более надежный результат по отношению к другим способам, во-вторых, они более технологичны в условиях полностью функционируемых горных выработок.

Существующие методы геофизического прогноза скрытых геологических нарушений обладают надежностью, зачастую не превышающей 50-70% [5,9,10]. В связи с этим установление новых закономерностей между информационной составляющей акустического сигнала и параметрами геологического нарушения и совершенствование методов обнаружения скрытых дизъюнктивов представляет собой актуальное научно-техническое задание, которое имеет важное народно-хозяйственное значение.

Постановка задания. Струговая установка представляет собой комплект оборудования для узкозахватной выемки и доставки угля, состоящий из струга, верхних и нижних приводов с электродвигателями, скребкового передвижного забойного конвейера, системы гидравлических или пневматических домкратов. Струг принудительно перемещается вдоль лавы между забоем и конвейером, разрушая пласт на глубину до 70-100 мм по всей его мощности или с оставлением верхней пачки угля и последующим её обрушением под действием силы тяжести. Энерговооружённость струговой установки составляет 440-800 кВТ. Скорость движения струга 0,6-1,8 м/сек, перемещения скребковой цепи конвейера 0,6-1,2 м/сек.

В горногеологических условиях Западного Донбасса такая технология не применялась до последнего времени. При внедрении струговой технологии отработки тонких угольных пластов в 2011 году на шахте «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» возник целый ряд проблем на всех этапах ведения работ, связанных с конструкцией крепи и особенностями извлечения угля.

При интенсивной отработке угольных пластов серьезную угрозу для работающих в шахте людей представляет метановыделение. На поддержание шахтной атмосферы в пределах допустимых норм затрачиваются значительные средства. Газодинамические явления неразрывно связаны с геологическими нарушениями дизъюнктивного типа в угольных пластах. Поэтому оперативный прогноз строения нетронутой части интенсивно отрабатываемой лавы представляет не только технологический интерес, но и острую необходимость с целью повышения безопасности шахтеров.

В этой связи необходим комплексный подход к оперативному прогнозу структуры углепородного массива при внедрении струговой технологии добычи в условиях угольных шахт Украины. Поэтому в работе были проведены исследования в струговой лаве шахты «Степная».

Изложение материала и результаты. Исследования проводились в лаве 165 пласта. Горно-геологические условия лавы характеризуются наличием потенциально опасных зон геологических нарушений. Благодаря наличию пройденных подготовительных выработок по 165 бортовому и 167 сборному штрекам и наличию линии связи, данная лава удобна для проведения акустических измерений. Для измерений применялась аппаратура АПСС-1 [11].

Пройденные подготовительные выработки вдоль неотработанной части столба обеспечивают возможность акустического попикетного «просвечивания» массива. Цель этого зондирования заключается в выявлении возможных не вскрытых ранее неоднородностей и оконтуривание выявленного при проходке 165 бортового штрека геологического нарушения H=0,3<75°, которое не было вскрыто в 167 сборном штреке.

Исследования проводились по подготовленным к измерениям шпурам на пикетах 160, 150, 140, 130. План отработки лавы приведен на рис. 1*а*.

Исследования проводились в 2 этапа. І-й этап (рис. 1*б*) – «прозвучивание» массива путем генерирования искусственного акустического сигнала ударом кувалды по пике, предварительно забитой в угольный пласт на ПК130, 140, 150, 160 и 170 по 165 бортовому штреку. І-й этап проводился в первую смену, поскольку в эту смену не ведется добыча угля стругом.

Датчик последовательно переставлялся вдоль лавы по 167 сборному штреку в шпуры диаметром 42 мм и глубиной 0,5 м через равные интервалы на ПК 160, 150, 140 и 130. Шпуры с датчиком и пики, на которых производился удар, расположены соосно (в разумных допусках). Причем, когда датчик был установлен в один шпур, он зафиксировал сгенерированный сигнал со всех четырех точек удара. После того, как по 165 бортовому штреку поочередно были осуществлены удары по пикам (по 7 для каждого опыта), датчик переносился по 167 сборному штреку на следующую точку, устанавливался в шпур, и удары на каждой точке удара повторяли (по 7 для каждого опыта).

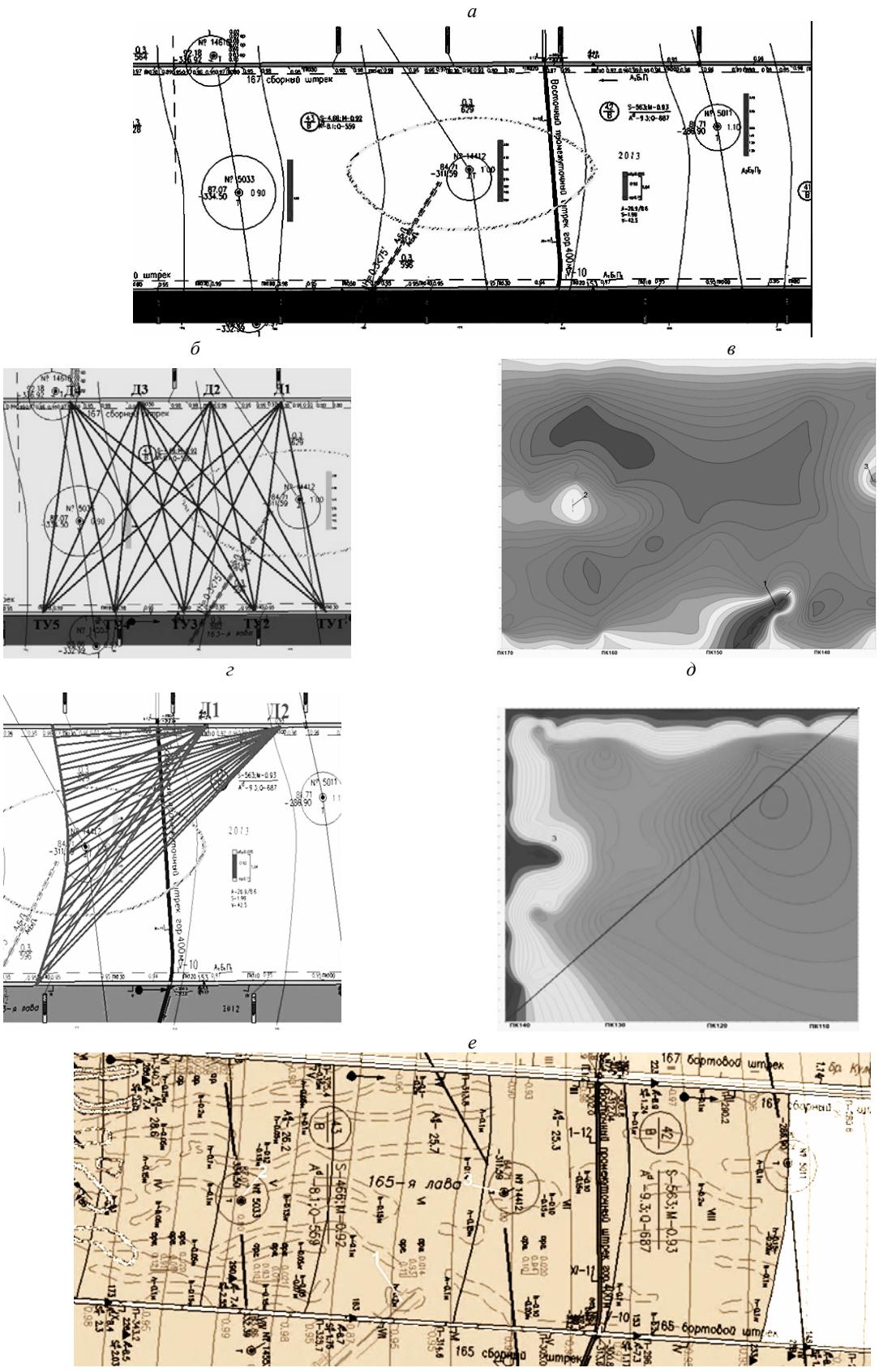

Рис. 1. Исследуемый участок лавы 165 (гор. 490 м пласт): *а* – план отработки лавы; *б* – схема проведения I-го этапа измерений; *в* – оценка структуры пласта по итогам I-го этапа исследований; *г* – схема проведения II-го этапа измерений; *д* – оценка структуры пласта по итогам II-го этапа исследований; *е* – выкопировка из фактического паспорта отработки лавы

Таким образом, с одной стороны массива (на 165 бортовом штреке), мощность которого 300 метров, инициировался волновой пакет методом удара кувалдой по пике, зафиксированной в угольном пласте, а с другой стороны (на 167 сборном штреке) сейсмоприемником АПСС-1 фиксировалась функция энергии волнового пакета [12-16], диспергировавшего в углепородном массиве. Струг на момент проведения первого этапа находился на ПК189 по 167 сборном штреке и на на ПК197 по 165 бортовом штреке.

II-й этап (рис. 1*г*) эксперимента заключался в «прозвучивании» массива путем генерирования искусственного акустического сигнала режущим механизмом работающего струга в процессе выемки угля. Регистрация сигнала осуществлялась одним датчиком, который поочередно устанавливался в заранее подготовленные шпуры по 167 сборному штреку.

На шахте «Степная» установлена и успешно функционирует система УТАС (унифицированная телекоммуникационная система диспетчерского контроля и автоматизированного управления горными машинами и технологическими комплексами). Одними из ее функций являются передача, обработка и отображение на диспетчерском пункте местонахождения струга в любой момент времени. Поэтому для дальнейшей интерпретации зарегистрированных данных можно успешно использовать ее данные. Для этого было синхронизировано время на работающей системе УТАС и на персональном компьютере, к которому был подключен наземный блок приемного устройства. УТАС фиксирует начало и конец выемки по ходу движения струга в одну сторону. Продолжительность работы струга, скорость его движения, количество добытого угля, объем выемки и т.д. Все эти данные важны для точной привязки отдельно взятого отрезка записанного сигнала к местоположению струга, который сгенерировал этот сигнал.

Сигналы от датчика передавался на поверхность на принимающее устройство, где синхронно преобразовывались в цифровую форму с параметрами: динамический диапазон квантования 16 бит, частота дискретизации f_d=41100 *Hz* и записывались на диск персонального компьютера. Программирование алгоритма обработки производилось в среде пакета программ MatLab. В программе оценки нижних и верхних частот осуществляется расчет функции полной фазы низкочастотных и высокочастотных компонент огибающей. В ней задается интервал времени окна анализа 0,1 с, сдвиг окна анализа относительно начала сигнала в секундах. Программа оценки нижних частот отбирает 4 частоты 390, 380, 370 и 400 Гц (фазовые характеристики). По этим характеристикам можно сказать, что на изгибе функции отражается излом характеристики. Сигнал проходя сквозь массив переотражается на неоднородностях вследствие чего изменяются его характеристики.

В программе для расчета спектральной плотности мощности задается время окна просмотра (100 м/сек), интервал движения окна просмотра 20 м/сек, вектор времени, коэффициент верхней частоты спектра $f=F_s/F_e$, где F_s -тактовая частота, F_e -конечная частота спектра, округление значения сдвигового времени, шаг частоты, внутреннее значение цикла и внутреннее время расчета программы, время выполнения цикла. Это оценочная программа спектральной плотности мощности, в которой видно наличие возбуждения акустического колебания, который рассыпается на составляющие части. По этому графику можно определить качественные значения спектральной плотности мощности. С помощью данной программы рассчитывается временная характеристика сигнала.

Обработка информации заключалась во взаимной увязке всех полученных данных с целью получения целостной картины процесса изменения напряженного состояния массива.

На II-ом этапе искусственный акустический сигнал генерировался режущим механизмом струга в процессе выемки угля. II-й этап проводился во вторую рабочую смену.

В соответствии с выводами анализа низкочастотных и высокочастотных сигналов геолокации была осуществлена оценка структуры пласта на исследуемом участке (рис 1*в*, 1*д*).Как видно из рисунков 1*в* и 1*д*, на основе анализа низкочастотных и высокочастотных компонент огибающей, возможно интерпретировать строение зондируемого массива. Так, на карте видно, что в районе ПК 145 по 165 бортовому штреку в сторону ПК 135 до половины глубины массива есть тектоническое нарушение. Также, в районе ПК164 посреди массива, возможно наличие мелкоамплитудного нарушения, протяженностью до 40 м. Приконтурная зона по 165 бортовому и 167 сборному штреках сильно трещиноватая. Мощность зоны трещиноватости 10-15 м.

Выводы и направления дальнейших исследований. Основное отличие использования струговых установок от стандартной технологии – высокая скорость проведения горных работ,

что предполагает быстрое обнажение пород значительной площади. Геомеханические процессы, которые при этом развиваются в породном массиве, на сегодняшний день изучены не достаточно. Соответственно отсутствует и база для разработки эффективных средств охраны горных объектов с учетом перемещающегося максимума горного давления впереди движущегося забоя лавы, величина которого зависит от взаимного расположения забоя лавы и камер монтажа-демонтажа, а также от ряда горно-геологических и горнотехнических факторов, среди которых важное место занимают геологические нарушения нетронутой части угольного пласта, особенно дизъюнктивного типа.

Современные методы оперативного прогноза строения углепородного массива не могут гарантировать безопасность ведения работ в такой сложной, динамично изменяющейся ситуации. Кроме того, анализ форм, признаков наличия, закономерностей распространения и характера проявления дизъюнктивов, характерных для шахтных полей Украины, позволил установить, что для полной и правильной идентификации скрытого нарушения необходимо учитывать как прямые, так и косвенные признаки, относящиеся к нему, при этом стоит комбинировать различные подходы идентификации для повышения надежности прогноза.

В этой связи необходим комплексный подход к оперативному прогнозу структуры углепородного массива при внедрении струговой технологии добычи в условиях угольных шахт Украины.

Хотя в конкретных горно-геологических условиях закономерности состояния и свойств породного массива и угольного пласта в районах геологических нарушений проявляются не в одинаковой степени и имеют свои количественные параметры, в целом они могут быть использованы, во-первых, для разработки практических решений при переходе зон влияния нарушений (прогноз, мероприятия) и, во-вторых, для разработки направлений дальнейшего проведения исследований малоамплитудных нарушений.

Список литературы

1. **Лукинов В.В.** Тектоника метаноугольных месторождений Донбасса / **Лукинов В.В., Пимоненко Л.И.** – Киев: Наук. думка, 2008. – 352 с.

1. **Брижанев А.М.** Влияние трещинной и мелкоамплитудной разрывной тектоники на метановыделение в подземные горные выработки угольных шахт Донбасса / **Брижанев А.М., Галазов Р.А., Кущ О.А., Кривцов А.А., Шерщуков В.В.** // Геология и разведка. – 1985. - № 2. – С. 51-55.

1. **Кольчик Е.И.** Влияние тектонической нарушенности на условия проведения и поддержания пластовых выработок / **Кольчик Е.И., Кольчик И.Е., Пилюгин В.И.** – Донецк: ДонНТУ, 2007. – 184 с.

2. **Забигайло В.Е.** Тектоника и горно-геологические условия разработки угольных месторождений Донбасса / **В.Е. Забигайло, В.В. Лукинов, Л.И. Пимоненко, Н.В. Сахневич** – К.: Наукова думка. – 1994.

3. **Анциферов А.В.** Теорія та практика шахтної сейсморозвідки. – Донецьк: «АЛАН», 2003. – 312 с.

5. **Ткачев В.А.** Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях / **В.А. Ткачев, А.Ю. Компанейцев** // Перспективы развития Восточного Донбасса: сб. науч. тр. Часть 1. / Шахтинский ин-т (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла», 2008. – 414 с. (с. 145-151).

6. **Рубан А.Д.** Контроль строения и состояния горного массива с использование сейсмического мониторинга при подземной и открытой угледобыче / **Рубан А.Д.** // Геофизика и современный мир. – М.: МГУ. – 1993. – 363 с.

7. Применение сейсморазведки при решении проблемы добычи метана угленосных формаций / [**Глухов А.А., Анциферов А.В., Анциферов В.А. и др**.] // Геофизический журнал. – К., 2010. – Т. 32. – № 5. – С. 117-125.

8. **Анциферов А.Ф.** Повышение надежности прогноза малоамплитудной тектонической нарушенности угольных пластов на основе комплексного использования геолого-геофизической информации / **А.Ф. Анциферов** // Геология и геохимия полезных ископаемых. – 1998. – № 2. – С. 48-52.

9. **Дрибан В.А.** Направления исследований влияния малоамплитудной нарушенности на ведение горных работ / **В.А. Дрибан, И.А. Южанин, А.О. Севрюков** // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lib.znate.ru/docs/index-236949.html.

10. Аппаратура передачи сейсмоакустического сигнала АПСС 1. Паспорт. АПСС 1.00.000 ПС. – Донецк: ООО «Научно-производственное предприятие «Интеграл», 2010.

11. **Журавлёв В. Н.** Свойства стационарности зондирующего угольный пласт виброакустического информационного сигнала / **В.Н. Журавлёв, Е.В. Масленников, И.В. Кондратюк** // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ, НГУ. - 2010. - № 34. - т. 1. – С. 192 – 199.

12. **Хаттон Л.** Обработка сейсмических данных: теория и практика / **Лесли Хаттон, Майкл Уэрдингтон, Джон Мейкин**. – Oxford : Blackwell Science. – 1996.

13. **Winkler K.W., Xingzhou Liu**. Measurements of third-order elastic constants of rocks // J. Acoust. Soc. Amer. 1996. V. 100. P. 1392–1398.

14. **Бреховских Л. М.** Волны в слоистых средах. М.: Наука, 1973. 343 с.

15. **Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.** Теория упругости. М.: Наука, 1987. 248 с.

Рукопись подана в редакцию 05.05.2015

УДК 624: 014.2.074.433

А.С. СОКОЛОВА, ассистент,
Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ КРАЕВОГО ЭФФЕКТА В УТОРНОМ УЗЛЕ СТАЛЬНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ ПРИ ОДОСТОРОННЕЙ СВЯЗИ ДНИЩА С ОСНОВАНИЕМ И НАЛИЧИИ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ

Методом конечных элементов выполнен анализ напряженно-деформированного состояния уторного узла оболочки, по геометрическим параметрам (высота стенки и радиус) соответствующей резервуару объемом 100 тыс. $м^3$. Расчет проводился с учетом односторонней связи днища с основанием. Рассматривались случаи установки резервуара на мягком (С1=0,05 $кН/см^3$) и жестком (С1=1 $кН/см^3$) основании. Расчет проводился с учетом гидростатической нагрузки при заполнении резервуара до отметки 17 м. Также учитывалось возникновение результирующей силы, возникающей от собственного веса стенки и кровли, веса снега и избыточного давления в паровоздушной среде. Такая сила может быть как догружающей, так и подъемной. Полученные результаты показали, что при определенных условиях работа узла сопряжения цилиндрической оболочки с плоским днищем может сопровождаться возникновением краевых и скрытых отрывов днища от основания, что в свою очередь приводит к изменениям напряженно-деформированного состояния и увеличению изгибающего момента.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Стальные резервуары для хранения различных жидкостей широко применяются на промышленных объектах. Такие конструкции большого объема относятся к категории особо ответственных объектов, разрушения или аварии которых влекут за собой не только материальный ущерб, во много раз превышающий себестоимость, но и проблемы экологического характера.

Поэтому более глубокое изучение работы вертикальных цилиндрических резервуаров (ВЦР) и уточнение методики их расчета по-прежнему остаются весьма актуальными.

Анализ исследований и публикаций. Результаты многочисленных исследований и наблюдений за работой ВЦР для хранения жидких продуктов говорят о том, что действительная работа конструктивных узлов этих сооружений во многих случаях существенно отличается от физических представлений и соответствующих расчетных предпосылок, принимаемых на этапе проектирования.

Одним из наиболее ответственных узлов таких конструкций является уторный узел – узел сопряжения цилиндрической стенки с плоским днищем. В этом узле, кроме мембранных усилий, определяемых по безмоментной теории, возникают дополнительные краевые усилия и изгибающие моменты, распределение которых имеет характер краевого эффекта.

В инженерных расчетах [1,2] указанный узел рассчитывается с применением традиционных методов строительной механики, принимая для основания модель Винклера с двухсторонней связью. Днище при этом рассматривается как балка а упругом основании.

Все это упрощает расчет, но, как показывает практика, не всегда дает правильные результаты.

В [3-10] приводятся результаты теоретических исследований работы рассматриваемого узла с учетом односторонней связи днища с основанием, что в большинстве случаев и имеет место.

Но все они имеют целый ряд существенных недостатков, главные из которых сводятся к следующему: во-первых, полученные в них аналитические зависимости не позволяют осуществить детальный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) на участках оболочки и днища по всей зоне краевого эффекта; во-вторых, все приведенные в указанных работах зависимости получены на основе представления днища в виде балки на упругом основании и, в-третьих, в них никак не учитывается нелинейная работа узла, которая имеет место в действительности.

Все это может существенно влиять на полученные результаты и выводы.

Результаты исследований НДС уторного узла с использованием численных методов на основе ПВК «Лира» приводятся в [11], но они не дают ответа на поставленные выше вопросы. В [12] рассмотрен вопрос влияния модели днища на точность расчета.

© Соколова А.С., 2015

Попытка аналитического решения рассматриваемой задачи в [13] с учетом геометрической и физической нелинейности оказалась неудачной, поскольку автору не удалось перейти к зависимостям, приемлемым для инженерных расчетов.

Постановка задачи. В связи с вышесказанным представляется целесообразным выполнить анализ напряженно деформированного состояния уторного узла стального резервуара методом конечных элементов. Предполагается использовать численную модель конструкции, в которой устранены допущения, принятые в инженерных расчетах, такие как: представление днища в виде полу бесконечной балки и двухсторонняя связь днища с основанием.

Изложение материала и результаты. В данной статье приведены результаты исследований краевого эффекта, возникающего в уторной зоне ВЦР, полученные на основе метода конечных элементов (МКЭ) с использованием ПВК «ЛИРА».

Рассматривались случаи установки резервуаров на «мягких» и «жестких» основаниях. В качестве примера, в статье рассмотрены результаты расчетов, выполненных для цилиндрической оболочки высотой 18 м, радиусом 44,35 м, толщина оболочки в зоне крепления ее к днищу составляла 20 мм, толщина днища в месте сопряжения с оболочкой – 16 мм.

Принятые параметры оболочки соответствуют параметрам резервуара объемом 100 000 м^3.

Конечно-элементная модель оболочки формировалась из прямоугольных элементов, имеющихся в библиотеке конечных элементов ПВК «ЛИРА» тип КЭ 41 и КЭ 44 [14, 15]. Тестирование конечно-элементной модели осуществлялось на задачах с абсолютно жестким креплением оболочки к основанию.

В качестве базы сравнения применялось значение величины изгибающего момента в точках сопряжения оболочки с жестким основанием, определяемое известным аналитическим решением [1]. В итоге были приняты конечные элементы размерами 0,03 м по окружности и 0,03 м по высоте.

Расчетная схема днища строилась на основе модели «днище-пластинка», в которой основание задавалось одним коэффициентом жесткости С1. Расчет с односторонней связью днища с основанием выполнялся с применением шагово-итерационного метода.

Для моделирования связи днища с основанием использовался двухузловой элемент двухсторонней связи, имеющийся в библиотеке конечных элементов ПВК «ЛИРА» тип КЭ 51 и двухузловой элемент односторонней связи КЭ 261.

Расчет проводился с учетом гидростатической нагрузки при заполнении резервуара до отметки 17 м и результирующей силы q, возникающей от собственного веса стенки и кровли, веса снега и избыточного давления в паровоздушной среде.

Учитывалось, что в процессе эксплуатации сила q может быть как догружающей (направлена вниз - на рис. 1, 2 положительные значения), так и подъемной (направлена вверх - на рис 1, 2 отрицательные значения).

При использовании МКЭ определение величины изгибающего момента m_o непосредственно в точках сопряжения осуществлялось с помощью аппроксимации кривой изменения изгибающего момента по высоте уторной зоны оболочки (стенки резервуара) и построения возможного ее продолжения к точкам сопряжения с днищем.

Это вызвано тем, что градиент изменений изгибающих моментов по высоте оболочки (при удалении от точек сопряжения) настолько резкий, что даже при принятых размерах конечных элементов значение изгибающего момента m в центре самого ближнего к утору элемента может существенно (на 20 – 25 %) отличаться от величины m_0.

По результатам проведенных расчетов в зависимости от величины и направления силы q были построены графики изменения m_o.

Рассматривались варианты с коэффициентом основания С1 = 0,05 кН/см^3 (мягкое основание) и С1=1 кН/см^3 (жесткое основание), рис. 1,2.

В обоих случаях при двухсторонней связи днища с основанием изменение m_o на всем диапазоне значений q имеет линейный характер, графики изменения m_o при учете односторонней связи днища с основанием имеют ярко выраженный перелом, соответствующий возникновению краевого отрыва днища от основания.

В случае С1=0,05 кН/см^3 при q≈-110 кН/м (подъемная сила) как при двухсторонней связи так и при односторонней связи днища с основанием возникает краевой отрыв днища. Однако, при односторонней связи его величина в 5-6 раз больше.

При этом наблюдается резкое увеличение изгибающего момента в точке сопряжения стенки и днища резервуара. Кроме того, в случае С1=0,05 кН/см^3 при односторонней связи днища с основанием может возникать скрытый отрыв (образование внутренней волны поверхности днища).

В рассмотренном примере он имеет место в диапазоне значений q от -50 до -100 кН/м.

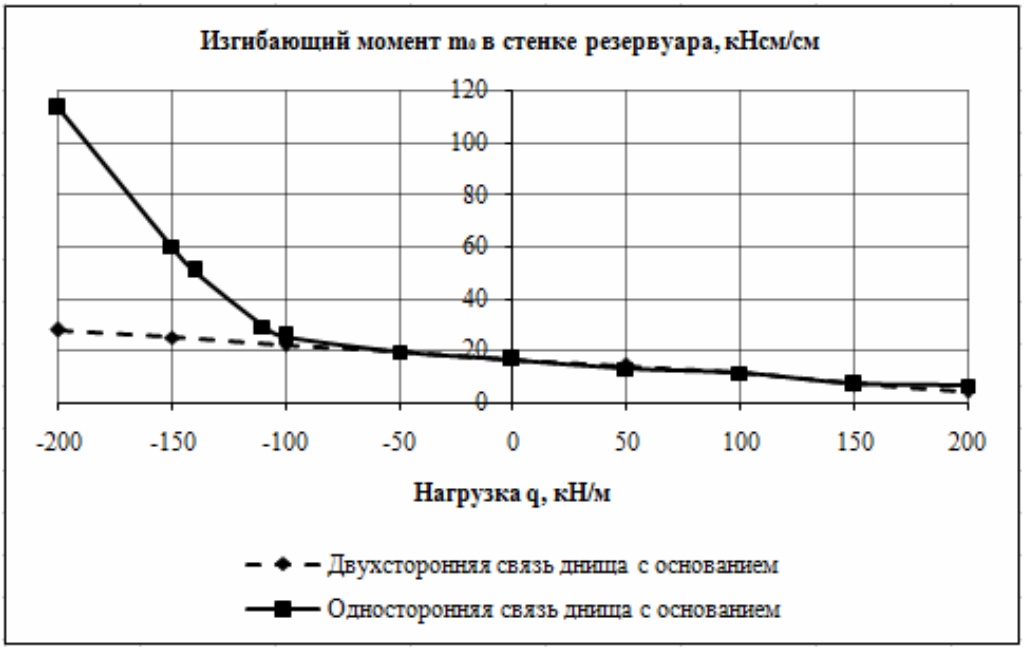

Рис. 1. Зависимость m_o от величины нагрузки q при коэффициенте постели С1 = 0,05 кН/см^3

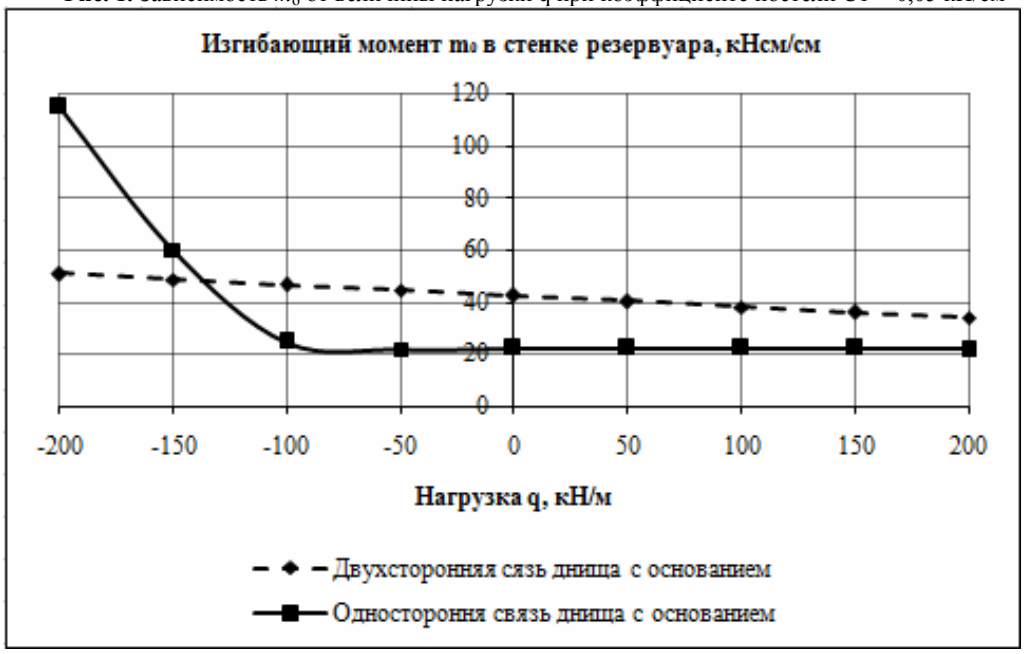

Рис. 2. Зависимость m_o от величины нагрузки q при коэффициенте постели С1=1 кН/см^3

В случае жесткого основания при двухсторонней связи днища с основанием краевого отрыва не возникает, но при отрицательных значениях q наблюдается скрытый отрыв.

При односторонней связи днища с основанием на участках сопряжения стенки с днищем скрытый отрыв возникает в диапазоне значений q от 0 до-100 кН/м.

Также нужно отметить, что при односторонней связи днища с основанием до момента возникновения краевого отрыва m_o в 1,5 – 2 раза меньше, чем при двухсторонней связи.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, при определенных условиях (односторонняя связь днища с основанием, возникновение подъемной силы, жесткость основания) работа узла сопряжения цилиндрической оболочки с плоским днищем может сопровождаться возникновением краевых и скрытых отрывов днища от основания, что в свою очередь приводит к изменениям напряженно-деформированного состояния и увеличению величины изгибающего момента.

В таком случае работа уторного узла резервуара может проходить в упругопластической стадии. В связи с этим в дальнейшем предполагается провести анализ напряженно-деформированного состояния узла сопряжения цилиндрической оболочки с плоским днищем с учетом физически нелинейной работы материала.

Список литературы

1. **Нехаев Г. А.** Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления – М. : АСВ, 2005. – 216 с.

2. **Кузнецов В. В.** Металлические конструкции. Общая часть. (Справочник проектировщика) / Под общ. ред. заслуж. строителя РФ, лауреата госуд. Премии СССР В. В. Кузнецова (ЦНИИ проектстальконструкция им. Н. П. Мельникова) – М. : АСВ, 1998. – 576 с.

3. **Егоров Е. А., Братусь Н. И.** Расчет вертикальных цилиндрических резервуаров на жестких фундаментах // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М. : ВНИИОЭНГ, – 1983. – № 5. – С. 17 – 18.

4. **Галеев В. Б.** Расчет нижнего узла сопряжения корпуса и днища резервуаров / В. Б. Галеев, Л. В. Короткова // РНТС ВНИИОЭНГ Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1978. – № 6. – С. 38 – 39.

5. **Иштиряков М. С.** Напряженно-деформированное состояние днища вертикального цилиндрического резервуара / М. С. Иштиряков, В. Б. Галеев // РНТС ВНИИОЭНГ Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1977. – № 2. – С. 28 – 29.

6. **Иштиряков М. С.** Расчет днища и стенки вертикальных цилиндрических резервуаров большой вместимости / М. С. Иштиряков, В. Б. Галеев // НТРС ВНИИОЭНГ Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – 1978. – № 6. – С. 8 – 9.

7. **Иноуэ Такаясу** Проектирование резервуаров для нефти // «Китай Секкей». – 1976. – Т. 20. – № 1. – С. 43 – 49.

8. **Ашкиназ М. И., Кузенко Ю. В.** Расчет днищ металлических резервуаров повышенного давления без анкеров для хранения нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. – М. : ВНИИОЭНГ, – 1969. – № 1. – С. 17 – 22.

9. **Еленицкий Э. Я.** Расчет узла сопряжения стенки и днища вертикальных цилиндрических стальных резервуаров // Материалы межд. Конференции «Новые решения конструкций, технологии сооружения и ремонта стальных резервуаров» 12 – 17 августа 2007 г. / Самара – Нижний Новгород. – 2007. – С. 146 – 151.

10. **Шапиро Г. А.** Действительная работа плоских днищ стальных тонкостенных цилиндрических резервуаров // Материалы по стальным конструкциям. – М. : ПСК, 1958. – № 3. – С. 185 – 215.

11. **Мущанов В. Ф.** Исследование напряженно-деформированного состояния уторного узла в вертикальных цилиндрических резервуарах объемом 10000…50000 м^3/ **В. Ф. Мущанов, Д. И. Роменский** // Металлические конструкции. – 2012. – Т. 18. – № 1. – С. 61 – 71.

12. **Егоров Е. А., Соколова А.** С. Исследование краевых эффектов в уторном узле стальных вертикальных цилиндрических резервуаров // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2012. - № 11. – С. 16 – 21. – рис. 3. – табл.. 1. – Библиогр.: (10 назв.).

13. **Ашкинази М, И., Кузенко Ю .В.** Исследование напряженного состояния в зоне стыка корпуса и днища резервуаров системы «ДИСИ» без анкеров // Тезисы научно-технической конференции. – Д.: Проминь. – 1970.

14. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций ЛИРА. Руководство пользователя. Книга 1 / **А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров, Ю.Д. Гераймович, В.П. Максименко** и др.. – к. 6 НИИАСС, 2002. – 189 с.

15. **А. С. Городецкий, И .Д. Евзеров.** Компьютерные модели конструкций. - Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.-360 с.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.15

УДК 622.78

И. В. ПИЛЬЩИКОВ, аспирант, Г.Г. ГУБИН, канд. техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ И СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОКОМКОВАНИЯ

Основными направлениями совершенствования технологии производства железорудных окатышей на горно-обогатительных комбинатах СНГ и Украины, которые обеспечат улучшение их качества при значительном снижении теплоэнергетических затрат на процесс и повышение экологической безопасности производства, являются: стабилизация и улучшение качества железорудного концентрата, упрочняющих и флюсующих добавок, а также сырых окатышей (влажность, прочность, гранулометрический состав). Одним из таких направлений может стать разработка научно-обоснованных технологических решений по созданию комплексных связующих композиций с целью снижения отрицательного влияния высокоминерализованных шахтных вод, сбрасываемых в хвостохранилища горно-обогатительных комбинатов Кривбасса, влияющих на качество окатышей и на формирование оптимальной структуры и металлургические свойства. Оптимизация на этой основе технологии подготовки шихты и термообработки окатышей на обжиговой конвейерной машине.

Комплексный реагент- активатор, в состав которого входит органическое полимерное связующее на основе Na-карбоксилметилцеллюлозы, применен для снижения влияния солей жесткости воды, улучшения связующих свойств шихты и ее комкуемости. Наиболее высокими свойствами умягчения воды, в составе реагента-активатора, обладают фосфаты: триполифосфат натрия (Na5P3O10, 6H2O) и тринатрийфосфат (Na3PO4.12H2O), которые образуют с солями жесткости достаточно труднорастворимые фосфаты кальция, а также применяется кальцинированная сода.

Все это изменяет ионный состав и физико-химические свойства технической воды, что дополнительно сказывается на комкующей способности железорудного концентрата, активирует нерудную составляющую концентрата, активирует бентонитовое связующее и используемый в некоторых случаях торф, который и сам обладает связующими свойствами. За счет повышенной скорости миграции воды при окомковании усиливается процесс зародышеобразования, при значительном уменьшении расходов связующего.

Ключевые слова: активация бентонита, высокоминерализованная вода, полимерные связующие, кек концентрата, соли жесткости.

Получение сырых окатышей происходит при окатывании тонкодисперсного железорудного материала увлажненного до определенной степени. Тонкоизмельченный железорудный порошок относится к гидрофильным дисперсным системам, характеризующимся интенсивным взаимодействием с водой.

Процесс формирования гранул из увлажненного железорудного концентрата представляет собой совокупность различных явлений смачивания, капиллярного насыщения, осмоса, набухания, поверхностного диспергирования и др. Наиболее стройную систему формирования гранул окатышей разработал В. И. Коротич.

Ведущим фактором, определяющим прочность сцепления частичек во влажном состоянии, является удельная поверхность материала, которая тем больше, чем выше содержание наиболее мелких фракций.

Другим важным фактором, влияющим на окомкование, является содержание влаги в шихте, которую определяют экспериментально и количество ее составляет порядка 10%, а это в объеме шихты больше чем количество известняка и бентонита вместе взятые.

В связи с длительным поступлением и накоплением в хвостохранилище СевГОКа высокоминерализованной шахтной воды (более 35 лет), что привело к увеличению жесткости технологической воды в фильтруемой пульпе и, следовательно, в жидкой фазе кека концентрата с 8,5 мг-экв/л до 85 мг-экв/л в 2014 г., что более чем в 10 раз превышает начальный показатель (проектный). а в отдельные месяцы превышает 90 мг-экв/л, в результате чего снизилась эффективность использования связующих свойств бентонита, так как в жидкой фазе повышенной жесткости бентонит диспергирует очень плохо вследствие протекания ионообменных процессов (замещение ионов щелочных металлов в составе бентонита ионами щелочно-земельных элементов жидкой фазы).

Среднемесячные колебания по жесткости составляют достаточно высокий разброс: +/- 5-15 мг-экв /л. Жесткость оборотной воды в течение года возрастает в летние месяцы в мае с 70-75 мг-экв/л до 83-95 мг-экв/л в августе месяце.

© Пильщиков И.В., Губин Г.Г., 2015

Минерализация также выросла более чем в 10 раз. Количество хлоридов выросло более чем в 20 раз, сульфатов более чем в 3 раза.

Анализ приведенных в литературе базовых исследований о роли высокоминерализованных вод в окомковании показал, что их влияние на металлургические свойства окатышей практически не рассматривалось. Как правило, исследователи основное внимание уделяли технологии получения сырых окатышей, изучению процессов, происходящих в области высоких температур при термообработке окатышей, а вопросы качества воды и ее роль в этих процессах считались второстепенным.

Сырые окатыши должны обладать достаточной прочностью во избежание деформации и разрушения при их доставке к обжиговому агрегату. а также хорошей термостойкостью, т.е. способностью не разрушаться при обжиге. Для усиления этих свойств в шихту окатышей вводят связующие добавки. Наибольшее распространение в производстве нашел бентонит, - это глины, отличающиеся тонкой дисперсностью, ионообменной способностью, высокой степенью, набухаемости при увлажнении, связностью, способностью постепенно выделять воду при нагреве. При увлажнении бентонит интенсивно поглощает воду, увеличиваясь в объеме в 15-20 раз. Выбор бентонита обусловлен его способностью при увлажнении образовывать гели с чрезвычайно развитой удельной поверхностью (600-900 $м^2/г$), которая примерно в 7 раз больше поверхности частиц других сортов глины. Бентонит увеличивает пористость сырых окатышей, что благоприятно сказывается на скорости удаления влаги во время сушки окатышей без снижения их прочности. Однако, необходимость значительных расходных дозировок (0,5-1,5 %) до 2% при использовании глины вскрышных пород приводит к снижению общего содержания железа. Интенсивность набухания глин зависит от минерализации воды, с которой они контактируют. Чем больше минерализация, тем меньше степень набухания. На интенсивность набухания влияет и валентность катионов. Скорость и объем набухания, как уже отмечалось выше, в значительной степени зависят от обменного комплекса глин.

Гидратация и набухание глинистых частиц играет важную роль в процессах диспергирования, следовательно, чем легче диспергирует глина, тем меньше ее расход для приготовления единицы объема с заданными реологическими характеристиками.

Другим аспектом, сдерживающим эффективность использования только бентонита, является его слабая относительная роль в формировании поровой структуры окатыша. Последнее, в значительной мере, определяет как закономерности окисления окатышей при их подготовке, так и восстановление при последующем металлургическом переделе.

Основное влияние на работу обжиговых машин и, как следствие, на качество и количество обожженных окатышей, расход топливно-энергетических ресурсов, оказывает качество сырых окатышей и их влажность. Эти показатели определяются качеством концентрата по влажности, (допустимые отклонения ±0,2%), его крупностью, удельной поверхностью, и содержанием железа. Одним из важных факторов в существующих условиях является качество связующих добавок. Повышенная влажность концентрата и снижение вяжущих свойств добавок приводят к производству некондиционных сырых окатышей и ухудшению процесса сушки. Сырые окатыши имеют повышенную шероховатость, большое содержание класса -5 мм, в том числе и за счет разрушения крупных классов, что в свою очередь, повышает газодинамическое сопротивление слоя и приводит к выдуванию агрессивных газов, содержащих хлористые и сернистые соединения, через уплотнения машины в корпус фабрики, ухудшая термообработку окатышей, условия труда, вызывая интенсивную коррозию технологического оборудования, газоочисток, металлоконструкций, для защиты от которой необходимо применять только краски содержащие полимерные композиции.

Одной из причин, сдерживающих рост производительности обжиговых машин и качества производимой продукции является:

недостаточная прочность сырых окатышей, повышенная массовая доля некондиционных по крупности окатышей;

уменьшение живого сечения колосниковой решетки обжиговых тележек, вследствие забивания зазоров между колосниками рудной пылью с цементирующей связкой;

В процессе термообработки окатышей хлориды частично возгоняются и уносятся с отходящими газами, конденсируясь по пути прохождения, в первую очередь на колосниках, а затем, по направлению газового потока, на стенках вакуум-камер, коллекторов, вентиляторов. Уста-

новлено, что с одной тонной сырых окатышей на обжиговую машину поступает более трех килограммов хлоридов и сульфатов кальция, магния, натрия, а в сутки более 35 т.

Налипший материал представляет собой плотную массу серого цвета, который прочно сцеплен с поверхностью и имеет форму налета. В их поры попадают возгоны и водные растворы солей хлора, серы, способствующие не только окислению, но и цементации продуктов окисления. В процессе непрерывной работы обжиговой машины этот цикл многократно повторяется, что приводит к постепенному зарастанию колосниковой решетки. Для частичного снижения влияния этого фактора проектом предусмотрено устройство механической очистки колосников обжиговых тележек ударного действия, что приводит, в свою очередь, к разрушению части колосников и их выпадению, а также снижает срок службы обжиговых тележек.

Повышенная влажность концентрата и низкий гранулометрический состав сырых окатышей снижают температуру теплоносителя в вакуум-камерах, повышает его влагосодержание, что и далее интенсифицирует процесс залипания колосникового поля.

Анализ результатов оборотной технической воды, которая идет на обогащение руды и затем в составе кека концентрата попадает на его окомкование, показал, что увеличение солей жесткости происходило за все время сброса шахтных вод в хвостохранилище СевГОКа в среднем на 2,5-3,7 мг-экв./л в год. В последние годы прирост солей жесткости увеличился в 2000 г. от (36,68 мг-экв./л) до (84,95 мг-экв./л) в 2013 г., т.е. на 48,27 мг-экв./л, а в отдельные месяцы она превышает 100 мг-экв./л. Количества хлоридов и сульфатов выросло почти в два раза.

Это говорит о том, что с углублением шахтных выработок постоянно увеличивается и накапливается количество солей жесткости в сбрасываемой в хвостохранилище воде и происходит ее дальнейшая минерализация. При достижении глубины шахт 1,5-2 км, по прогнозу гидрогеологов, положение еще более ухудшится, начинаются высококонцентрированные соляные рассолы. Шахтами вскрыты хлоридные рассолы о минерализацией до 143 г/л. Рассолы, являясь частью общешахтных водопритоков, определяют повышенную минерализацию шахтных вод, [10]. Изложенное позволяет сказать, что не только применяемая на практике активация (модификация) глины, но и активация оборотной воды для извлечения ионов жесткости (Ca, Mg) из кека концентрата для фабрик окомкования в настоящее время играет более важную и актуальную роль, чем несколько лет назад. Так например, если максимум набухания у бентонитовой глины в пресной воде больше первоначального в 18-20 раз, то в соленой воде он в 10 раз меньше.

Активация глинистых материалов происходит за счет изменения их коллоидно-химических свойств. Основным процессом при активации глины является замена двухвалентных ионов кальция и магния на одновалентный ион щелочного металла.

Обычно для активации глин используется кальцинированная сода. Важным моментом является не только необходимость вводить оптимальное количество соды в среднем по отношению к массе глины, но и равномерность ее дозирования и распределения, ко всему объему глины, так и в микрообъеме ее частиц. Для условий СевГОКа это хорошо опробовано и достигается «сухим» методом активации путем механического перемешивания соды с бентонитовой глиной в определенной пропорции в аэросушильной системе с мельницей Ш-50А.

Активация в этом случае происходит за счет естественной влажности подсушенной глины.

Существенным преимуществом выбранного метода активации по отношению к другим является его максимальная приближенность к производственным условиям, простота аппаратурного оформления, возможность создания одинаково оптимальных технологических условий активации и сравнительно невысокая себестоимость процесса.

Лабораторные исследования по активации воды (умягчению) подтвердили высокие свойства солей фосфатов натрия по замещению обменного катиона кальция и магния ионами натрия.

Для подтверждения и реализации предложенной концепции был проверен реагент- активатор с водоумягчающими свойствами решающий три задачи:

активация (модификация) вскрышной глины Первомайского

активация (умягчение) воды в кеке концентрата для извлечения ионов жесткости (Ca и Mg).

снижение влияния зарастания колосниковой решетки за счет улучшения качества сырых окатышей, улучшения термообработки окатышей на обжиговой машине.

Органическое полимерное связующее на основе Na-карбоксилметилцеллюлозы применено для улучшения связующих свойств шихты и ее комкуемости. Растворы натриевой соли карбоксилметилцеллюлозы в воде характеризуются высокой вязкостью. При добавлении низкомолекулярной фракции к раствору высокомолекулярной фракции вязкость уменьшается, несмотря на увеличение концентрации полимера. В водном растворе данный полимер является полиэлектролитом. Данный полимер производится на целлюлозной основе. В связи с тем, что основное сырье- целлюлоза имеется в большом количестве, предполагается, что в будущем его стоимость, по сравнению с синтетическими полимерами, будет умеренной. Преимущество связующего этого типа заключается в том, что оно не токсично и продукты высокотемпературного обжига практически полностью состоят из CO_2 и H_2O, не содержат элементов, которые могут снижать качество чугуна, например, серы и фосфора. Это связующее можно добавлять к концентрату как в виде раствора, так и в сухом виде. Надо учитывать, что эффективность полимера падает в минерализованных системах, поэтому его используют в комбинации с другими реагентами или предпочитают крахмальные (например, крахмал модифицированный или декстрин).

В ходе эксперимента отрабатывался режим составления исходной смеси реагента- активатора с глиной для подачи на окомкование в соотношении 1:10.

В результате дозирования удалось достичь соотношения реагент- активатор к глине 1:11. Процесс измельчения смеси с глиной проходил удовлетворительно в режиме измельчения глины Первомайского месторождения.

Снижение показателя гранулометрического состава смеси по отношению к гранулометрическому составу глины обусловлено положительным влиянием физико-химических свойств реагента-активатора на флокуляцию материала.

Таблица 1

Параметры измельчения активирующей смеси и глины в период промышленных испытаний

Контролируемые параметры	Опытный период
Массовая доля влаги:	
глины, %	28,5
Водоумягчающий реагент- активатор, %	12,5
смеси, %	27,5
Параметры работы мельницы	
производительность мельниц, т/ч	12,44
глины, т/ч	11,60
Водоумягчающий реагент- активатор, т/ч	0,88
температура отходящих газов, °С	80-90
расход природного газа, $м^3$	430-450
ситовый анализ, %	81,2-89,2
влажность материала, %	1,5-2,91

Снижение показателя гранулометрического состава смеси по отношению к гранулометрическому составу глины обусловлено положительным влиянием физико-химических свойств реагента-активатора на флокуляцию материала.

Дозирование компонентов шихты осуществлялось исходя из заданного соотношения для обеспечения требуемого модуля основности = 0,5 ед., дозирование смеси реагент-активатор–глина при этом не вызывало никаких затруднений.

В табл. 2 приведены удельные расходы компонентов шихты при среднем показателе расхода смеси за основной период работы – 3,6 кг/т.

Таблица 2

Удельные расходы компонентов шихты

Наименование показателя	Базовый период	Опытный период	Отклонение
Удельный расход (по сухому)			
концентрата, кг/т	930,57	937,64	+ 7,07
известняка, кг/т	67,92	65,8	- 2,12
бентонита, кг/т	10,00	3,27	- 6,73
Водоумягчающий реагент- активатор, кг/т	0	0,33	+ 0,33
Удельный расход (с учётом влаги и мех. потерь)	1071,55	1079,21	+ 7,66
концентрата, кг/т	76,86	74,47	- 2,39

известняка, кг/т		5,23	- 10,41
бентонита, кг/т	15,64	0,4	+ 0,4
Водоумягчающий реагент- активатор, кг/т	0		

Как видно из представленных данных удельные расходы компонентов шихты опытного и базового периода имеют отличительные характеристики, из которых можно сделать выводы:

Добавка данного реагента-активатора в количестве 0,4 кг на 1 т окатышей позволил в три раза снизить расход не активированной (вскрышной) глины Первомайского карьера комбината для производства окатышей, улучшить качество сырых и обожженных окатышей. Установлено положительное влияние реагента-активатора на свойства технической воды, используемой при окомковании шихты: снижается жесткость, окисляемость воды; повышается pH воды;

Прирост железа составил 0,45 %; Снизился удельный расход известняка на 2,4 кг/т; Снизился удельный расход природного газа на термообработку сырых окатышей на 1.2 $м^3$/т и на сушку глины на 0,63 $м^3$/т. Производительность чашевых окомкователей увеличилась на 20-30 %. Снизился расход электроэнергии на 2,874 кВТ·час/т;

повысилась комкуемость шихты при низком удельном расходе глины и возможность окомкования при относительно высокой или низкой влажности концентрата;

Реагент- активатор, изменяет ионный состав и физико-химические свойства технической воды, что дополнительно сказывается на комкующей способности железорудного концентрата, активирует нерудную составляющую концентрата, активирует бентонитовое связующее и используемый в некоторых случаях торф, а также сам обладает связующими свойствами. За счёт повышенной скорости миграции воды при окомковании обусловливает возрастание процесса зародышеобразования, при значительном уменьшении расходов связующего.

Продукты высокотемпературного разложения состоят из диоксида углерода и водяного пара. Водоумягчающий реагент-активатор не уступает по эффективности действия аналогичным импортным связующим, таким как Перидур (Акзо Нобель, Швеция) и применяется примерно в одинаковых количествах.

Для уточнения технико-экономических показателей, необходимо продолжить работу по совершенствованию и выбору новых солеустойчивых полимерных комбинаций связующих, а также выполнить оптимизацию технологического процесса в новых условиях.

Список литературы

1. **Бережной Н.Н.; Губин Г.В., Дрожилов Л.А.** Окомкование тонкоизмельченных концентратов железных руд – М.: Недра, 1971. - 176 с.

2. **Губина В.Г.** Применение карбоксилметилцеллюлозы как связующей добавки при производстве окатышей – В сб. ст. КТУ. - Кривой Рог. - СП «Орбита».

3. **Коротич В.И.** Теоретические основы окомкования железорудных материалов – М.: Металлургия, 1966. - 150 с.

4. Исследования электрокинетических свойств шихтовых материалов для производства железорудных окатышей / **Ф.М. Журавлев, А.М. Чернышов, Г.В. Губин, А.В. Пе**тров. – Известия АН СССР «Металлы», 1971. - №1. - С. 5-10

5. **Губин Г.В.** Определение качества бентонитовых глин – Черметинформация; Серия 3; Инф. №10, М.:1968, С. 13-16.

6. **Горбачев В.А., Евстюгин С.Н., Мальцева В.Е.** и др. - Сталь, 2002. - №4. - С. 15-16.

7. **Уляшева Н.М.** Технология полимерных буровых растворов Текст: учеб. пособие для вузов / **Н.М. Уляшева**. – Ухта: Ухтанефтегазгеология, 1992. – 92 с.

8. **Журавлев Ф. М., Мерлин А. В., Федоров О. Г.** и др. // Металлург. 1987. №4. С. 16-18.

9. **Савельев С. Г., Чижикова В. М.** Связующие добавки в процессе окускования железорудного сырья (Сер. Подготовка сырьевых материалов): Обзор, информ. / Ин-т "Чермет-информация". - М.: 1986. Вып. 1.

10. **Соболев. В И.** Геохимия и генезис подземных рассолов Криворожского железорудного бассейна. Дисс. канд. геолого-минералог. наук.1984.

11. Изучение возможности производства железорудных окатышей с применением комбинированных органо-неорганических связующих. **Тарнавский М. А., Журавлев Ф. М., Губин Г. В. и др**. // Деп. в ГНТБ Украины 24.11.94, №2195-Ук94.12 с.

12. Производство офлюсованных окатышей с использованием различных связующих добавок / **О.Г.Федоров, С.Г.Савельев, В.Н.Соломаха и др**. // Металлургическая и горнорудная промышленность, 1985, № 3, с.60-62.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.15

УДК 697.329

А.Д. ЧЕРЕДНИК, аспирант, А.А. РЕДЬКО, д-р техн. наук, проф.,
А.В. ГВОЗДЕЦКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЛУЧИСТОГО ОТОПЛЕНИЯ С НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМИ ВОДЯНЫМИ ПАНЕЛЯМИ

В данной статье рассматривается проблема энергосбережения, которая является одной из важнейших для строительного комплекса Украины. Одним из вариантов энергосберегающих технологий является применение потолочного водяного панельно-лучистого отопления. Использование потолочных инфракрасных излучающих панелей является наиболее эффективным при отоплении: промышленных помещений; автосалонов; торговых залов; аэровокзалов; ангаров; спортивных залов; автомоек; бассейнов; влажных помещений; трибун; офисов; гостиничных номеров; коттеджей. В статье описана система потолочного лучистого водяного отопления, приведены основные преимущества данной системы. Так же был проведен анализ существующих публикаций, материалов, методик расчета водяных отопительных панелей. Были рассмотрены и приведены общие требования к проектированию систем панельно-лучистого отопления. На базе кафедры теплогазоснабжения вентиляции и использования вторичных энергоресурсов была спроектирована и смонтирована экспериментальная установка с использованием подвесной лучистой отопительной панели, которая позволяет смоделировать фрагмент системы радиационного водяного отопления. В результате экспериментально полученных данных и их дальнейшей математической обработки было получено уравнение регрессии радиационного потока в зависимости от температуры теплоносителя и высоты помещения. Результаты экспериментов и обработки данных показали эффективность использования потолочного лучистого водяного отопления в производственных и административных помещениях.

Ключевые слова: лучистое отопление, плотность теплового потока.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Одним из прогрессивных методов отопления помещений больших объемов является лучистое отопление, которое, по сравнению с классическим паровым и газовым отоплением, требует значительно меньших затрат.

В качестве теплоносителя в потолочных излучающих панелях используется тёплая или горячая вода (от 40 до 120°С), которая передаёт тепло трубам и излучающему экрану. Нагретый экран начинает излучать волны в инфракрасном диапазоне. Так как потолочная панель покрыта сверху изоляцией, всё излучение идёт только вниз. Волны при соприкосновении с телами и поверхностями в помещении преобразуются в тепло. Нагретые таким образом тела также в свою очередь начинают излучать тепло, а также передавать его воздуху посредством конвекции. За счёт этого в помещении достигается ровный температурный профиль.

Потолочные излучающие панели характеризуются низкой тепловой инерционностью и обеспечивают короткое время реагирования, что позволяет существенно уменьшить энергозатраты. Поскольку инфракрасное излучение проходит сквозь воздух практически без потерь энергии (оно не нагревает воздух), а превращается в тепло непосредственно в рабочей зоне, такой вид отопления является наиболее эффективным и экономичным для помещений с большой высотой потолка. Также потолочное лучистое отопление незаменимо при зональном отоплении, например, в цехах, где часть площади занимают станки, и необходимо отапливать лишь проходы, в которых работают люди.

Преимущества лучистого водяного отопления:

равномерное комфортное распределение тепла;

очень долгий срок службы;

практически полное отсутствие затрат на техническое обслуживание;

отсутствие сквозняков и перемещения пыли благодаря сведению конвекционных процессов к минимуму;

совершенно бесшумная работа системы;

возможность применения альтернативных источников энергии (тепловых насосов) и техники максимального использования теплоты сгорания топлива (рекуператоров тепла);

нет неэффективного расхода тепла из-за перепадов температуры (теплая крыша и холодный пол), вертикальный градиент температуры менее 0,3 К на метр высоты помещения;

© Чередник А.Д., Редько А.А., Гвоздецкий А.В., 2015

экономия пространства: ничем не загороженные пол и стены;

простое и эффективное регулирование системы, короткое время реагирования за счет небольшого объема воды;

специальные исполнения, дополнительные функции освещения и шумопоглощения;

высококачественная покраска поверхности методом нанесения порошковой эмали в электростатическом поле с последующим обжигом в высокотемпературных печах.

Использование потолочных инфракрасных излучающих панелей является наиболее эффективным при отоплении: промышленных помещений; автосалонов; торговых залов; аэровокзалов; ангаров; спортивных залов; автомоек; бассейнов; влажных помещений; трибун; офисов; гостиничных номеров; коттеджей.

В системах отопления производственных и административных помещений, спортивных зданиях, находят применение водяные панели различных фирм-производителей Италии, Германии и др.

Анализ публикаций, материалов, методов. Для оценки параметров систем лучистого отопления необходимо выполнить подробный расчет распределения лучистого тепла по внутренним поверхностям помещений, а также определять уровень облученности находящихся в них людей или животных с учетом закономерностей лучистого теплообмена. Наиболее полно закономерности лучистого теплообмена применительно к задачам строительной теплофизики рассмотрены В.Н. Богословским. Так, в монографии «Строительная теплофизика» [1] приведены основные зависимости и данные о распределении лучистого тепла по внутренним поверхностям ограждающих конструкций. В технической и справочной литературе, например [2-4,], имеются формулы и графики для расчета угловых коэффициентов облучения для конкретных условий взаимного расположения поверхностей, участвующих в теплообмене. Непосредственное использование этих формул для расчетов распределения лучистого тепла по поверхностям помещений весьма трудоемкая работа даже для компьютерных расчетов. Для упрощения расчетов предложены вспомогательные материалы (таблицы, графики). Однако эти методики весьма сложны и разработаны для определенных типов нагревательных панелей, параметров теплоносителя и т.д. Поэтому применение их для практических расчетов зачастую не представляется возможным. Так в [5] были исследованы тепловые режимы панельных трубчатых излучателей с температурой 100-250 °С для водяных и тепломасляных систем радиационного отопления.

Общие требования к проектированию систем панельно-лучистого отопления:

Системы отопления должны быть рассчитаны на обеспечение в отапливаемых помещениях при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства и в течение отопительного периода температуры внутреннего воздуха в допустимых пределах, установленных в ГОСТ 30494-96 для жилых и общественных зданий и в ГОСТ 12.1.005-88 для административно-бытовых и производственных зданий, а также с учетом требований СНиП 41-01-2003.

Температуру теплоносителя следует принимать не менее чем на 20 % ниже температуры самовоспламенения веществ, находящихся в помещении. Горячие поверхности отопительного и вентиляционного оборудования, трубопроводов и воздуховодов, размещаемых в помещениях, в которых они создают опасность воспламенения газов, паров, аэрозолей или пыли, следует изолировать, предусматривая температуру на поверхности теплоизоляционной конструкции не менее чем на 20 % ниже температуры их самовоспламенения.

Отопительное и вентиляционное оборудование, трубопроводы и воздуховоды не следует размещать в указанных помещениях, если отсутствует техническая возможность снижения температуры на поверхности изоляции до указанного уровня.

Температуру поверхности панелей для обогрева отдельных рабочих мест не следует принимать выше 60°С.

Система отопления должна быть рассчитана на постоянное рабочее давление теплоносителя, но не менее 0,4 МПа при расчетной температуре теплоносителя.

Пробное давление воды превышает рабочее давление в системе отопления в 1,5 раза, но не менее 0,6 МПа при постоянной температуре воды 95°С.

Система считается выдержавшей испытание, если в течение 5 мин, когда она находится под пробным давлением, потери давления не превысят 0,02 МПа и будет отсутствовать тяга в сварных швах, трубах, резьбовых соединениях, арматуре, отопительных приборах и оборудовании.

Комфортные параметры микроклимата при использовании систем панельно-лучистого отоп-ления следует принимать по ГОСТ 30494-96 и СНиП 41-01-2003.

Результирующую температуру помещения при использовании систем панельно-лучистого отопления на постоянных рабочих местах принимают равной нормируемой температуре воздуха в обслуживаемой зоне помещения.

При этом температура воздуха в обслуживаемой зоне помещения не должна быть более чем на 3°С ниже результирующей температуры помещения, а поверхностная плотность лучистого теплового потока на рабочем месте не должна превышать 35 Вт/м^2.

Значение температурного напора при отоплении может быть рассчитано арифметически или может быть взято из таблиц [1]

$$t_i = t_E = \frac{(t_U + t_L)}{2}\ ;; \qquad \Delta t_{uber} = \frac{(t_{HVL} + t_{HRL})}{2},$$

где t_i=t_E - температура в помещении (°С) - ощущаемая температура (°С); t_U - температура ограждающих конструкций (°С) - среднему арифметическому температур поверхностей предметов в помещении и температуры ограждающих поверхностей (°С); t_L - температура воздуха (°С); Δt_{uber} - температурный напор при отоплении (К); t_{HVL} - температура подающей линии при отоплении (°С); t_{HRL} - температура обратной линии при отоплении (°С).

Цель и постановка задачи исследования. Целью исследования предполагалось получить зависимость плотности радиационного потока Е от температуры теплоносителя и высоты подвеса панели. На базе кафедры теплогазоснабжения вентиляции и использования вторичных энергоресурсов ХНУСА была спроектирована и смонтирована экспериментальная установка с использованием потолочной панели фирмы Zenhder (рис.1).

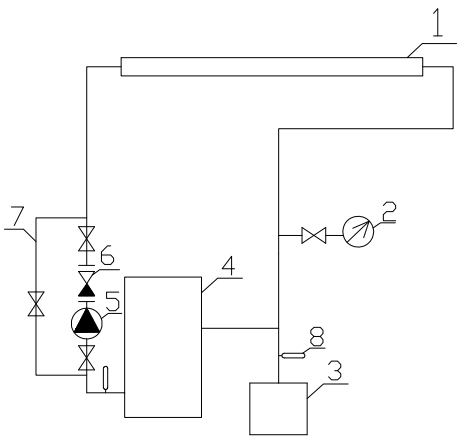

Рис. 1. Экспериментальная установка системы лучистого отопления: *1*- панель лучистого отопления; *2*- водомер горячей воды; *3* - расширительный бак; *4*- котел; *5* - циркуляционный насос; *6*- фильтр; *7*- байпас; *8*- термометр)

Характеристики отопительной панели: ширина - 320 мм; длина 3000 мм; материал панели - сталь; максимальная рабочая температура - 120 °С ; максимальное избыточное рабочее давление - 10 бар. Данная установка позволяет смоделировать фрагмент системы радиационного водяного отопления, применить известные в этой области методики испытаний, получить экспериментальные данные, которые можно будет использовать для усовершенствования лучистого отопления.

Результаты и их обсуждение.Были получены експериментальные данные плотности радиационного потока Е.

С помощью радиометра энергетической освещенности РАТ-2П были измерены плотность радиационного потока в зависимости от температуры теплоносителя и высоты подвеса панели, мощность системы в зависимости от температуры воды.

Так же были проведены температурные измерения воздуха в рабочей и нерабочей зонах.

Результаты экспериментально полученных данных значения плотности радиационного потока *E* в зависимости от температуры теплоносителя и температуры помещения представлены в табл. 1 и на рис. 2,3.

Таблица 1

Экспериментальные данные значения Е Вт/м²

h, м / *t*, °С	1	1,5	2	2,5	3
50	26	16	11	8	7
60	33	21	14	9	8
70	45	25	15	10	8
80	52	31	17	12	10
90	65	39	27	19	15

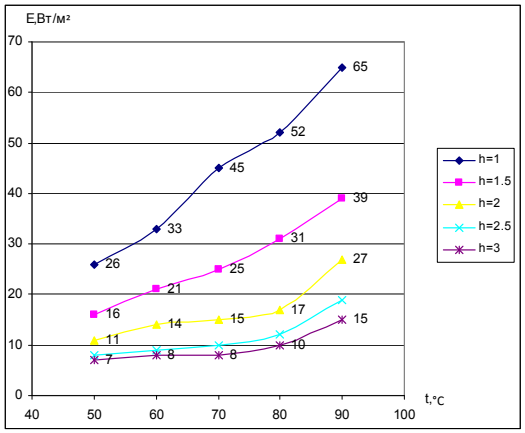

Рис. 2. Значение плотности теплового потока в зависимости от температуры теплоносителя

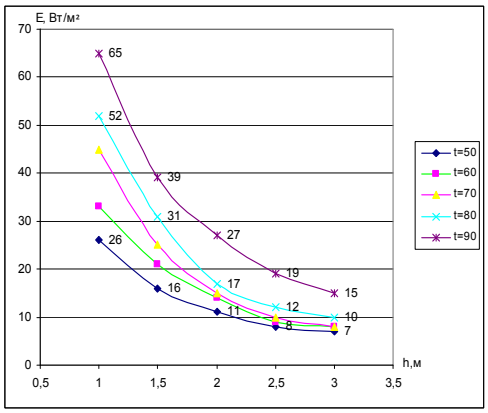

Рис. 3. Значение плотности теплового потока по высоте помещения

В результате экспериментов и математической обработки данных было получено уравнение регрессии радиационного потока от температуры теплоносителя и высоты помещения, Вт/м^2

$$E=t\cdot 1{,}193887+h^{-1}\cdot 30{,}489+t\cdot h^{-1}\cdot 0{,}23045+7{,}06636.$$

Точность полученного уравнения регрессии находится в пределах ±10%.

Диапазон изменения переменных: $50\le t\le 90$ °C ; $0\le h\le 3{,}5$ м.

Выводы. Результаты экспериментов и обработки данных показали эффективность использования потолочного лучистого водяного отопления в производственных и административных помещениях, получено уравнение регрессии зависимости плотности теплового потока от температуры теплоносителя и высоты помещения.

Для обеспечения дальнейшего расширения использования энергосберегающих систем инфракрасного отопления производственных помещений больших размеров, а также дальнейшего повышения их эффективности, целесообразно дополнительно провести комплекс специальных теоретических и экспериментальных исследований для получения единой экспериментально-проверенной и адаптированной для условий Украины методики их расчета.

Список литературы

1. **Абакумов В.А.** Перспективы систем инфракрасного отопления **/В.А. Абакумов, Т.В.Коваль** //Промышленная энергетика. 2002. – №4. – С.35-37.

2. Инфракрасные системы отопления //МТТ. Мир техники и технологий. – 2005. –№8. – с. 66-67.

3. **Шумилов Р.Н.** Лучистое отопление – мифы и реальность /Р.Н.Шумилов, Ю.И.Толстова, А.А. Поммер // С.О.К. Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2006. – № 1. – С. 56,58.

4. **Богословский В.Н**. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Учебник для вузов. — М.: «Высшая школа», 1982. — 415 с.

5. **Банхиди А., Мачкаши Л.** Лучистое отопление. – М.: Стройиздат, 1985. – 464 с.

6.**Исаченко В.П.,Осипова В.А**., Сукомел А.С. Теплопередача.— М.: «Энергия», 1981. — 416 с.

7. Справочник проектировщика. Внутренние свнитарно-технические устройства. 4.3. Отопление. Под ред. **И.Г. Староверова и Ю.И.Шиллера.** – М.: Стройиздат, 1990. – 422 с.

85.Шумилов Р.Н.,Толстова Ю.И., Поммер А.А. Совершенствование методики расчета инфракрасного отопления. Материалы международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». – М: Изд. МГСУ, 2005. – 107-112 с.

9. **Видиборец Н.М.** Панельные трубчатые излучатели для систем радиационного отопления и охлаждения//Научно-техничный сборник: КНУСА, 2011. -вып. 11. — с. 37-42.

10. Zenhder ZBN. Система потолочного отопления и охлаждения. Техническая документация.— 62 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 622.257.1

А.В. СОЛОДЯНКИН, д-р техн. наук, проф.,
М.А. ВЫГОДИН, В.В. КОВАЛЕНКО, кандидаты техн. наук, доц.,
В.С. ГАРКУША, А.З. ПРОКУДИН, аспиранты
ГВУЗ «Национальный горный университет»

ТАМПОНАЖНЫЕ И ТОРКРЕТ-БЕТОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Предложено комплекс мероприятий относительно технологии подземной переработки шахтных пород Западного Донбасса. Приведено анализ строительных смесей, опыт использования которых имел место на шахтах Западного Донбасса. Выполнен подбор гранулометрического состава тампонажных и торкрет-бетонных материалов на основе шахтных пород исходя из классических рекомендаций для тяжелых бетонов. Сделаны выводы относительно степени дробимости использованных пород и приведены данные относительно выхода каждой фракции в процентах по массе. Выполнено подбор рациональных составов тампонажных и торкрет-бетонных смесей на основе слабых шахтных пород. Исследованы реологические свойства тампонажных смесей и физико-механические свойства тампонажного и торкрет-бетонного камня. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках тампонажных и торкрет-бетонных смесей на основе шахтных пород по сравнению с ранее использованными материалами (цементно-песчаный раствор, ангидрит, фосфогипс). Оценка качества тампонажных растворов на основе шахтных пород проводилось по степени устойчивости к процессу седиментации, прокачиваемости насосными установками, водоудерживающей способности. Получены закономерности относительно кинетики твердения тампонажных и торкрет-бетонных материалов. Даны рекомендации относительно оптимальных составов тампонажных и торкрет-бетонных смесей.

Ключевые слова: тампонаж, торкрет-бетон, шахтная порода, плотность, прочность при сжатии, прочность при изгибе

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В рамках программы развития угольной промышленности Украины на период до 2030 года, уровень добычи угля на шахтах Западного Донбасса будет значительно повышаться. В связи с этим необходимо разработать комплекс мероприятий по обеспечению надежного и эффективного выполнения всех операций технологического цикла. Одним из главных направлений повышения эффективности горных работ является совершенствование технологий проведения, крепления и поддержания протяженных горных выработок, а также поиск решений, которые позволят минимизировать затраты на выполнение данных технологических операций.

Анализ исследований и публикаций. Известно, что около 70% угольных шахт Западного Донбасса, не смотря на небольшую глубину ведения работ, по комплексному показателю условий разработки относятся к категориям больших глубин [1]. Зачастую это связано с наличием ряда различных осложняющих факторов, основным из которых являются слабые, неустойчивые вмещающие породы [2].

При проходке выработок в данных условиях очень тяжело обеспечить их устойчивость на весь период эксплуатации с помощью одного какого-либо типа крепи, из-за этого возникает необходимость применения комбинированного крепления.

Для долговременного обеспечения устойчивости и безремонтного поддержания выработок в тяжелых горно-геологических условиях Западного Донбасса в качестве основного и наиболее эффективного типа комбинированного крепления используют рамную крепь арочной формы с тампонажем закрепного пространства (ТЗП) [3].

Данная технология была разработана и получила широкое распространение еще в 70-х годах прошлого века [4,5]. На данный момент условия разработки угольных месторождений значительно ухудшились (увеличилась глубина разработки, в большей степени, для выработок подвергающихся под- и надработке и т.д.). В связи с этим оптимизация технологических параметров возведения крепления с ТЗП является актуальной задачей и в настоящее время.

Постановка задачи. На многих шахтах Западного Донбасса применяется следующая технология крепления горных выработок: в качестве опалубки при ТЗП используются межрамные ж/б затяжки. Для герметизации щелей между рамами и затяжкой, а также между смежными затяжками выполняются пикотажные работы цементным раствором.

Данная операция выполняется вручную и является довольно трудоемким длительным процессом и, как следствие, ТЗП значительно отстает от проходческого забоя. При рассматриваемой технологии это чревато деформациями затяжки и элементов крепи (рис. 1), что в дальней-

© Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Коваленко В.В., Гаркуша В.С., Прокудин А.З., 2015

шем усложняет, а в некоторых местах делает невозможным проведение пикотажа без дополнительных ремонтных работ.

Поэтому нами предложен комплекс мероприятий, включающий процесс торкретирования, который позволит механизировать данную операцию. Применение упомянутой технологии позволит значительно повысить скорость выполнения тампонажных и пикотажных работ, и даст возможность сократить расстояние проведения ТЗП от забоя выработки [6,7].

Изложение материала и результаты. При проведении тампонажных и торкрет-бетонных работ применяют различные твердеющие и быстротвердеющие смеси. Они различны по используемым сырьевым компонентам, гранулометрическому составу и соотношению компонентов смеси. Выбор сырьевых компонентов во многом зависит от принятой технологии проведения работ. Так для гидромеханического способа нанесения больше подходят медленно твердеющие смеси, так как в этом случае нет опасности, что смесь схватится в шлангах бетономашины во время проведения технологической операции, тогда как при пневматическом способе использование быстротвердеющих смесей более приемлемо.

Рис.1. Деформация межрамных затяжек

На шахтах Западного Донбасса существует опыт использования быстротвердеющих смесей на основе гипсо-ангидритового и фосфогипсового вяжущего [8,9]. Использование этих компонентов имеет определенные сложности связанные как со свойствами самой смеси, так и со свойствами готового материала.

При нанесении материала пневматическим способом возникают трудности со смачиванием порошкообразного вещества (ангидрита, фосфогипса) в сопле установки, так как из-за большой удельной поверхности (1200 г/см^2) требуется большее количество воды, чем при использовании традиционного цементно-песчаного раствора.

Недостаток воды приводит к неоднородности материала, нанесенного на стены выработки, к значительным потерям и пылеобразованию, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда.

Устранить этот недостаток можно только введением в смесь гранулированного шлака металлургического производства, поскольку использование природного кварцевого песка является нежелательным, так как приводит к увеличению затрат на сырьевые компоненты смеси.

С другой стороны использование песка в качестве заполнителя приводит к повышению прочностных характеристик готового материала, а прочность при сжатии может достигать 16-28 МПа.

Готовый материал на основе смешанного гипсо-ангидритового вяжущего и гранулированого шлака обладает низкой прочностью: в возрасте 7 суток прочность при сжатии составляет 3,4-3,8 МПа, при изгибе - не более 3,0 МПа; в возрасте 28 суток прочность при сжатии - 4,7-7,45 МПа, при изгибе - 3,1-4,7 МПа. Также данный материал чувствителен к воздействию воды – во

влажном состоянии прочность при сжатии составляет 2,1-4,23 МПа, коэффициент размягчения 0,11-0,52, водопоглощение - 19,7-34,9%.

Ангидритовые и фосфогипсовые вяжущие вещества не являются дефицитным и дорогостоящим сырьем, однако из-за ряда недостатков они не нашли широкого применения на шахтах Донбасса.

При подборе состава твердеющей смеси и ее сырьевых компонентов следует учитывать не только ее реологические и физико-механические свойства и свойства готового материала, но и объем затрат на покупку сырьевых материалов, их доставку на горнодобывающее предприятие и непосредственно к месту проведения тампонажных и торкрет-бетонных (набрызгбетонных работ) и т.п.

На шахтах Донбасса и за рубежом также широко применяются твердеющие смеси на основе различных отходов промышленности: золы ТЭС, гранулированные и гидравлически активные шлаки металлургических комбинатов [10,11], горелые породы угольных шахт.

В зарубежной практике в качестве сырьевых компонентов широко применяют тонкоизмельченный стеклянный бой, который способен вступать в реакцию с цементными новообразованиями [12,13].

В связи с этим нами была исследована возможность использования смеси пород шахты им. Героев Космоса ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» в качестве мелкого и крупного заполнителя для тампонажных и торкрет-бетонных (набрызгбетонных) смесей.

Использованные породы представлены смесью аргиллитов и алевролитов.

В ходе проведения исследований также применялся цемент ПЦ I М500 и природный кварцевый песок с модулем крупности 1,26.

Цель работы. Определение реологических и физико-механических свойств тампонажных и торкрет-бетонных смесей, приготовленных с использованием пустых пород угольных шахт в качестве мелкого и крупного заполнителя.

Задачи исследования. 1. Исследовать возможность максимального использования пустой породы в качестве заполнителя взамен природного кварцевого песка.

2. Подобрать оптимальный гранулометрический состав мелкого и крупного заполнителя для тампонажных и торкрет-бетонных смесей.

3. Экспериментально определить реологические свойства тампонажных смесей и прочностные показатели тампонажного камня.

4. Экспериментально определить прочностные показатели торкрет-бетонных материалов.

На первом этапе проведения исследований был осуществлен подбор гранулометрического состава породного заполнителя как для тампонажных, так и для токрет-бетонных материалов.

Использовались классические рекомендации для обычных тяжелых бетонов, т.е. такой гранулометрический состав, который обеспечивает минимальное количество пустот и, следовательно, минимальный расход вяжущего вещества.

Рекомендуемый состав заполнителя представлен в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемый состав заполнителя

Тип заполнителя	Содержание фракций в крупности заполнителя, %		
	менее 1,6 мм	1,6 – 5 мм	5 – 10 мм
Мелкий	43	32	25
Оптимальный	37	33	30
Крупный	30	36	34

Процесс дробления осуществлялся в лабораторной щековой дробилке. В ходе дробления стало очевидно, что наблюдается большой выход фракции менее 1,6 мм и достаточно равномерный выход фракций 1,6-5 мм и 5-10 мм.

Это связано с низкой прочностью данных пород, которая согласно исследованиям [14,15] не превышает 15-16 МПа. Выход продуктов измельчения по фракциям представлен в табл. 2.

Таблица 2

Выход продуктов измельчения по фракциям

Аргиллит, %			Алевролит, %			Ординарная смесь пород, %		
0-1,6 мм	1,6-5 мм	5-10 мм	0-1,6 мм	1,6-5 мм	5-10 мм	0-1,6 мм	1,6-5 мм	5-10 мм
29,97	32,81	37,22	22,75	34,29	42,96	38,42	28,33	33,25

Фракция менее 1,6 мм применялась в качестве мелкого заполнителя для тампонажных смесей. Тампонажные смеси с большим содержанием измельченной шахтной породы являются более однородными и устойчивыми к процессу седиментации. Однако для получения смесей с требуемыми реологическими свойствами необходимо большее количество воды, чем для смесей содержащих хотя бы минимальное количество песка и 0,06% суперпластификатора, т.к. в ходе работы стало очевидно, что суперпластификатор не работает с мелкоизмельченным породным заполнителем, поскольку измельченная порода поглощает его вместе с водой затворения. Реологические свойства исследованных тампонажных смесей представлены в таблице 3.

Таблица 3

Реологические свойства тампонажных смесей

Состав	В/Т	Расплыв, см	Плотность раствора, кг/м^3	Структурная вязкость, ŋ, гс×с/см^2
1. Цемент : Песок : Порода = 1 : 0 : 3	0,45 СП	19	1730	0,045
2. Цемент : Песок : Порода = 1 : 2 : 1	0,4	22	1850	0,04
3. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1,5 : 1,5	0,35 СП	18	1780	0,053
4. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1 : 2	0,35 СП	18	1800	0,033
5. Цемент : Песок : Порода = 1 : 0 : 4	0,55	18,5	1710	0,037
6. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1 : 3	0,55	22	1750	0,03

Примечание: СП –суперпластификатор в количестве 0,06% от количества цемента

Физико-механические характеристики тампонажных материалов представлены в табл. 4. Кинетика твердения тампонажных материалов представлена на рис.1

Таблица 4

Физико-механические характеристики тампонажных материалов

Состав	В/Т	Плотность материала, кг/м^3	Прочность при сжатии, МПа			
			7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток
1. Цемент : Песок : Порода = 1 : 0 : 3	0,4	2030	3,1	-	5,06	5,93
2. Цемент : Песок : Порода = 1 : 3 : 0	0,19	1845	11,15	-	13,02	16,74
3. Цемент : Песок : Порода = 1 : 2 : 1	0,25	2200	7,89	9,45	11,45	12,49
4. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1,5 : 1,5	0,23	1795	10,0	12,47	14,33	15,08
5. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1 : 2	0,23	1910	12,1	13,62	17,21	17,68
6. Цемент : Песок : Порода = 1 : 0 : 4	0,35	1846	-	4,29	4,37	4,65
7. Цемент : Песок : Порода = 1 : 1 : 3	0,25	1787	-	5,57	6,54	7,0

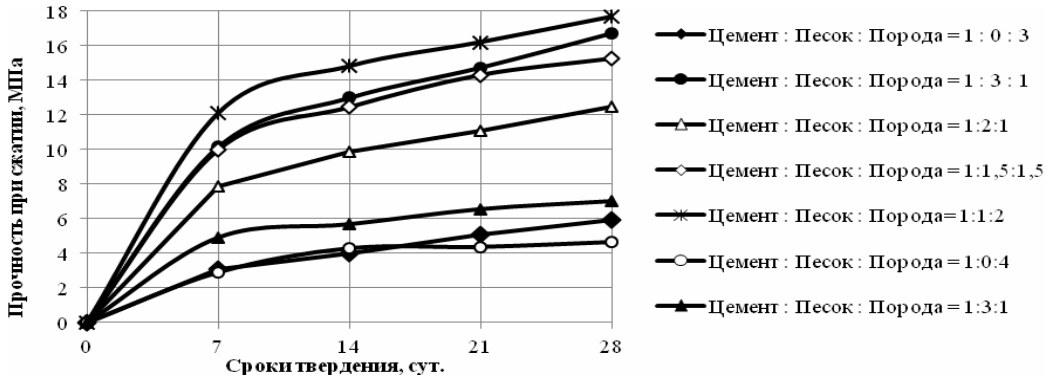

Рис. 2. Кинетика твердения тампонажных материалов

Из полученных результатов следует, что наибольшей прочностью и плотностью обладает состав Цемент : Песок : Порода = 1:1:2, прочность при сжатии в возрасте 28 суток составляет 17,68 МПа, плотность 1910 кг/м^3 готового материала, тогда как контрольный состав

Цемент:Песок:Порода = 1:3:0 имеет приблизительно такие же характеристики: прочность при сжатии в возрасте 28 суток составляет 16,74 МПа, плотность готового материала 2030 кг/м^3.

Поэтому оптимальным составом является состав Цемент:Песок:Порода = 1:1:2, поскольку обладает максимальными прочностными показателями и значительно большим расходом измельченной шахтной породы.

Предлагаемый комплекс мероприятий предполагает использование металлической арочной крепи из взаимозаменяемого профиля СВП и железобетонной затяжки с последующими пикотажными работами (торкретирование) и тампонажем закрепного пространства.

В настоящее время пикотажные работы выполняются вручную, что является процессом длительным и трудозатратным.

Поэтому наряду с тампонажными материалами на основе цемента, песка и шахтной породы был выполнен подбор составов торкрет-бетонных материалов для механизированного способа нанесения.

Для торкрет-бетонных материалов использовались фракции породы 1,6-5 мм и 5-10 мм.

Фракция менее 1,6 мм не использовалась, поскольку ее присутствие в сырьевой смеси значительно ухудшает технологические свойства смеси.

Вместо фракции менее 1,6 мм использовался песок с модулем крупности 1,26.

Физико-механические характеристики торкрет-бетона представлены в табл. 5.

Таблица 5

Физико-механические характеристики торкрет-бетона

Состав	В/Ц	Прочность при сжатии, МПа				Прочность на изгиб, МПа
		7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток	
1. Цемент : Песок : Порода = 1:3:0	0,4	11,15	14,02	15,4	16,74	-
2. Цемент : Песок : Порода = 1:1,11:1,89	0,5	14,37	15,6	17,01	18,32	4,7
3. Цемент : Песок : Порода = 1:1:2	0,45	16,82	17,38	18,8	19,87	5,44
4. Цемент : Песок : Порода = 1:0,75:2,25	0,5	-	13,93	17,6	18,13	4,82
5. Цемент : Песок : Порода = 1:0,55:2,45	0,5	13,4	13,97	14,57	16,67	4,65
6. Цемент : Песок : Порода = 1:0:3	0,55	-	8,09	9,69	9,86	3,41

Кинетика твердения торкрет-бетона представлена на рис.2.

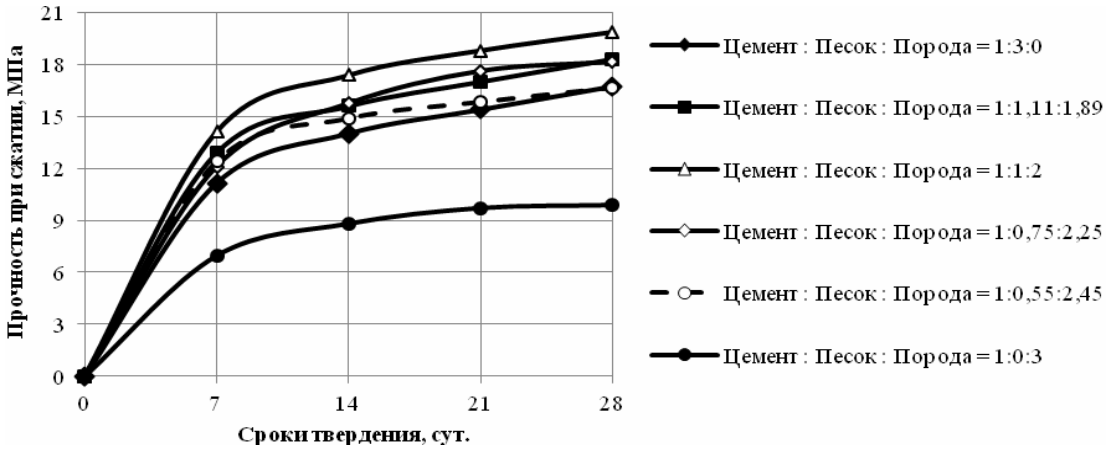

Рис. 3. Кинетика твердения торкрет-бетона

Из полученных результатов следует, что наиболее оптимальным является состав Цемент:Песок:Порода = 1:1:2, поскольку обладает хорошими технологическими свойствами и наилучшими прочностными показателями (прочность в возрасте 28 суток: при сжатии - 19,87 МПа, при изгибе 5,44 МПа).

Выводы и направление дальнейших исследований. Внедрение технологии подземной переработки шахтных пород и приготовление на их основе тампонажных и торкрет-бетонных смесей позволит:

1. Уменьшить затраты на закупку сырьевых компонентов для тампонажных и торкрет-бетонных смесей и на их доставку на горнодобывающее предприятие и непосредственно к месту проведения работ.

2. Разгрузить транспортную систему шахты – подъем ствола и транспортную сеть горизонтальных и наклонных выработок.

3. Уменьшить количество шахтных пород выдаваемых на поверхность.

В настоящее время предложенная технология внедряется на шахте им. Героев Космоса ПАО ДТЭК «Павлоградуголь». В дальнейшем будет проведена серия шахтных экспериментов с целью оценки эффективности и долговечности предложенных мероприятий.

Список литературы

1. **Мартовицкий А.В.** Геомеханические процессы при отработке угольных пластов струговыми комплексами в условиях шахт Западного Донбасса. Дисс. … докт. техн. наук: 05.15.09. – Днепропетровск, 2012. – 215 с.

2. **Выгодин М.А.** Особенности деформирования слабометаморфизированных пород вокруг протяженных выработок шахт Западного Донбасса/ **М.А. Выгодин, А.В. Солодянкин, Е.В. Масленников, А.В. Мартовицкий, Р.Е. Алтухов, В.В. Панченко** // Матеріали міжнар. конф. “Форум гірників - 2011”. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 50-57.

3. **Солодянкин А.В.** Совершенствование технологии тампонажа закрепного пространства в сложных горно-геологических условиях шахт Западного Донбасса / **А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, В.В. Коробченко, А.В. Смирнов, А.З. Прокудин** // Щорічний науково-технічний збірник “Розробка родовищ - 2014”. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 171-178.

4. **Максимов А.П., Евтушенко В.В**. Тампонаж горных пород. Москва: Недра, 1978. 180 с.

5. **Выгодин М.А.** Обоснование параметров армопородных грузонесущих конструкций на базе рамно-анкерных крепей и технология их сооружения в выработках шахт Западного Донбасса. Дисс…канд. техн. наук: 05.15.04. – Днепропетровск, 1990. – 215 с.

6. **Van Heerden**, **D.**, “Rock Support In Southern African Hard Rock Mines”, The Fourth Southern African Conference on Base Metals, pp.77-91

7 **Мазурак А.В.** Вплив технологічних чинників на міцність торкретбетону. / **А.В. Мазурак, Я.А. Балабух** // Теорія і практика будівництва [Текст] : [зб. наук. пр.] - Л. : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. - 331 с. : іл. - (Вісник / Національний університет «Львівська політехніка» ; № 655). - с. 164-167.

8. **Тарасенко В.В.** Промышленные испытания фосфогипсового вяжущего на шахтах / **В.В. Тарасенко, И.С. Шакин, И.Ю. Заславский //** Уголь Украины. – 1986. - № 2. – с. 12 – 15.

9. **Симанович Г.А.** Твердеющие смеси на основе фосфогипсового вяжущего для крепления и охраны горных выработок / **Г.А. Симанович, Э. И**. **Фрадкин** // Шахтное и подземное строительство. – 1991. - №11 - с.22-24.

10. **Sawoszczuk**, **P.**, **Nokken**, **M.**, **Jolin**, **M.**, “Sustainable Shotcrete Using Blast-Furnace Slag”, Shotcrete, V.15, No4, 2013, pp.32-37.

11. **Hooton**, **R. D**., “Canadian Use of Ground Granulated Blast-Furnace Slag as a Supplementary Cementing Material for Enhanced Performance of Concrete,” Canadian Journal of Civil Engineering, 2000, pp. 754-760.

12**. Fily-Paré**, **I.**, **Jolin M.**, “The Use of Recycled Glass in Shotcrete”, Shotcrete, V.15, No4, 2013, pp.14-16.

13**. Schwarz**, **N.**, **Neithalath**, **N.**, “Influence of a Fine Glass Powder on Cement Hydration: Comparison to Fly Ash and Modeling the Degree of Hydration,” Cement and Concrete Research, V. 38, No. 4, 2008, pp. 429-436.

14. **Халимендик Ю. М.** Применение породобетонных смесей для возведения шахтных конструкций / **Ю. М. Халимендик, Р. А. Южакова** // Уголь Украины. – 1994. - № 11. – с. 24 -26.

15. **Штумпф Г.Г.** Характер разрушения образцов пород и совершенствование методов определения их прочности. **/ Штумпф Г.Г.** // Уголь Украины. – 1988. - № 6. – с. 10 – 12.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.15

УДК 624.131.55

Н.Н. РУБАН, научный сотрудник, Национальный горный университет

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ТРАНСПОРТНЫХ ИСТОЧНИКОВ В УСЛОВИЯХ Г. ДНЕПРОПЕТРОВСКА

Рассматривается проблема негативного влияния динамических воздействий на геологическую среду в условиях плотной городской застройки. Приводятся примеры техногенных источников динамических воздействий и параметры создаваемой ими вибрации. Приведены возможные негативные последствия динамического воздействия на грунты. Уделяется внимание динамическим воздействиям, создаваемым движением транспорта, а также факторы, влияющие на интенсивность этих воздействий. Рассматривается система «источник воздействия – путь распространения – объект воздействия». Выполнен анализ литературных источников и нормативных документов относительно параметров вибрации, создаваемых техногенными источниками, обоснована необходимость получения экспериментальным путем дополнительных данных о динамических воздействиях от движущегося транспорта на окружающий источник массив грунта. Приведена методика измерения вибрации с помощью прибора VM6360 в условиях г. Днепропетровск. Проведены дополнительные экспериментальные исследования в пределах города Днепропетровска с целью выявления доминирующих диапазонов параметров вибрации и последующего анализа свойств грунтов, подверженных этим воздействиям. Сделан вывод о значительном превышении экспериментально установленного уровня вибрации над данными, приведенными в литературе. В заключение, предлагаются причины актуализации рассматриваемой проблемы и пути дальнейших направлений исследований.

Ключевые слова: динамические нагрузки, вибрация, виброметр VM6360, виброускорение.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Территория любого крупного города является своеобразным очагом техногенных динамических нагрузок в силу наложения волн напряжений от транспортных источников, строительного и промышленного оборудования, проведения взрывных работ и т.п. По данным [1] они генерируют в пределах города колебания с частотами от 2-5 до 60-70 Гц, иногда до 200 Гц. Основной вклад в это постоянно существующее и меняющееся в течение суток «вибрационное поле» вносит движущийся транспорт. Меньшее значение в силу локальности распространения вносят строительные и промышленные машины. Малое вибрационное воздействие, влияющее лишь на технологические условия точных производств, оказывается большим количеством вентиляционных установок и кондиционеров. Их скопление создают вибрации пола с частотами 8,6-26 Гц и пиковыми значениями виброскоростей частиц грунта основания 0,05-1,1 мм/с [2].

Динамические воздействия опасны для конструкции по следующим причинам: за счет изменения свойств грунта могут происходить локальные уплотнения, что в последствие приводит к неравномерным деформациям оснований и повреждению самой конструкции; они могут вызывать разжижение грунта и потерю им несущей способности (особенно это относится к слабосвязным водонасыщенным почвам); длительные динамические возбуждения способны раскачать конструкцию здания на ее резонансных частотах.

С практической точки зрения наиболее значимы динамические нагрузки от движущегося транспорта в связи с их высокой интенсивностью и широким распространением, особенно на городских территориях и вблизи крупных магистралей с почти непрерывным транспортным потоком. При этом ведущая роль принадлежит наземному и подземному рельсовому транспорту: железнодорожным составам, трамваю и метрополитену, что обусловлено, в первую очередь, существенно меньшим демпфированием колебаний при передаче их грунту от стального колеса через жесткую систему «рельс-шпала». Определенно также влияет вес источника и присутствие ударных импульсов за счет ударов колеса об рельсы на стыках.

Техногенные динамические нагрузки распространяются главным образом в верхней части грунтовой толщи до глубин 10-15 м [3], поскольку основная часть их энергии переносится к сооружениям поверхностными волнами Рэлея, быстро затухающими с глубиной.

Приблизительно до этих отметок заглубляются фундаменты большинства зданий и городские коммуникации. Кроме того, наиболее низкочастотные составляющие транспортных динамических нагрузок часто близки к собственным частотам большинства сооружений, которые обычно лежат в полосе 2-8 Гц [4].

© Рубан Н.Н., 2015

Вследствие этого, сооружения, расположенные вблизи магистралей с большим транспортным потоком, могут испытывать большие осадки, чем находящиеся вне зоны влияния последних или на ее периферии. Так, в пределах зон воздействия метрополитена иногда наблюдаются дополнительная осадка зданий на 50-200 мм [5].

Вибрация передается, видоизменяясь, через рельсовые пути на их опору и далее в грунт, окружающие здания, являясь как самостоятельным источником воздействия, так и порождая переизлученный шум.

Источник, путь распространения и объект воздействия показаны схематически на рис. 1.

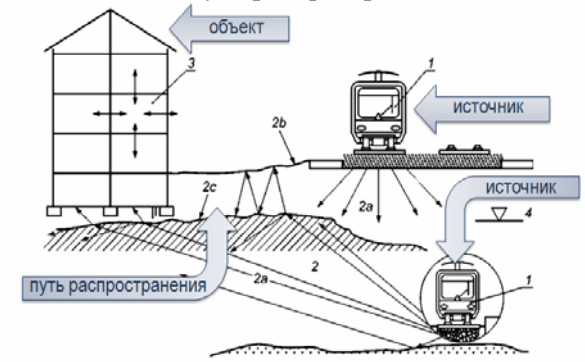

Рис. 1. Примеры источника, пути распространения и объекта воздействия: *1* – источник вибрации; *2* – путь распространения (*2a* – волны внутри тела: сжатия, сдвига; *2b* – поверхностные волны: Рэлея, Лява; *2c* – волны на границе сред: Стоунли); *3* – объект воздействия (вибрация, переизлученный шум); *4* – поверхность грунтовых вод

При прогнозе передаваемой через грунт вибрации и переизлученного шума следует учитывать, что характеристики источника, пути распространения и объекта воздействия зависят от многих факторов, имеющих разную степень влияния в каждом отдельном случае. Основными из них являются следующие (ISO 14837-1:2005):

для источника колебаний: геометрия рельсового пути, характеристики подвижного состава, характеристики рельсов пути, состояние рельсового пути и колеса транспортного средства, основание рельсового пути, рабочие параметры (скорость движения рельсового транспорта и частота движения поездов);

для пути распространения вибрации: тип грунта, расстояние до объекта воздействия, геологический профиль местности (слоистость, наклон слоев, границы слоев) и форма земной поверхности, уровень грунтовых вод; динамические свойства грунта (модуль сдвига, коэффициент Пуассона, плотность, скорость волн сдвига и сжатия, коэффициент потерь и вид демпфирования (вязкое или гистерезисное)), неоднородности техногенной и естественной природы, средства ослабления передаваемой вибрации (например, наличие экранирующей стенки); сезонные особенности (промерзающий грунт, изменение свойств грунта и содержание влаги);

для объекта воздействия: тип фундамента, взаимодействие сооружения с грунтом, материал сооружения, состояние сооружения, собственные частоты и коэффициент демпфирования конструкции.

Анализ исследований и публикаций. Рост всех видов грузопотоков, увеличение скорости и интенсивности движения транспорта обусловливают необходимость получения качественных и количественных оценок влияния транспортной вибрации на сохранность зданий.

Как в отечественной, так и в зарубежной литературе периодически появляются сообщения об отрицательных последствиях транспортной вибрации[6-13], однако она, как правило, не учитывается ни при новом строительстве, ни при реконструкциях существующих зданий и сооружений

То, что транспортная вибрация не приводит в настоящий момент к чрезвычайным ситуациям, в определенной степени объясняет и практическое отсутствие нормативов, регламентирующих ее интенсивность в численных оценках по критериям прочности и надежности охраняемых объектов [7].

Выполненные еще в 1991 г. Жигалиным А.Д., и Локшиным Г.П. исследования о параметрах вибрации от транспортных источников указаны в табл. 1 [4].

Тип фундамента и состояние грунта определяют динамику системы на границе двух сред (грунт - фундамент здания).

Так, деформации фундамента, вызываемые сейсмическими волнами, прямо пропорциональны пиковому значению скорости в точке фундамента, но обратно пропорциональны скорости распространения этих волн в толще грунта.

Поскольку скорость распространения сейсмических волн возрастает при увеличении жесткости грунта, то одним и тем же деформациям (потенциальным источникам появления трещин) будут соответствовать тем большие пиковые значения скорости, чем выше жесткость грунта.

Таблица 1

Характеристики транспортных источников динамических нагрузок

Источник	Доминирующие частоты, Гц	Виброскорость частиц грунта		Виброускорение частиц грунта		Зона влияния, Гц
		10^{-3}м/с	дБ	10 м/с²		
Железная дорога	10-70	16-50	110-120	1-22	70-97	150-300
Трамвайная линия	20-45	1.6-160	90-130	0,5-45,2	56-103	150-300
Метрополитен	30-60	0,3-300	75-135	10-1800	90-135	6-120
Автомагистраль	10-20	0,005-0,07	40-65	0.0003-0.011	до 31	40-100

С развитием высокоскоростных железнодорожных линий, появлением новых технологий строительства, а так же, как упоминалось выше, в силу различных факторов влияющих на параметры вибрации, важным является проведение дополнительных экспериментальных исследований в пределах города Днепропетровска с целью выявления доминирующих диапазонов параметров вибрации и последующего анализа свойств грунтов, подверженных этим воздействиям.

Учитывая общее физическое старение существующих зданий, особенно памятников архитектуры, которые не будут сноситься при реконструкции исторически сложившихся центров, интенсивным развитием городов и плотной застройкой, вопросы обеспечения надежности сооружений, связанные с транспортной вибрацией, могут в ближайшее время стать вполне актуальными, особенно в сложных гидрогеологических условиях урбанизированных территорий.

В связи с этим **целью** статьи является получение экспериментальным путем дополнительных данных о создаваемых транспортом динамических воздействиях на окружающий источник массив грунта.

Изложение материала и результатов. Параметр, который чаще всего связывают с риском повреждения конструкции, является значения виброскорости. Параметр, который наилучшим образом коррелируется с изменением прочностных и деформационных параметров грунта является значение виброускорения.

Измерения вибрации от движущегося транспорта были выполнены с помощью виброметра VM6360 (рис. 2), который использует в качестве датчика вибрации пьезоэлектрический акселерометр.

Рис.2. Виброметр VM6360: *1*– акселерометр; *2* – дисплей; *3* – входной разъем; *4* – кнопка функций удержания максимальных значений; *5* – кнопка питания; *6* – кнопка преобразования системы единиц измерения; *7* – кнопка функции; *8* – кнопка фильтра; *9* – кнопка звука; 10 – разъем для наушников; *11* – разъем RS232C; *12* – крышка батарейного отсека; *13* – магнитный датчик; *14* – шаровой зондовый датчик; *15* – конусный зондовый датчик

Технические характеристики виброметра указаны в табл. 2. С помощью датчиков вибрации может быть измерена любая величина - перемещение, скорость или ускорение - при условии обеспечения требуемого диапазона частот и чувствительности. Так как в дальнейшем полученные данные будут использоваться для определения зависимости изменения прочностных характеристик грунтов при динамических воздействиях, измеряемый параметр был выбран пиковые значения виброускорения.

Объекты исследований: линия железнодорожного пути от станции Южный вокзал к Мерефо-Херсонскому железнодорожному мосту и трамвайная линия маршрута №1 по пр. К.Маркса, г. Днепропетровск.

На текущий момент не существует национальных стандартов, которые смогли бы полностью регламентировать проведение полевых (натурных) экспериментов по измерению вибра-

ции от техногенных источников и оценить их влияние на здания и сооружения, поэтому при проведении экспериментальных исследований было принято решение руководствоваться международными стандартами: ISO 14837-1:2005 Mechanical vibration – Ground-borne noise and vibration arising from rail systems – Part 1: General guidance (Вибрация. Шум и вибрация, создаваемые движением рельсового транспорта, Часть 1, общее руководство), ISO 4866:1990 «Mechanical vibration and shock–Vibration of buildings– Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings» (Вибрация и удар.

Вибрация зданий. Руководство по измерению вибрации и оценке ее воздействия на здание).

При проведении эксперимента, был выбран способ зарытия специального конусного зондового датчика в грунт, предварительно очистив место установки датчика, при этом шнур соединяющий акселерометр и приемник сигнала надежно закрепляется металлическими клипсами. Общий вид измерительной цепи показан на рис. 3.

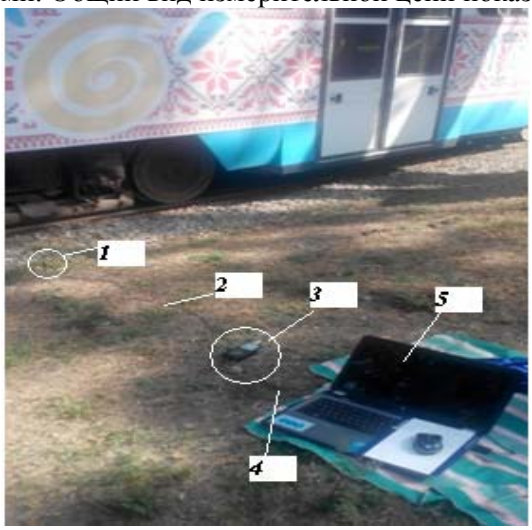

Рис. 3. Общий вид измерительной цепи: *1* – акселерометр; *2* – кабель для передачи данных на дисплей виброметра; *3* – виброметр; *4* – опциональный кабель для интерфейса RS232C для обмена данными с компьютером; 5 – компьютер для записи и хранения данных

На исследуемом участке рельсового пути вариативность измерений может быть обусловлена, например, изменениями, как самого источника вибрации, так и состояния грунта.

Поэтому для получения статистически достоверных результатов измерения повторялись, перемещая точки измерений вдоль пути через 25 м от 4 до 6 раз.

Для того чтобы оценить вариативность источников вибрации, измерения проводились, по крайней мере, для пяти прохождений транспортного средства каждой категории (например, грузовой состав, пригородный поезд, поезд междугороднего сообщения, трамвай).

Таблица 2

Технические характеристики виброметра VM6360

Измеряемые параметры	Скорость, ускорение, смещение, число оборотов и частота
Диапазон измерений:	
скорость	0,01-40,00 см/с 0,000-16,00 дюйм/с
ускорение	0,1-400,0 м/с^2 0,3-1312 футов/с
смещение	0,001-4,000 мм 0,04-160,0 мил
число оборотов	60-99990 об./мин
частота	1-20 кГц
Диапазон частот измерений:	
ускорение	10 Гц…1 кГц в режиме 1 10 Гц…10 кГц в режиме 10
скорость	10 Гц…1 кГц
смещение	10 Гц…1 кГц
погрешность	±5%
Условия эксплуатации:	
температура	0…50°C
влажность	ниже 90%

Распространение вибрации при удалении от рельсового пути не проводилось, так как результат будет зависеть от типа грунтов подстилающих слоев, наличием твердых пород в зоне влияния по глубине, уровня грунтов вод и поэтому составляет большие трудности.

Акцент измерений был направлен на изучение актуальности результатов предыдущих исследований о параметрах вибрации, создаваемых при движении рельсового транспорта.

В работе проводились только измерения вертикальной составляющей, так как согласно [8] этот параметр имеет максимальные значения.

Полученные результаты измерений отображены на рис. 4.

Выводы и направления дальнейших исследований. Выполненные полевые исследования и полученные количественные характеристики параметров вибрации от рельсового транспорта позволяют сделать следующие выводы.

Не смотря на существующую тенденцию постоянного совершенствования транспортных средств, параметры вибрации от движущихся железнодорожных составов и трамваев в Днепропетровске (рис. 4) за последние 25-30 лет не уменьшились, в сравнении с данными, представленными в [5].

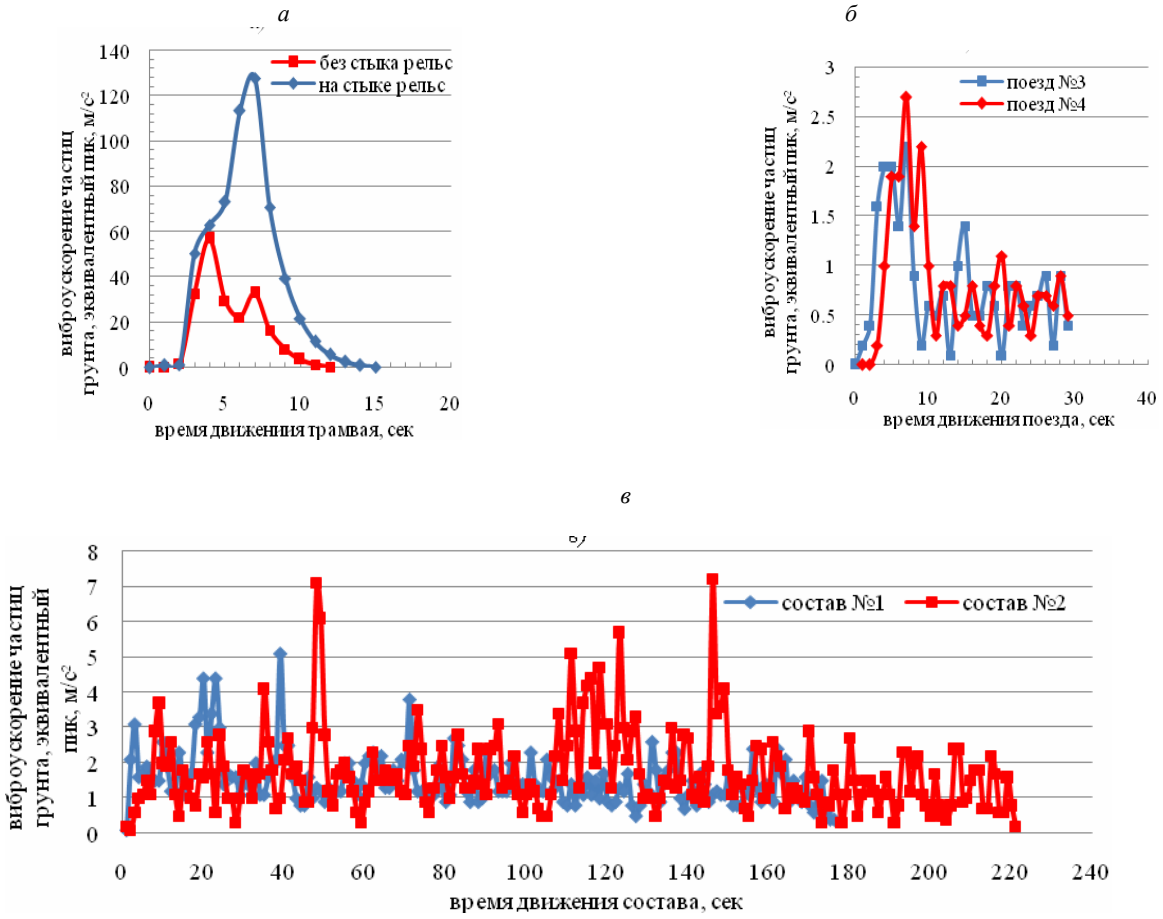

Рис. 4. Значения виброускорений для различного вида рельсового транспорта, полученные в натурных условиях для г. Днепропетровска: *а* – трамвай, *б* – поезд пригородного назначения, *в* – грузовой состав

Более того, в некоторых случаях значения виброускорений существенно превышают известные величины (см. рис. 4*а*) в местах деформаций и стыков рельс, стрелочных переводов, что часто встречается на трамвайных линиях и, как правило, в местах пересечений и разветвлений маршрутов, на перекрестках с интенсивным движением городского транспорта.

Рассматривая в целом систему взаимодействия «источник вибрационных нагрузок-породный массив-объект воздействия», необходимо указать следующие причины актуализации этой проблемы, которые обозначились в последние 2-3 десятилетия:

для источника колебаний: увеличение грузоподъемности, скорости движения и грузопотоков транспорта, износ рельс и их стыков, деформации колес; несбалансированность машинного оборудования, приводящая к дополнительным ударным нагрузкам;

для среды распространения колебаний (грунтового массива): интенсивная застройка территории города, особенно балок и их склонов, повышение уровня грунтовых вод;

для объекта воздействия: общее старение зданий, реконструкция зданий с нарушением целостности капитальных стен, дополнительное техническое оснащение зданий (системы вентиляции, кондиционирования, водоснабжения и др.), не учтенные ранее.

Несмотря на большое количество работ, посвященных теме влияния динамических воздействий на грунт, все еще остается неразрешенным ряд вопросов, и дальнейшими направлениями деятельности можно определить следующие:

изучение изменения свойств грунтов при длительных динамических воздействиях, учитывающих такие факторы, как вид нагрузки (гармонические колебания, короткие импульсные, ударные, произвольные сейсмические) длительность воздействия, степень влажности грунтов;

определение критических параметров вибрации, связанных не только с санитарными нормами воздействия на человека, но также с риском повреждения конструкций, в особенности при длительных воздействиях;

разработка соответствующих методик по эффективному прогнозированию развития дополнительных деформаций оснований сооружений и потере устойчивости оснований при длительных динамических воздействиях.

Список литературы

1. **Гуревич В.И.** Опыт изучения поля вибрации на территории города с целью оценки состояния геологической среды / **В.И. Гуревич, А.Д. Жигалин Г.П. Локшин, Е.П. Труфманова**// Инженерная геология.– 1991. – С. 74-81.

2. **Максимов Л. С.** Измерение вибрации сооружений / **Л.С. Максимов, И.С. Шейнин**; под ред. **И.С. Шейнина**. – Л. : Стройиздат, 1974. –255 с.:ил.

3. **Локшин Г.П.** Техногенное поле вибрации и его воздействие на геологическую среду городских территорий: автореферат на соискание ученой степени канд. техн. наук/ **Г.П. Локшин**. – Москва,1987. – 24с.

4. **Локшин Г.П**. Формирование вибрационного поля в геологической среде/ **Г.П Локшин, А.Д. Жигалин**// Инженерная геология. –1991. – №6. – С. 110-119.

5. **Горшков С.П.** Экзодинамические процессы освоенных территорий/**С.П. Горшков.** – М.: Недра,1982. – 286с.

6. **Локшин Г.П.** Оценка вибрационного воздействия на территории города (на примере Москвы и Братиславы) / **Г.П. Локшин, Э.А. Лихачева, Я. Лацика, Ю. Крайнович** // Инженерная геология. – 1991. – № 4. – С. 82–91.

7. **Борисов Е.К.** Экспериментальная динамика сооружений. Мониторинг транспортной вибрации: Монография /**Е.К. Борисов, С.Г. Алимов, А.Г. Усов и др**. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007. – 128 с.

8. **Абдукаримов А.М.** Несущая способность земляного полотна, отсыпанного лессовыми грунтами, воспринимающими вибродинамическую нагрузку: автореферат на соискание ученой степени канд. техн. наук / **А.М. Абдукаримов**. – Санкт-Петербург, 2011. – 23с.

9. **Madshus C.** High-speed railway lines on soft ground: dynamic behaviour at critical train speed /**A.M. Kaynia, C. Madshus** //Journal of Sound and vibration. – 2000. – P. 689-701.

10. **Xia H**. Experimental study of train-induced vibrations of environments and buildings/**H. Xia, N. Zhang, Y.M. Cao** // Journal of Sound and Vibration. – 2005. – P.1017–1029.

11. **Xian-Zhang Ling**. Field monitoring on the train-induced vibration response of track structure in the Beiluhe permafrost region along Qinghai–Tibet railway in China **/Xian-Zhang Ling , Shi-Jun Chen, Zhan-Yuan Zhu, Feng Zhang, Li-Na Wang, Zu-Yin Zou//** Cold Regions Science and Technology. – 2010. – P.75–83.

12. **Колокольников Ю.В.** Осадки зданий и сооружений при динамическом воздействии рельсового и автомобильного транспорта/ **Ю.В. Колокольников**// Наука и практика транспорта. Материалы IV научной конференции.– Варшава, 1985. – Т.5, скц. 6. – С. 226-239.

13. **Ершов В.А.** Влияние уличного транспорта на осадку зданий**/В.А. Ершов, А.А. Романов** //Вопросы инженерной геологии Ленинградского экономического района. Ленинград ЦБТИ. – 1960.– С.66-73.

Рукопись поступила в редакцию 01.04.15

УДК 622.75

А.Н. ИВАНЧЕНКО, аспирант, Национальный горный университет

ОБ ОБЕЗВОЖИВАНИИ МЕЛКОГО КОНЦЕНТРАТА НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ УКРАИНЫ

В статье приведены сравнительные характеристики технологических цепочек обезвоживания мелкого концентрата на ОФ Украины, таблица содержания влаги в продуктах обогащения по годам. Сравнительная характеристика технологических показателей работы неподвижных и вибрационных грохотов. А так же показатели работы макета гидрогрохота ГГКИ-К на операции обезвоживания угольной мелочи.

Предложен путь интенсификации процесса обезвоживания с помощью цилиндроконического грохота с комбинированной ситовой(подвижной и неподвижной) рабочей поверхностью, сочетающего в себе достоинства неподвижных конусных грохотов, которые имеют большую производительность, и подвижных вибрационных грохотов, которые в свою очередь имеют высокую эффективность обезвоживания материалов.

Поскольку большинство углеобогатительных фабрик отказываются от применения термической сушки, резко возрастает необходимость разработки модернизированного, более экономичного обогатительного оборудования.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Постоянное величение мелочи рядового угля (в 2013 году - 40%) и его зольности (в 2013 году - 39,4%) в значительной мере усложняют процесс обезвоживания продуктов обогащения на углеобогатительных фабриках.[1]. Усугубляет эту ситуацию тенденция вывода из эксплуатации термической сушки. Из табл. 1 следует, что влажность продуктов обогащения за последние годы возросла на 0,4% с 8,9% к 9,3% и при этом количество сушильных агрегатов сократилось в 4,5 раза с 109 до 24 единиц.

Таблица 1

Влажность продуктов обогащения

Показатели	Годы						
	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2014
Влажность продуктов обогащения, %	8,9	8,9	9,3	9,4	8,0	9,3	9,5
Количество обогатительных фабрик, применяющих сушку, шт.	33	32	17	12	14	12	12
Количество сушильных агрегатов, работающих на фабриках, шт.	109	104	51	44	33	24	24

Переход угольной отрасли Украины в рыночные отношения предопределил показатель влажности отгружаемой товарной продукции как показатель, формирующий ее цену. При этом никто не отменял требования железнодорожных перевозок на нормы летней и зимней влаги. Поэтому проблемой обезвоживания продуктов обогащения в сложившихся условиях необходимо заниматься вплотную [2,3].

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами: Известно, что технология обезвоживания продуктов обогащения (и в первую очередь мелкого концентрата отсадки) на углеобогатительных фабриках осуществляется в несколько стадий [2, 4-7]. Уменьшение количества стадий в технологической цепочке обезвоживания мелкого концентрата иснижения при этом эксплуатационных расходов на этом процессе является актуальной научно-практической задачей.

Анализ исследований и публикаций. Из анализа данных научно-технической литературы по обезвоживанию угольных пульп [8-12] следует, что интенсификация этого процесса должна быть направлена на разработку оборудования, сочетающую в себе достоинства неподвижных конусных грохотов (большая производительность) и подвижных вибрационных грохотов (высокая эффективность обезвоживания).

Изложение материала результатов. В табл. 2 приведено аппаратное оснащение и результаты работы технологических цепочек обезвоживания мелкого концентрата гидравлических

© Иванченко А.Н., 2015

отсадочных машин (данные взяты из технологических регламентов углеобогатительных фабрик Украины, разработанных УкрНИИуглебегащением). Следовательно, только 3 фабрики (12,5%) имеют четырехстадийную технологию обезвоживания, включающую термическую сушку на последней стадии. Применение сушки в данном случае связано, в основном, с присадкой к мелкому концентрату (после третьей стадии обезвоживания) шламовых продуктов.

Таблица 2

Аппаратурное оснащение и результаты работы технологических цепочек обезвоживания мелкого концентрата гидравлических отсадочных машин на ОФ Украины

Наименование фабрики	Содержание твердого, г/л	Продукты обезвоживания							
		1 стадия обезвоживания		2 стадия обезвоживания		3 стадия обезвоживания		4 стадия обезвоживания	
		тип оборудования	влага, %	тип оборудования	влага, %	тип оборудования	влага, %	тип оборудования	влага, %
ОФ «Антрацит»	280	Сито предваритель-	83,3	ГИСЛ-62	22,0	ФВШ-950	7,9		
ЦОФ «Добропольская»	308	Сито предваритель-	17,8	ГК, ГИСЛ-42	28,4	ФВШ-1000	10,1		
ГОФ «Известий»	543	Сито предваритель-	19,2	ГИСЛ-62	12,0	ФВШ-1000	7,2		
ЦОФ «Киевская»	599	Сито предваритель-	81,7	Сито «Каскад»	69,42	ФВШ-1000	7,55		
ЦОФ «Павлоградская»	309,4	Багер-зумпф	32,4	ГИСТ-72	28,5	«Наэль-3А»	11.2	Сушка*	12,8
ЦОФ «Пролетарская»	201	Сито предваритель-	80,2	Сито «Каскад»	37,5	ФВШ-950 «Наэль-	7,3		
ЦОФ «Колосниковская»	195	Багер-зумпф	22	ФВШ-950	8,4				
ГОФ «Луганская»	225	Багер-зумпф	86,5	ФВШ-950	9,1				
ГОФ «Вахрушевская»	318,4	Сито предваритель-	45,21	Грохот	14,6	ФВН-1000	6,7		
ЦОФ «Дуванская»	259	Сито предваритель-	60,5	ГВЧ-61	22.5	«Наэль-3А»	7,5		
ЦОФ «Дзержинская»	93,8	Сито предваритель-	64,98	Сито «Каскад»	34.5	ФВШ-950 ФВВ-1121	9,5		

* - сушка с присадкой шламовых продуктов

Влажность сушонки при этом получается до 10% для обычных углей и до 13% для павлоградских, имеющих большую внутреннюю влагу.

На 5 фабриках (20,8%) работает обезвоживающая цепочка в две стадии: багер-зумпф + центрифуга.

Полученная влага – 7,4-9,9% - является удовлетворительной. Однако багер-зумпф является устаревшим оборудованием, на новых фабриках он не применяется, на старых фабриках он не может быть установленным из-за его габаритов.

Основной технологической цепочкой обезвоживания мелкого концентрата отсадки является трехстадийная: сито предварительного сброса + инерционный грохот + центрифуга. Такая технология применяется на 14 фабриках (58%). Получаемая влажность – 5,5-12,0%, причем

меньшие значения принадлежат фабрикам обогащающим антрациты, большие – фабрикам, имеющим в составе своей сырьевой базы павлоградские угли.

Наличие сит предварительного сброса свидетельствует о том, что последующие инерционные грохоты не справляются с нагрузкой на них по пульпе. Следовательно, замена в этой цепочке обезвоживания двух первых стадий на одну является актуальной задачей, способной снизить эксплуатационные затраты на эту операцию при сохранении качественных показателей по влажности.

Постановка задачи. Рассмотрим теперь возможные пути решения этой задачи.

Исходя из практики углеобогащения на операции подготовительного обезвоживания мелочи применяются как неподвижные грохоты пита ГК-3, ГК-6, OSO[13-14], так и вибрационные типа ГИСЛ 62, « Tabor», [15-17]. В табл. 3 приведены основные показатели работы этих грохотов, из сравнения которых следует, что неподвижные грохоты обладают высокой производительностью, меньшей площадью рабочей поверхностью, отсутствием электродвигателей и движущихся частей. Преимущество вибрационных грохотов заключается лишь в высокой эффективности обезвоживания, а к их существенным недостаткам относится необходимость наличия сит предварительно сброса воды перед грохотом. Удельная производительность конусных грохотов в 3-4 раза больше вибрационных.

Таблица 3

Основные показатели работы грохотов

Наименование	Технологические показатели работы грохотов					
	неподвижные			вибрационные		
	ГК-3	ГК-6	OSO	ГИСЛ-62	Tabor* 8*16 SD	ГіМх-10,5*2-М
Производительность:						
по твердому, т/ч	62	82	80	50	60	60
по суспензии, $м^3$/ч	125	207	210	102	250	240
Площадь сита, $м^2$	3	6	4	10	11,8	10,5
Мощность электродвигателей, кВт	-	-	-	34	14,9	16,2
Влажность надситного продукта, %	31	30	30	21	12,1	14,2

* - с дуговым ситом в загрузке

Исходя из практики обезвоживания, можно предположить, что сочетание в одном аппарате достоинств конусных грохотов (высокая объемная производительность) и подвижных инерционных грохотов (высокая эффективность обезвоживания) является перспективным направлением интенсификации обезвоживающего оборудования, применяемого на углеобогатительных фабриках для обезвоживания мелкого концентрата гидравлической отсадки.

Одним из таких решений может быть создание цилиндро-конического грохота с комбинированной ситовой поверхностью. На правомерность такого подхода указывают данные, полученные при испытании макета гидрогрохота ГГКИ-К на Запорожском коксохимическом заводе [5]. Из [5] следует, что макет гидрогрохота ГГКИ-К (предназначенного для мокрого подготовительного грохочения углей по крупности 13 мм) был оснащен шпальтовым ситом со щелью 1,0 мм и опробован на операции обезвоживания, переведенного в пульпу рядового угля. Сито гидрогрохота ГГКИ-К представлял собой обезвоживающую поверхность, выполненную в виде двух конусов, обращенных друг к другу большими основаниями, причем нижний конус совершает вибрации в вертикальной плоскости. Результаты работы макета гидрогрохота ГГКИ-К приведены в табл. 4.

Из табл. 4 следует, что комбинированная обезвоживающая поверхность обеспечивает влажность надситного продукта равной 14,5%, при производительности по пульпе 802 $м^3$/ч.

Сравнение влажности надситных продуктов из табл. 3 и 4 свидетельствует о перспективности развития обезвоживающего оборудования с комбинированной ситовой поверхностью.

Таблица 4

Показатели работы макета гидрогрохота ГГКИ-К на операции обезвоживания

Класс, мм	Выход классов к продукту, %		
	исходный	надситный	подситный
+25	2,7	3,6	-
13-25	7,7	10,7	-
10-13	5,5	7,7	-
6-10	11,0	15,3	-
3-6	16,5	23,0	-
1-3	16,8	22,0	3,5
0,5-1	13,2	9,3	23,1
-0,5	26,6	8,2	73,4
Итого	100,0	100,0	100,0
Выход к исходному, %	100,0	71,8	28,2
Содержание твердого, г/л	488	$W^r = 14,5\%$	191
Производительность по пульпе, $м^3/ч$	802		

Выводы и направления дальнейших исследований. Одним из путей интенсификации обезвоживания угольных пульп на углеобогатительных фабриках является создание цилиндроконического грохота с комбинированной (подвижной+неподвижной) ситовой поверхностью, сочетающего в себе достоинства неподвижных конусных грохотов (высокая производительность по пульпе) и инерционных грохотов (высокая эффективность обезвоживания).

Список литературы

1. **Спинеев В.А.** Интенсификация обезвоживания продуктов флотации ПАО «ДТЭК ЦОФ «Добропольская» / В.А. Спинеев. О.А. Морозов, А.В. Федоров // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2013. - № 53. – С. 173-179.
2. **Филатов Ю. В., Ильяшов М. А., Старовойт А. Г., Ковалев Е. Т, Дроздник И. Д.** Эффективность повышения качества угольных концентратов для коксования// Уголь Украины, 2010: - № 11. – С.47-50.
3. **R K Sachdev**. Indian Coal Sector-an overview//International Coal Preparation Congress 1-6 oktober 2013: Istanbul. Turkey. - P. - 23-26
4. **Благов И.С.** Справочник по обогащению углей 2-е изд., перераб. и доп. // **И.С. Коткин, А.М. Благов, Л.С. Зарубин** (ред.). – М.: Недра. – 1984. – 614 с.
5. **Полулях А. Д.** Особенности современных технологий углеобогащения/ **А.Д. Полулях**// Збагачення корисних копалин: Наук.-техн.зб. – Дніпропетровськ. – 2003. – вип. 17(58). – С. 3-6.
6. **Yoon R.-H.** Development of Advanced Fine Coal Dewatering Technologies/ **R.-H. Yooh, M.K. Eryadin, J. Zhang and ail// Proceedings of XV ICPC – China – CNCA. – 2006. - p. 575-583.**
7. **A. Poluyakh** Determination Of coal Slurry Thickening Rate At Dewatering On Vibrating Screen / **A. Poluyakh, D. Poluyakh, I. Eremejev, V. Garus** // International Coal Preparation Congress 1-6 oktober 2013: Istanbul. Turkey. - P. – 4521-425.
8. **Фридман С. Э.** обезвоживание продуктов обогащения. / **С.Э. Фридман, О. К. Щербаков, А. М. Комлев.** М.: Недра. – 1988. С. – 240.
9. **Хайдакин В. И.** Наладка и эксплуатация технологических комплексов углеобогатительных фабрик / **В. И. Хайдакин, В. С. Бутовецкий, М. Н. Ковшарь** и др. – М.: Недра, 1986.- С. – 223.
10. Пути интенсификации обезвожтвания мелкого угля и очистки шламовых вод / Каминский В. С. И др. –тр . ИоТТ. Проблемы обогащения твердых горючих ископаемых, т. 2 вып. 2. М.: 1973. – С. 3-25.
11. **Lockhart N. C., Veal C.J.** Coal Dewatering: Australian R and D trends// Coal Preparation. 1996, Vol.17, - P. – 5-24.
12. **S. H. Chiang and D. He**, «Filtration and Dewatering :Theory and Practice», Fluid / Particle Separation Journal, 1993. - Vol. 6, - P. – 64-83
13. **Фоменко Т.Г.** Использование конусных грохотов на углеобогатительных фабриках Донбасса / **Т.Г. Фоменко, В.С. Бутовецкий, Н.М. Худяков** // Уголь Украины. – 1977. - № 5. – 41 с.
14. **Ивлев Б.В.** Указания по применению центробежных обезвоживающих сит «OSO»: Перевод с польского языка / Б.В. Ивлев. – М.: Всесоюзный центр переводов. – 1975. – 46 с.
15 . Справочник по обогащению углей / Под ред. **И. С. Благова, А. М. Коткина, И. С. Зарубина.** – М.: Наука, 1995. – С. – 614.
16. Техника и технология обогащения углей / Под ред. **В. А. Чантурия, А. Р. Молявко**. – М.: Наука, 1995.- 622 с.
17. ТР 10.1-00185755-020:2011 Технологический регламент филиала «обогатительная фабрика «Свято-Варваринская ПрАО «ДМЗ», Луганск. - 2011. – 184 с.
18. Акт промышленных испытаний макета грохота ГГКИ-К на углеобогатительной фабрике Запорожского коксохимического завода. – 1985. – 8 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 662.341.012: 662.85

В.И. ГОЛИК, д-р техн. наук, проф.
Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет)
В. И. КОМАЩЕНКО*, д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф. Криворожский национальный университет

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РУД

В работе показано, что радикальным способом охраны окружающей среды является ликвидация хранилищ отходов горного и обогатительного производств с полной утилизацией продуктов переработки. Дается характеристика инновационного направления использование хвостов обогащения для приготовления твердеющих смесей для заполнения техногенных пустот при подземной разработке полезных ископаемых, актуальность которого повышается при переходе от открытого способа разработки к подземному способу. Показано, что использование хвостов без извлечения из них металлов является паллиативом. Активация хвостов в установках типа дезинтегратор не только способствует извлечению металлов, но и улучшает свойства хвостов, создавая условия для применения их в качестве строительных и закладочных материалов. Определено, что закладочные смеси на основе хвостов обогащения обеспечивают необходимую прочность искусственных массивов. Приведены результаты исследований по утилизации хвостов твердеющей смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих компонентов после извлечения металлов. Доказано, что активация хвостов обогащения путем выщелачивания в дезинтеграторе существенно улучшает качество вторичных хвостов переработки и увеличивает прочность твердеющих смесей из них. Описываемая технология обеспечивает безотходную утилизацию хвостов обогащения, обладая преимуществами экономического и экологического характера по сравнению с традиционными технологиями.

Ключевые слова: хвосты обогащения, утилизация, переработка, твердеющие смеси, подземная разработка, металлы, активация, дезинтегратор, извлечение металлов, прочность, инертные заполнители, вяжущие.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Отходы горного производства представляют собой техногенное сырье, которое складируется из-за отсутствия технологии переработки. Основной причиной накопления хвостов обогащения является наличие в них металлов в количествах, превышающих санитарные нормы.

Доля утилизации отходов добычи и переработки в горном деле и строительной индустрии не превышает 10 %, причем это происходит без извлечения ценных и опасных металлических компонентов. Полное извлечение полезных компонентов позволяет дополнительно получить около 25 % продукции [1].

Биологическая рекультивация не решает экологические проблемы, поэтому радикальным способом охраны окружающей среды считается ликвидация хранилищ отходов с полной утилизацией продуктов переработки.

Экономическая эффективность технологий утилизации хвостов обогащения определяется с учетом способности приносить прибыль в собственном или смежном производствах с минимальным расстоянием транспортирования продуктов утилизации.

Таким направлением является использование хвостов обогащения для приготовления твердеющих смесей для заполнения техногенных пустот при подземной разработке полезных ископаемых. Актуальность направления повышается в настоящее время, когда большинство горных предприятий оказались перед необходимостью перехода от открытого способа разработки к подземному способу, и не только из-за увеличения глубины разработки [2].

Открытый способ разработки месторождений вступил в противоречия с жизненными интересами горнодобывающих регионов, обладая неустранимыми экономическими и экологическими недостатками. Предстоящий переход многих предприятий, например, КМА на подземный способ требует обеспечения твердеющими смесями для заполнения технологических пустот, добыча которых в необходимых объемах еще более осложнит экологическую ситуацию в регионе.

Сырьем для приготовления твердеющих смесей могут быть хвосты обогащения руд.

* © Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С., 2015

В хранилищах России находится более 100 млрд т твердых отходов. Ежегодно образуется около 15 млн т отходов, из которых утилизируется не более 10%.

Накопленный опыт применения отходов горного производства для изготовления бетонов положительным признать нельзя. Препятствием для широкого применения хвостов обогащения в качестве строительного сырья, в первую очередь, является наличие не извлеченных при переработке металлов. Утилизация хвостов без извлечения этих металлов опасна [3].

В состав металлсодержащих минералов входят ценные и дефицитные металлы, стоимость которых может быть сопоставима со стоимостью извлекаемых металлов. Например, в состав минералов Лебединского месторождения, кроме железа, входят кобальт, никель, медь, мышьяк, палладий, серебро, сурьма, теллур, платина, свинец, бериллий и другие металлы.

Наличие в товарной продукции не извлеченных металлов опасно химическим и радиологическим загрязнением, поскольку содержащиеся в отходах металлы под действием процессов естественного выщелачивания мигрируют в экосистемы окружающей среды.

Огромные запасы техногенных месторождений, некондиционные для технологий извлечения металлов, осуществляют разрушительную для окружающей среды деятельность, масштабы которой увеличиваются.

Изложение материала и результаты. Целью исследований является создание технологий рационального использования техногенных отходов горно-обогатительного производства для получения вяжущих и инертных компонентов твердеющих смесей.

В последнее время обосновано, что активация хвостов не только способствует извлечению металлов до уровня ПДК, но и улучшает свойства хвостов, создавая условия для применения их в качестве строительных и закладочных материалов.

Активации хвостов осуществляется в установках типа дезинтегратор [4] (рис. 1).

Дезинтегратор представляет собой два вращающихся в противоположных направлениях ротора, насаженные на отдельные валы. Роторы расположены на одной геометрической оси, каждый с отдельным приводом. На дисках роторов по концентрическим окружностям расположены ряды стержней - пальцев-бил таким образом, что каждый ряд пальцев одного ротора свободно проходит между двумя рядами пальцев другого [5].

Измельчаемый материал подается в центральную часть ротора и, перемещаясь к периферии со скоростью более 250 м/с, подвергается ударам пальцев, вращающихся во встречных направлениях.

Рис. 1. Дезинтегратор

Каждая частица соударяется с пальцами-билами и друг с другом и испытывает высокоэнергетические механические удары, приводящие к ее разрушению (рис. 2).

При обработке в дезинтеграторе в веществе аккумулируется дополнительная энергия, величина которой может достигать 30% от всей затраченной на обработку энергии. Возникающие в дезинтеграторе скорости удара на порядок больше, чем в мельницах, а ускорение достигают миллионов ускорений свободного падения. Активация хвостов обогащения в дезинтеграторе позволяет мелким фракциям конкурировать с цементом.

В современных технологических процессах феномен изменения состояния вещества с получением нового качества путем воздействия на него механической энергией в дезинтеграторе используется достаточно широко [6].

В программах утилизации отходов обогащения руд целью является оптимизация составов твердеющих смесей для обеспечения нормативной прочности закладочных массивов [7].

Особый интерес заслуживает использование хвостов обогащения полезных ископаемых в составе твердеющей смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих компонентов.

Мелкие фракции обогащения размером до 0,076 мм, включающие карбонатные компоненты, используют в качестве вяжущих. Измельчение хвостов обогащения до тонкодисперсной фракции позволяет изготавливать закладочные смеси достаточной для заполнения подавляющего объема техногенных пустот прочности.

После извлечения металлов до уровня санитарных требований хвосты обогащения пригодны для изготовления закладочных смесей и бетонной товарной продукции, обеспечивая необходимую марку при нормированном расходе цементного вяжущего.

Активация в дезинтеграторе без выщелачивания существенно увеличивает прочность смеси, поэтому активированные в дезинтеграторе смеси даже без добавления цемента могут быть использованы для заполнения подавляющего объема очистных выработок.

Механохимическая активация в дезинтеграторе с добавкой цемента по сравнению с сухой активацией уменьшает прочность смеси за счет последующего увеличения влажности смеси, но это компенсируется увеличением циклов переработки.

Активация вещества уменьшает крупность исходных хвостов, в том числе за счет истирающего эффекта. Максимальный эффект обеспечивают активаторы с максимальной частотой соударений мелющих тел и небольшой интенсивностью ударов.

Расширение области утилизации хвостов обогащения и улучшение состояния окружающей среды обеспечивается реализацией нескольких направлений, которые используют хвосты обогащения, преимущественно, в качестве заполнителя без извлечения из них полезных и ценных металлов, тем самым снижая полноту использования добытых ресурсов.

Исследование параметров единого процесса переработки хвостов - механическую активацию в дезинтеграторе с химическим выщелачиванием осуществлено в установке DESI-11, изготовленной Центром прикладной механохимии "Гефест" по схеме (рис. 2).

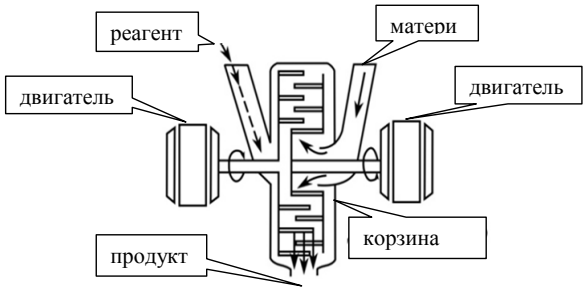

Рис. 2. Выщелачивание хвостов в дезинтеграторе

Исследованы смеси, характеризующиеся постоянным составом:

крупность хвостов обогащения - 1 мм;

соотношение компонентов: инертные, вяжущее, вода - 1445:100:380;

продолжительность твердения 7,14 и 28 суток;

частота вращения роторов дезинтегратора 200 Гц;

состав реагента: 10 г/л серной кислоты и 160 г/л хлорида натрия

Варианты активации хвостов в составе смесей включают в себя:

без активации;

механическая активация в сухом состоянии;

выщелачивание в агитаторе без активации;

механическая активация с агитационным выщелачиванием;

выщелачивание в дезинтеграторе;

многократное выщелачивание в дезинтеграторе.

Химический состав хвостов, %: SiO_2 - 64, Fe - 8, Al_2O_3 - 5,2, Mn - 3,2, K_2O - 0,7, P - 0,1, Ca - 0,8, Mg O - 0,2, Cu - $5\cdot10^{-3}$, Ni - $4\cdot10^{-3}$, Zn - $5\cdot10^{-4}$, As, Ba, Be, Bi, Co, Cr, Li, Mo, Nb, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Y - на уровне $(30\text{-}50)\cdot10^{-5}$.

Результаты испытания твердеющих смесей на прочность сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования смесей с цементом и хвостами без активации

Расход портландцемента, кг/м^3	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,79	0,92	0,101	1,20	1,41	1,80
Коэффициент вариации опытов	27	26	28	12	15	18

Примечание: расход воды 380 л/м^3.

Для увеличения прочности смеси хвосты классифицированы по крупности (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика классифицированных добавок к хвостам

Фракция	Остаток на ситах в %, мм								Потери при отмучивании, кг/м^3	Удельная поверхность, м^2/кг	Плотность, кг/м^3
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	-0,14			
Крупная	29,0	20,5	15,0	7,7	12,5	4,7	6,4	4,2	3,6	5,0	2700
Мелкая	13,6	16,7	31,7	4,3	17,4	10,0	4,3	3,5	5,0	5,1	2680

Прочность смесей, в которых хвосты обогащения комбинируется по признаку оптимальной крупности (50% крупной и 50% мелкой) увеличивается, что оценивается коэффициентом 1,15-1,25 (табл. 3).

Таблица 3

Прочность смесей с комбинированным по крупности заполнителем, МПа

Расход портландцемента, кг/м^3	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,85	1,02	1,23	1,40	1,57	1,85
Вариация	21	25	17	19	14	11

Примечание: расход воды 380 л/м^3.

Прочность смеси изменяется в зависимости от способа ее подготовки при выщелачивании металлов в дезинтеграторе (табл. 4,5).

Таблица 4

Влияние подготовки на прочность смесей с вяжущим цементом

Вид активации	Состав смеси			Прочность, МПа, с		
	хвосты	цемент	вода	7	14	28
Без активации	1445	100	380	1,04	1,11	1,20
Механическая активация	1445	100	380	1,16	1,25	1,32
Выщелачивание без активации	1445	100	380	0,52	0,61	0, 72
Механическая активация с агитационным выщелачиванием	1445	100	380	0,68	0,73	0, 88
Выщелачивание в дезинтеграторе	1445	100	380	0,73	0,77	0, 94
Многократное выщелачивание в дезинтеграторе	1445	100	380	0,92	1,10	1,22

Таблица 5

Влияние активации на прочность смесей без вяжущего цемента

Вид активации	Состав смеси			Прочность, МПа, с		
	хвосты	цемент	вода	7	14	28
Без активации	1445	0	380	0,64	0,81	1,01
Механическая активация	1445	0	380	0,86	0,95	1,12
Выщелачивание без активации	1445	0	380	0,42	0,57	0, 62
Механическая активация с агитационным выщелачиванием	1445	0	380	0,60	0,69	0, 78
Выщелачивание в дезинтеграторе	1445	0	380	0,63	0,71	0, 84
Многократное выщелачивание в дезинтеграторе	1445	0	380	0,82	1,00	1,12

Полученные результаты сравниваются с прочностью смеси с использованием в качестве вяжущего активированных в дезинтеграторе хвостов обогащения (табл. 6)

Таблица 6

Вид активации	Прочность, 28 с, МПА		
	цемент100 кг/м^3		активация б/цемента
	без активации	с активацией	
Без активации	1,30	-	1,01
Механическая активация	-	1,52	1,22
Выщелачивание без активации	-	0,92	0,62
Механическая активация с агитационным выщелачиванием	-	1,08	0,78
Выщелачивание в дезинтеграторе	-	1,20	0,94
Многократное выщелачивание в дезинтеграторе	-	1,54	1,12

Хвосты механохимической активации отходов обогащения представляют собой дисперсную массу, сложенную частицами размерами около 0,1 мм, отличающимися более равномерной структурой, что существенно повышает качество при изготовлении бетонных изделий. Эффект этого явления иллюстрируется увеличением прочности бетона, изготовленного при прочих равных условиях на основе хвостов, приготовленных разными способами: размолотых в мельнице и активированных в дезинтеграторе [8].

Хвосты обогащения, активированные в дезинтеграторе, после извлечения из них металлов до уровня санитарных требований даже без добавления цемента пригодны для изготовления товарной продукции, в том числе массивов из твердеющих смесей, обеспечивающих при определенных геомеханических условиях необходимую прочность. Закладочные смеси на основе

хвостов обогащения обеспечивают прочность искусственных массивов при сжатии до МПа, что отвечает самым жестким требованиям к искусственным массивам.

В мировой практике увеличение объемов утилизации отходов обеспечивается использованием в составе твердеющей смеси в качестве инертных заполнителей и без извлечения опасных компонентов. Такой подход противоречит требованию обеспечения экономических и экологических требований к технологии [9].

Технология изготовления товарной продукции из вторичных хвостов обогащения руд должна обеспечивать:

получение продукции из отходов обогащения руд плотностью не менее 2,4 т/м^3;

использование лежалых хвостов обогащения руд;

прочность твердеющих смесей на одноосное сжатие 0,5-1,5 МПа, достаточную для закладки большинства выработанного пространства;

снижение расхода цемента на приготовление и доставку смесей по сравнению с базовым значением.

Технологически и экономически целесообразнее использование текущих хвостов обогащения металлических руд с увязкой процессов обогащения и приготовления смесей в единую систему.

После извлечения металлов и солей хвосты обогащения могут быть использованы в составе смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих (рис. 3).

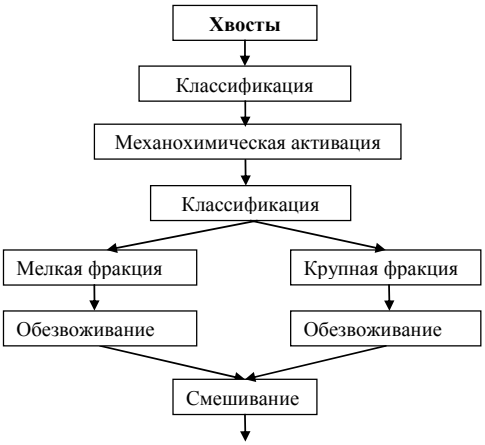

Рис. 3. Схема приготовления твердеющей смеси на основе хвостов обогащения

Выводы и направление для дальнейших исследований. Результатами многофакторного эксперимента доказано, что активация хвостов обогащения путем выщелачивания в дезинтеграторе существенно улучшает качество вторичных хвостов переработки и увеличивает прочность твердеющих смесей из них.

Технология обеспечивает безотходную утилизацию хвостов обогащения, обладая преимуществами экономического и экологического характера по сравнению с традиционными технологиями[10].

Список литературы

1. **Morkun V., Tron V.** Ore preparation energy-efficient automated control multi-criteria formation with considering of ecological and economic factors, Metallurgical and Mining Industry, No5, 2014, pp. 8-11.

2. **Комащенко В.И., Комащенко С.В., Ерохин И.В., Бурдзиева О.Г.** Разработка эффективных методов комплексного и полного извлечения металлов из техногенного сырья, с целью рекреация геологии и горной среды. Труды Воронежского Государственного университета, ВОРОНЕЖ, 20-22 ноября 2013. - С. 330-333.

3. **Голик В.И., Полухин О.Н.** Природоохранные технологии в горном деле. ИД Белгород НИУ Бел ГУ. 2013.

4. **Golik V.I.., Komachshenko V.I.,Rasorenov Y.I.** Activation of Technogenic Resources l Disintegrators. Springer International Publishing Switzerland, 2013.P.1001-1010 Scopus.

5. **Хинт И.А.** УДА- технология: проблемы и перспективы. Таллинн, 1981.

6. **Голик В.И.** Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико- технических и физико-химических геотехнологий. Горный журнал. 2013. №5. С.93-96.

7. **Фоменко А. А.** Использование техногенных скоплений и забалансовых руд цветных металлов в контексте экономики природопользования Горный журнал, 2013. - №2. - С.89-94.

8. **Polukhin O.N. Komashcenko V.I. Golik V.I., Drebenstedt K**. Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailing usage in solidifing mixtures production. Technische University Bergakademie Freiberg, Germany Publisher: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg Printed in Germany ISSN: 2014, 2190-555X. C. 402-413.4.

9. **Гендлер С.** Г.Обеспечение комплексной безопасности при освоении минерально-сырьевых и пространственных ресурсов недр. Горный журнал. 2014. №5. С.98-102.

10. **Golik V.I.., Komachshenko V.I., Drebenstedt K.** Mechanochemical Activation of the Ore ind Coal Tailings in the Desintegrators. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_101, Springer International Publishing Switzerland 2013.

Рукопись поступила в редакцию 22.04.15

УДК [622.81:534.222.2]: 622.868.42

Н.Н. НАЛИСЬКО, канд. техн. наук, доц., Украинская инженерно-педагогическая академия

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМОВ ЗАГАЗИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ИМПУЛЬС УДАРНОЙ ВОЗДУШНОЙ ВОЛНЫ

На аварийных участках защиту горноспасателей от потенциальной угрозы взрыва выполняют изолирующие перемычки. Силовое воздействие взрыва на защитное сооружение рассчитывают по специальной методике.

Нерешенным остается теоретическая задача взаимосвязи между объемом метановоздушной смеси в изолированном пространстве и величины импульса взрывной волны действующей на взрывозащитное сооружение.

Для теоретического анализа поставленной задачи предлагается использовать газодинамический метод расчёта параметров распространения воздушных ударных волн с использованием метода численного счета уравнений газовой динамики – метод «крупных» частиц. Анализ влияния объемов и длины загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны выполнен путем проведения численного эксперимента взрыва газовоздушной смеси в цилиндрическом канале. При увеличении длины загазированного участка увеличивается избыточное давление и соответственно возрастает силовое воздействие на взрывозащитное сооружение. Однако при этом, как показывает расчет, изменяется не только абсолютное значение избыточного давления, но и увеличивается длина зоны сжатого газа, что приводит к увеличению импульса за счет увеличения объем газа, вовлеченного ударной волной в движение. Начиная с некоторого значения длины загазованного участка прирост величины давления уменьшается, а прирост объемов газа вовлеченного в движение взрывной волной не падает, что вызывает увеличение времени силового воздействия на перемычку. Поскольку разрушения взрывозащитного сооружения может происходить при увеличении времени силового воздействия, а следовательно и импульса, то отсутствие учета этого параметра в расчете безопасных расстояний может повлечь негативные последствия повторных взрывов в изолированных участках.

Выполненный с помощью численного метода «крупных» частиц анализ влияния длины загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны, показал необходимость учета импульса силы волны при определении безопасных расстояний и конструкций взрывозащитных сооружений.

Ключевые слова: ударная волна, метановоздушная смесь, импульс, горная выработка, численный расчет

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Во время ведения работ на аварийных и изолированных участках шахт опасность для спасателей представляют повторные взрывы рудничной атмосферы, возникающие в запеpемыченых пространствах. В настоящее время накоплен большой опыт работы ГВГСС в области изоляции подземных пожаров. Однако до сих пор и при изоляции подземных пожаров и после ее иногда имеют место взрывы в изолированном пространстве с разрушениями взрывозащитных сооружений и тяжелыми последствиями для рабочих занимающихся ликвидацией пожара.

Так на шахте им. А.Ф. Засядько в 2008 году произошло два взрыва в таких зонах, которые привели к разрушению взрывозащитных сооружений и гибели горноспасателей. Одной из причин такого состояния – недостаточная точность в прогнозировании параметров действия ударной воздушной волны на взрывозащитные сооружения.

Анализ исследований и публикаций. В аварийных ситуациях при потенциальной угрозе взрыва, силовое воздействие на взрывозащитное сооружение рассчитывают по специальной методике. Согласно Устава ГВГСС [1], безопасное расстояние и соответственно место установки взрывозащитных сооружений определяют по действию ударной воздушной волны (УВВ) на человека, и только лишь по величине избыточного давления УВВ в момент прихода ее фронта в точку установки сооружения.

На основании опыта ведения спасательных работ и анализа аварийных ситуаций горноспасатели сформулировали критических замечаний к действующей методике [2, 3]: не учитывается влияние полной энергии взрыва, что приводит к ситуации, когда величина безопасного расстояния не зависит от объема загазирования; при расчете нагрузки на защитное сооружение не учитывается действие отраженной ударной волны и величина полного импульса силы действующего на перемычку, а расчет устойчивости сооружения производится на статическую нагрузку от падающей волны.

Для решения этой задачи последнее время рядом организаций проводились работы по уточнению действующей методики расчета безопасных расстояний и параметров воздушных ударных волн на аварийных участках. Было принято несколько стандартов организаций по расчету параметров распространения воздушных ударных волн в горных выработках.

Но в новых документах, в части расчета амплитуд и параметров распространения УВВ по

© Налисько Н.Н., 2015

сети горных выработок использовался старый подход, основанный на результатах экспериментальных взрывов и полученных на их основе эмпирических зависимостях [6].

В Украине большая работа по совершенствованию методов расчета параметров распространения УВВ в горных выработках и изучению других эффектов сопровождающих этот процесс проводится в НИИ горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор».

В исследованиях этого института представлены аналитические решения для расчета избыточного давления в момент формирования УВВ, как для выработок загазированных по всему сечению таки для слоевых скоплений метана [5,6]

В России, в совместных работах Томского политехнического института, РосНИИГД и Института угля СО РАН проводятся исследования по математическому моделированию распространения УВВ в сети горных выработок [7,8].

Численное решение задач газовой динамики в этих работах производится методом Годунова. В постановке задачи используется одномерная схема течения газа в протяженной выработке и лишь на сопряжениях задача решается в трехмерной постановке. Используемый метод Годунова является сильно затратным с точки зрения объема вычислительных операций.

Это связано с весьма сложной линеаризованной схемой необходимой для возможности счета разрывов параметров с большими градиентами в соседних точках, что возникает во фронте ударной волны. Несмотря на высокую производительность современных ЭВМ затраты машинного времени на решения одной задачи таким методом могут быть значительными и представлять проблему в оперативности и точности расчетов.

Постановка задачи. В работе [9] приводятся результаты исследований РосНИИГД для шахтных взрывозащитных сооружений. Показано, что результат воздействия на конструкцию давления меняющегося со временем, зависит от соотношения времени действия сил τ и времени релаксации системы t. Для упругих систем время релаксации обычно заменяется периодом собственных колебаний T_0. Анализ импульсных воздействий на элементы конструкций свидетельствует о том, что если $\tau/T_o>1$, то смещения и деформации системы пропорциональны действующей силе. П

ри $\tau/T_o<1$ деформации и смещения пропорциональны импульсу УВВ. Таким образом, определение абсолютного значения импульса УВВ и время действия импульсной нагрузки является условием прогнозирования устойчивости взрывозащитных сооружений.

Нерешенным, на сегодняшний день, остается теоретическая задача взаимосвязи между объемом метановоздушной смеси в изолированном пространстве и величины импульса УВВ действующей на взрывозащитное сооружение.

Изложение материала и результаты. В настоящее время, в действующих в Украине нормативных документах по определению параметров воздушных ударных волн при взрыве шахтной атмосферы, силовое воздействие на взрывозащитное сооружение определяется только амплитудой избыточного давления в приходящей УВВ, которая в свою очередь при прочих равных условиях зависит от длины загазированного участка и сечения выработки [1]. В соответствии с этой длинной сопоставляется величина избыточного давления, которое возникает на границе участка загазирования.

Это соответствие имеет предел нарастания с увеличением длины участка. При длине участка свыше 65 м (или 15 м, в зависимости от условий) максимальное избыточное давление далее не дифференцируется и устанавливается равным 2,8 МПа.

Данные соотношения были получены путем проведения экспериментальных взрываний метановоздушной смеси на опытных участках Карагандинских шахт [10]. Полученные пределы избыточного давления и длин участков очевидно характерны для некоторых условий проведения эксперимента.

Теоретически, форма взаимосвязи избыточного давления от длины участка загазирования будет иметь прямую зависимость, график которой, начиная с некоторой длины выполаживается и переходит в линию, асимптотически приближающуюся к горизонтальной прямой (рис. 1).

Согласно теории взрывов и течения газов в цилиндрических каналах на параметры затухания потока влияет сила трения газа о стенки канала.

Поэтому для горных выработок угол наклона и точка начала выполаживания графика будет зависеть от длины загазированного участка и сечения выработки.

Таким образом, предельные длины активного участка в каждом конкретном случае будут раз-

личны. Эти же закономерности предположительно можно перенести на величину импульса УВВ, передаваемого взрывозащитному сооружению.

Для теоретического анализа поставленной задачи предлагается использовать газодинамический метод расчета параметров распространения воздушных ударных волн при взрывах газовоздушных смесей в протяженных горных выработках.

В работах [11,12] приведено описание метода численного счета уравнений газовой динамики - метод «крупных» частиц. Основные положения данного физико-математического моделирования процессов взрыва метановоздушных смесей в горных выработках следующие.

Расчет силового воздействия воздушной ударной волны определяется как плотность импульса и полный импульс силы, действующий на жесткую стенку, время активного силового воздействия на жесткую стенку и максимальные давления, возникающие в плоскости взрывозащитного сооружения с учетом падающей и отраженной ударной волны.

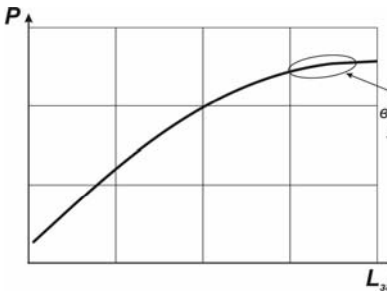

Рис. 1. Влияние длины загазированого участка на величину избыточного давления ударной воздушной волны: P - давление на границе загазированного участка выработки; $L_{заг}$, $S_в$ - длина и площадь сечения загазированного участка выработки

Задача решалась путем использования методов численного счета уравнений гидродинамики в системе "газовая взрывчатая среда-окружающая среда".

Для решения задачи применялась цилиндрическая система координат: z - координата вдоль выработки (рис. 2).

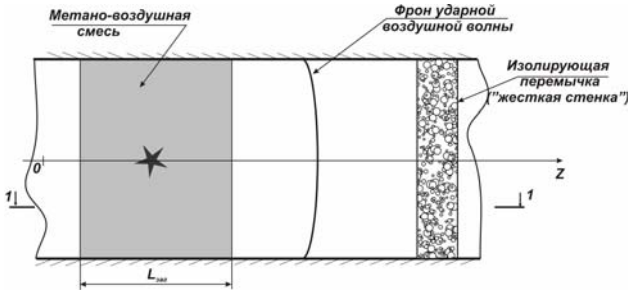

Рис. 2. Схема воздействия воздушной ударной волны на взрывозащитное сооружение: $L_{заг}$ - длина загазированного участка выработки, м

Движение среды в цилиндрической системе координат описывается уравнениями Эйлера (в дивергентном виде)

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \overline{W}) = 0, && \text{неразрывности}\\
&\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial \rho u}{\partial t} + div(\rho u \overline{W}) + \frac{\partial P}{\partial z} = 0,\\
&\frac{\partial \rho v}{\partial t} + div(\rho v \overline{W}) + \frac{\partial P}{\partial r} = 0
\end{aligned}\right\} && \text{движения} \qquad (1)\\
&\frac{\partial \rho E}{\partial t} + div(\rho E \overline{W}) + div(PW) = 0, && \text{энергии,}
\end{aligned}$$

где ρ - плотность; P - давление; W - скорость; u,v - компоненты скорости W по оси z и r соответственно; z,r - цилиндрические координаты; $E=J+\frac{1}{2}(u^2+v^2)$ - полная энергия.

Для решения рассматриваемой задачи применялся модифицированный метод численного счета – метод «крупных» частиц (МКЧ) [3, 11].

Оценка силового воздействия воздушной ударной волны на взрывозащитное сооружение определяется по максимальному значению давления на преграде и величине переданного импульса за время, когда перепад давления больше критического. Максимальная амплитуда избыточного давления, как в падающей, так и отраженной УВВ можно зафиксировать в результате проведения численного эксперимента.

Расчет импульса производится по формуле

$$I = S\int_0^{t_k}(P(t) - P_н)dt\,,$$

где $t_к$ - время существования избыточного давления больше критического, в принятом расчете это условия определялось соотношением: $P(t)>1{,}25P_н$

На рис. 3 показано графическое представление импульса УВВ передаваемого взрывозащитному сооружению. Анализ влияния объемов и длины загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны выполнен путем проведения численного эксперимента методом «крупных» частиц взрыва газовоздушной смеси в цилиндрическом канале.

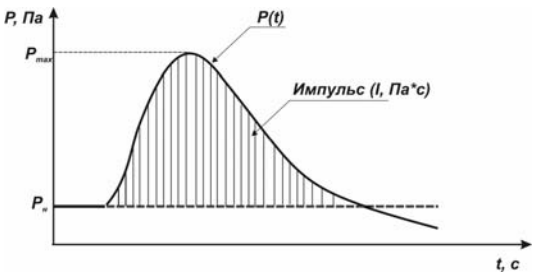

Рис. 3. Графическое представление силового воздействия на преграду: *P(t)* – давление, возникающее на элементарной площадке поверхности взрывозащитного сооружения; *t* – текущее время процесса, *I* – суммарный импульс силового воздействия ударной волны на защитное сооружение

Условия проведения численного эксперимента представлены в табл. 1. Расчет проводился для условий взрыва газовоздушной смеси в прямолинейной выработке. Результаты численного счета указанному алгоритму представлены в виде графиков давлений в сечении 1-1 (см. рис. 2).

В процессе численного счета производится построение графиков давления, скорости, плотности, температуры и некоторых других характеристик газового потока для каждого шага по времени.

Таблица 1

Условия проведения численного эксперимента

Наименование параметра	Величина
Поперечное сечение выработки, м^2	7,2
Длина загазированного участка, м	1-100
Расстояние от торца загазированного участка до взрывозащитного сооружения, м	100
Избыточное давление взрыва загазированного участка, МПа	0,15-2,8
Характеристики расчетной сетки	
Шаг по времени, мс	50
Размер стороны квадратной ячейки расчетной сетки, м	0,1

Таким образом можно видеть процесс распространения УВВ в динамике и определять динамические характеристики процесса.

На рис. 4 представлены результаты счета в виде графиков давления и скорости газового потока, в некоторый момент времени для условий: длина загазированного участка 5 м, сечение выработки 7,2 м^2. После отражения УВВ от жесткой стенки плотность полного импульса в расчетной ячейке составила I = 1,38·10^3 Па·с.

Рис. 4. Состояние газовой среды в расчетной области, в сечении 1-1:длина загазированного участка 5 м, сечение выработки 7,2 м^2, плотность полного импульса в расчетной ячейке I = 1,38·10^3 Па·с

При увеличении длины загазированного участка до порогового значения, согласно нормативного документа [1] увеличивается избыточное давление и соответственно возрастает силовое воздействие на взрывозащитное сооружение. Однако при этом, как показывает расчет, изменяется не только абсолютное значение избыточного давления, но и изменяется характер УВВ – ширина зоны сжатия увеличивается, что приводит к увеличению импульса за счет увеличения одномоментного объем газа, вовлеченного ударной волной в движение (рис. 5).

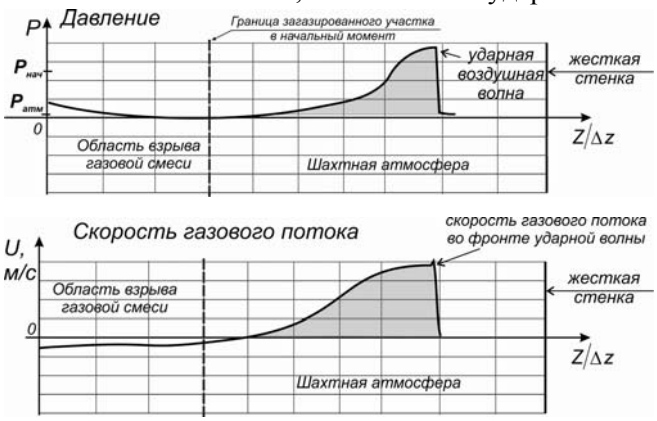

Рис. 5. Состояние газовой среды в расчетной области, в сечении 1-1: длина загазированного участка 65 м, сечение выработки 7,2 м^2, плотность полного импульса в расчетной ячейке I = 4,1·10^4 Па·с

Особенно четко это видно на графике скорости газового потока в виде заштрихованной области.

Возникает логичный вопрос: что же произойдет при дальнейшем увеличении длины загазированного участка?

Ответ можно получить, проведя численный эксперимент с увеличенной длиной загазированного участка до 100 м.

Согласно нормативного документа [1] при длине загазированного участка свыше 65 м абсолютное избыточное давление не увеличивается и фиксируется на значении 2,8 МПа.

Результаты численного эксперимента для этих условий (рис. 6) показали, что несмотря на отсутствие роста избыточного давления в ударной волне, импульс УВВ продолжает увеличиваться.

Рис. 6. Состояние газовой среды в расчетной области, в сечении 1-1: длина загазированного участка 100 м, сечение выработки 7,2 м^2, плотность полного импульса в расчетной ячейке I = 9,7·10^4 Па·с

Это связано с увеличением объема воздушных масс вовлекаемых в движение.

Поскольку разрушения взрывозащитного сооружения может происходить при увеличении времени силового воздействия, а следовательно и импульса, то отсутствие учета этого параметра в расчете безопасных расстояний может повлечь негативные последствия повторных взрывов в изолированных участках.

На текущем этапе, в разработанной схеме численного счета пока не учитывается расход энергии УВВ на теплопотери и торможение газового потока за счет трения о стенки выработки. Эти факторы повлияют на установления баланса между энергией сгораемого газовоздушного облака и расходом энергии на вовлечение в движение возрастающих объемов шахтной атмосферы.

Таким образом, форма взаимосвязи импульса УВВ от длины участка загазирования будет иметь аналогичную с избыточным давлением зависимость, график которой, представлен на рис. 1.

Выводы и направления дальнейших исследований. Разработанная устойчивая разностная схема численного счета отражает и позволяет визуализировать физические эффекты распространения ударной воздушной волны участке горной выработки. Выполненный с помощью численного метода «крупных» частиц анализ влияния длины загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны, показал необходимость учета импульса силы УВВ при определении безопасных расстояний и конструкций взрывозащитных сооружений.

Для установления количественных параметров взаимосвязи рассмотренных факторов для конкретных условий необходимо развитие схемы численного счета с учетом потерь энергии УВВ на нагрев стенок и торможение газового потока за счет трения.

Список литературы

1. Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ: ДНАОП 1.1.30-4.01-97.– Киев, 1997.– 450 с.

2. **Плотников В.М.** Обеспечивается ли безопасность труда горноспасателей при угрозе взрыва газа и пыли в угольных шахтах// Безопасность труда в промышленности.– 1992.– № 1.– С. 29-33.

3. **Чернай А.В., Налисько Н.Н.** Обоснование разработки новых подходов к расчету параметров распространения воздушных ударных волн в горных выработках // Матеріали 3-ї міжнародної науково-технічної конференції «Техногенні катастрофи: моделі, прогноз, зпобігання» – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2013.– С. 132-143.

4. **Гурин А.А., Малый П.С., Савенко С.К.** Ударные воздушные волны в горных выработках.– М.: Недра, 1983.– 223 с;

5. **Агеев В.Г.** Математическая модель формирования ударных волн в горных выработках при взрывах метана// Горноспасательное дело.– 2010.– Вып. 47.– С. 5–10.

6. **Греков С.П., Зинченко И.Н., Карманов В.С.,** Методика расчета параметров воздушных ударных волн при взрывах газа и пыли в шахтах// Горноспасательное дело.– 2010.– Вып. 47.– С. 17-25.

7. Математическое моделирование нестационарных процессов вентиляции сети выработок угольной шахты/ **И.М. Васенин, Э.Р. Шрагер, А.Ю. Крайнов, Д.Ю. Палеев** и др.// Компьютерные исследования и моделирование.– 2011.– Т.3 №2.– С. 155-163.

8. **Палеев Д.Ю., Лукашов О.Ю., Мячин В.В, Костенко В.Н.** Оценка влияния волновых эффектов распространения ударных воздушных волн на величину взрывобезопасного расстояния // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в угольных регионах».– Кемерово, 2000.– С. 143-145.

9. **Пефтибай Г.И., Чайковская Э.Г., Луганский А.М.** Применение современных материалов для возведения изолирующих взрывоустойчивых сооружений// Горноспасательное дело.– 2010.– Вып. 47.– С. 25-34;

10. О коэффициенте затухания воздушных ударных волн при их распространении по прямолинейным участкам выработок/ **А.М. Чеховских, В.И. Гудков И.Л. Пономарев** и др. Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело.– 1970.– №11-12.– С. 38-39.

11. **Налисько Н.Н.** Численный расчет динамической нагрузки от воздействия воздушных ударных волн на инженерные сооружения // Высокоэнергетические системы, процессы и их модели.– Днепропетровск: Национальный горный университет.– С. 255-266.

Рукопись поступила в редакцию 30.04.15

УДК 621.316.53

О. Г. ВОЛКОВА, канд. техн. наук,
Запорізький національний технічний університет

МЕТОД ЗМЕНЬШЕННЯ ПЕРЕХІДНОГО ОПОРУ РОЗРИВНИХ КОНТАКТІВ КОМУТАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ

Теоретично обґрунтована залежності перехідного опору електричних контактів від дотичної сили стискання без проковзування (величина дотичного зусилля до поверхонь замкнутих контактів не перевищує 0,1 від нормального). Одержано степеневі залежності довжини площадки контакту та змінення перехідного опору від способу силового навантаження. Експериментально підтверджено для мідних (М1), латунних (ЛС-59) та срібних контактів (КМК-А00) зменшення перехідного опору на 33 − 66%. Надані рекомендації по підвищення роботоспроможності розривних контактів. Запропоновано, як один із методів для забезпечення докладання дотичної складової використовувати ексцентрикові вісі в шарнірних вузлах для базової моделі - контактора перемикача відгалужень обмоток трансформатора КНОА 110/1000. Запропоновано ще на стадії проектування електричного апарату використовувати сучасні методи комп'ютерного моделювання на основі кінцево-елементного аналізу (наприклад ANSYS), які дозволяють оптимізувати конструкцію апарата за критерієм відносності пластичної та пружної деформації, що гарантує збільшення фактичної пощаді контакту та скоротити витрати на розробку нової конструкції та удосконалення існуючих. Приведені результати моделювання взаємодії контактів при різних зусиллях стискання.

Ключові слова: перехідний опір, зусилля стискання, пластична деформація, розривні контакти, контактний матеріал.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Відомо, що зусилля стискання контактних поверхонь є основним чинником формування характеру контактної взаємодії [1-6]. Контакт з пластичною (1) деформацією гарантує ліпшу провідність ніж пружній (2), що підтверджується показником степені при зусиллі стискання [3-6]

$$R_{np} = k / P_K^{1/2} . \quad (1)$$

$$R_{np} = \varepsilon / P_K^{1/3} . \quad (2)$$

де P_K - сила контактного стискання; k, ε - коефіцієнти, що враховують властивості матеріалу контактів та характер контактної взаємодії.

Оцінити характер деформації контактних поверхонь (пружний або пластичний) можна тільки в найпростіших випадках контактної взаємодії, оскільки зазвичай доводиться мати справу з пружно-пластичними процесами. Проведені дослідження [7-8] вказують що збільшити фактичну площу контакту можна за рахунок докладання дотичної складової сили (без проковзування) до контактної поверхні.

Мета роботи - дослідити вплив зусилля стискання на перехідний опір та запропонувати метод зменшення перехідного опору розривних контактів.

Матеріал і результати досліджень. Бажання знайти загальні закономірності залежності перехідного опору від зусилля стискання призвело до необхідності враховувати поряд з силою стискання F_n, нормально спрямованої до контактних поверхонь дотичної сили F_t, яка до розрахунку зазвичай не приймається і призводить до недооцінки її впливу на формування поверхні фактичного контакту, а отже, і перехідного опору (рис. 1). Доказом цьому є результати, отримані внаслідок комп'ютерного моделювання взаємодії контактних поверхонь за допомогою пакету розрахункових програм Comsol Multiphysics.

Плоска модель задачі, представлена на рис. 1 розбивається на локальні області загальною глибиною 5 мм. Матеріал контактів - мідь.

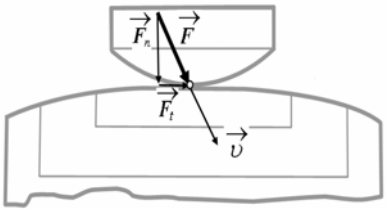

Рис. 1. Розрахункова модель взаємодії контактних поверхонь

Користуючись положеннями теорії пружності деформація контактної поверхні визначалася рівнянням [9]

$$\nabla\left(\left(\frac{\mu \cdot E}{(1+\mu)\cdot(1-2\cdot\mu)} + \frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\right)\cdot div\left(\vec{u}\right)\right) + \nabla\left(\frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\cdot\nabla\vec{u}\right) = 0 , \quad (3)$$

де $\vec{u}$ - двомірний вектор переміщення; E - модуль пружності; μ - коефіцієнт Пуассона.

© Волкова О.Г., 2015

Особливість розрахунків полягала в необхідності враховувати пружно-пластичний характер взаємодії

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\left(\frac{\mu\cdot E}{(1+\mu)\cdot(1-2\cdot\mu)}+\frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\right)\cdot\left(\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\cdot\frac{\partial u_x}{\partial x}\right)=0,$$

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\left(\frac{\mu\cdot E}{(1+\mu)\cdot(1-2\cdot\mu)}+\frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\right)\cdot\left(\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{E}{2\cdot(1+\mu)}\cdot\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)=0 \qquad (4)$$

враховуючи, що $\frac{\partial u_x}{\partial x}=\frac{\partial u_y}{\partial y}=0$ при x=5 мм, де $\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}$ - відносне подовження; u_x, u_y - компоненти вектора переміщення.

Пластична деформація в цьому випадку враховується білінійною залежністю модуля пружності від відносного подовження [10]. Така залежність показана на рис. 2.

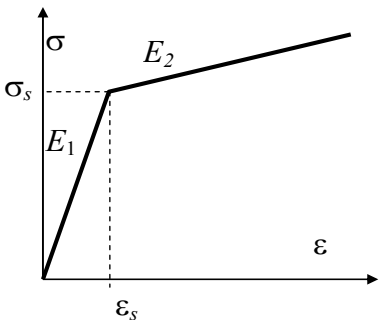

Рис. 2. Білінійна апроксимація $\sigma=f(\varepsilon)$

Розрахунки проводилися для двох варіантів:

навантаження силою, що діє по нормалі до поверхні контакту;

навантаження нормальною F_n і дотичною F_t силами, при цьому $F_t \le 0{,}1F_n$.

В якості базової моделі для дослідження був обраний контактор перемикаючого пристрою КНОА-110/1000. При моделюванні сила виражалася у відносних одиницях «Parameter» наведених, до максимальної величини нормальної складової сили стиснення (500 Н- паспортні дані).

$$Parameter = F_n / 500. \qquad (5)$$

В якості характеристик моделюючий процес розглядалися залежності довжини лінії площадки контакту A , перехідного опору R , розподілу деформації і тиску на поверхні контактів від Parametr . У процесі розрахунку визначалися лінійні розміри зони контакту (лінії контакту A_1і A_2) відповідно для обох варіантів прикладання сили. Площа Q зони контакту визначалася як добуток довжини лінії контакту на його ширину (50 мм).

Результати розрахунку представлені у вигляді графіків на рис. 3.

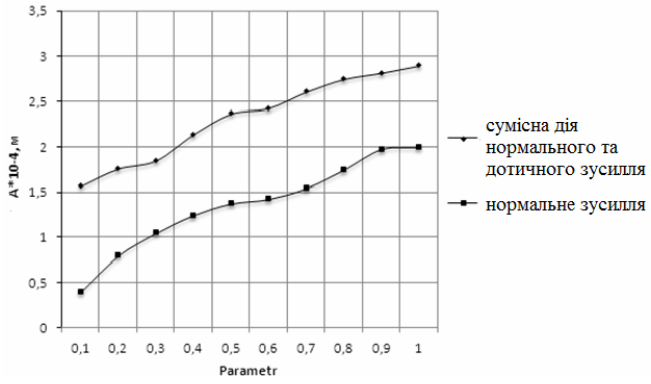

Рис. 3. Значення довжини лінії контакту для двох варіантів прикладання сили стиснення

Спрощені степеневі залежності довжини площадки контакту від відносної величини сили (P = Parameter) отримані розрахунком з використанням метода найменших квадратів,м

$A_1=2{,}86\cdot10^{-4}\cdot P^{0{,}29}$; $A_2=2{,}10\cdot10^{-4}\cdot P^{0{,}66}$. (6)

Аналіз графіків показує, що додаток дотичного зусилля значно збільшує розміри лінії контакту, особливо при малих значеннях нормального зусилля стискання.

Оцінка перехідного опору отримана за умови, що площадка контактної взаємодії Q представлена еквівалентною за площею окружністю радіуса

$$r_i = \sqrt{A_i \cdot 50\cdot10^{-3}/\pi}, \qquad (7)$$

де i – номер варіанту навантаження, I =1,2.

З урахуванням (6), (7) визначаються величини R_i перехідного опору для двох варіантів прикладання зусилля

$$R_i=2\cdot10^{-8}/2r_i \qquad (8)$$

Розрахункові залежності перехідного опору від Parameter представлені у вигляді графіків на рис. 4.

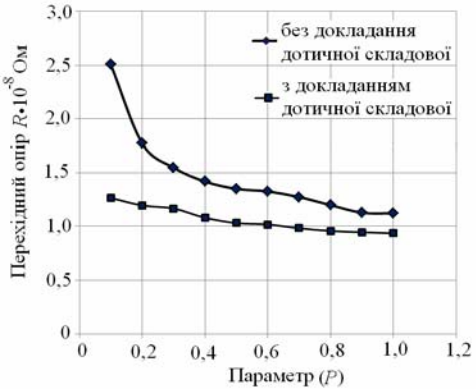

Рис. 4. Залежність перехідного опору від способу навантаження

Завдяки шорсткості твердих поверхонь фактичний контакт відбувається тільки в окремих нечисленних точках дотику. Кількість, розмір і розташування цих точок багато в чому залежить від характеру прикладеного зусилля стискання. Докладання нормального зусилля приводить до зростання кількості точок контакту, а дотичне зусилля здатне збільшувати їх розміри. Зменшення перехідного опору при докладанні дотичного зусилля отримало експериментальне підтвердження.

Порівняння графіків тиску на рис. 5 і 6 вказує на зростання області контактної взаємодії, від $2{,}5\cdot10^{-4}$ мм^2 до $5{,}0\cdot10^{-4}$ мм^2. При цьому враховуючи, що межа плинності міді становить $2\cdot10^8$ Па, площа ділянки з пластичною деформацією збільшилася від $1{,}4\cdot10^{-4}$мм^2 до $2{,}6\cdot10^{-4}$ мм^2. За сукупністю цих змін стану контактної поверхні, має знижуватися і перехідний опір.

Експериментальна оцінка. На стенді з визначення перехідного опору розривних контактів методом вольтметра-амперметра були проведені експериментальні дослідження залежності перехідного опору від характеру прикладання зусилля замикання контактів. Дотичне зусилля, яке не перевищувало зусилля тертя спокою стислих контактів, прикладалося плавно за допомогою мікрометричного гвинта; хід гвинта не перевищував 0,2 мм. Встановлено, що перехідний опір при наявності дотичного зусилля зменшується від 41 до 46 % для мідних і 44 до 66 % для латунних контактів. Для срібних контактів цей ефект проявився тільки в діапазоні невеликих зусиль стискання 19,6−29,4 Н, що пояснюється розбіжністю в механічних властивостях контактних матеріалів. Результати проведеного експерименту наведені на рис.7.

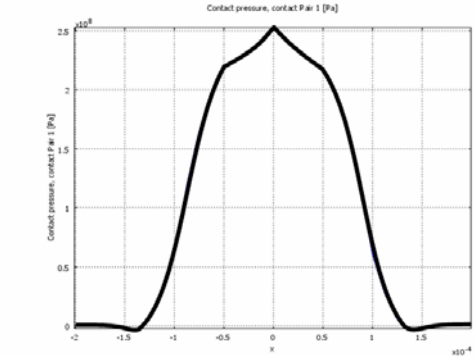

Рис. 5. Розподіл тиску на контактній поверхні при навантаженні нормальним зусилля

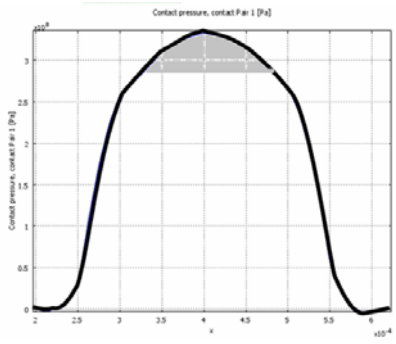

Рис. 6. Розподіл тиску на контактної поверхні при навантаженні нормальним і дотичним зусиллями

Рис. 7. Перехідний опір розривних контактів з міді (М1) *а*, латуні (ЛС-59) *б* та срібла (КМК-А00) *в* залежно від характеру навантаження

Інженерне рішення зниження перехідного опору. На основі аналізу пружно-пластичного характеру взаємодії контактних матеріалів показано, що зусилля спрямовані по дотичній до поверхні замкнутих контактів, сприяють зниженню перехідного опору. Стосовно важельних конструкцій механізмів перемикання, такі рекомендації можна реалізувати з мінімальними витратами, наприклад встановивши ексцентрикові вісі в шарнірних вузлах кріплення коромисел.

Схема такої модернізації на прикладі базової моделі - контактора перемикача відгалужень обмоток трансформатора КНОА 110/1000 показана на рис 8.

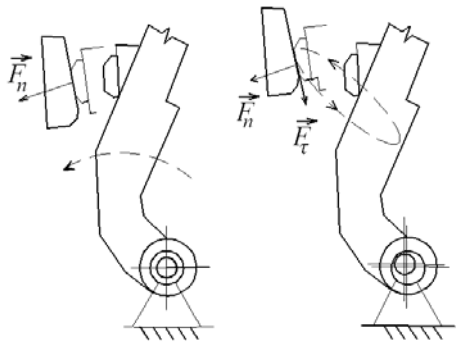

Рис. 8. Важільна система контактора до *а* та після *б* установки ексцентрикових вісей

Оцінка характеру взаємодії контактних поверхонь у реальних умовах вимагає врахування великої кількості факторів (механічні характеристики контактних матеріалів при робочих температурах, конфігурація і мікрогеометрія поверхонь, що контактують, механічних і адгезійних властивостей поверхневих плівок та ін.) Це суттєво ускладнює побудову моделі контактної взаємодії. Однак сучасні методи комп'ютерного моделювання на основі кінцево-елементного аналізу дозволяють істотно спростити цю задачу, використовуючи пакети розрахункових програм. Результати такої роботи на прикладі контактної задачі для розривних контактів базової моделі представлені у вигляді епюр напружень і переміщень на поверхні головних контактів (рис. 9).

а *б*

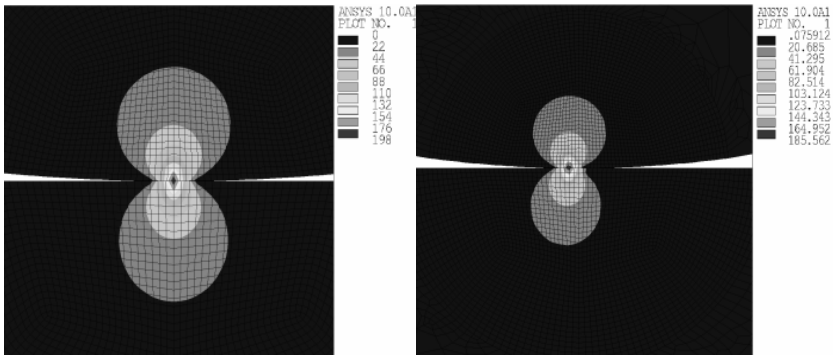

Рис. 9. Результати моделювання взаємодії контактів в контакторі КНОА 110/1000: *а*, *б* - епюри напружень у зоні контакту при зусиллях замикання 156,8 та 245 Н

Висновки. Отримала подальший розвиток математична модель пружно взаємодії контактних поверхонь, в якій модуль пружності контактних матеріалів представлений білінійною залежністю від деформації.

Запропоновано алгоритм розрахунку полів механічних напруг і переміщень контактної поверхні при стисненні контактів, заснований на використанні методу КЕ. Новим є, подання площі фактичного контакту у вигляді еліпса, розміри якого є функціями не лише межі текучості матеріалу і нормального зусилля, але і дотичного зусилля прикладеного до контактактної поверхні.

Наведено експериментальні дослідження зміни перехідного опору при докладанні поряд з нормальним дотичного зусилля замикання контактів. Встановлено, що перехідний опір при наявності дотичного зусилля зменшується від 41 до 46% для мідних і від 44 до 66% для латунних контактів. Для срібних контактів цей ефект проявився лише в діапазоні невеликих зусиль стиснення 19,6 - 29,4 Н, що пояснюється меншим межею плинності в срібла ніж у міді і її сплавів.

Список літератури

1. **Braunovic M.** Electrical contacts: fundamentals, applications and technology / **M. Braunovic, N.K. Myshkin**, V.V. Konchits. – New York : CRC Press, – 2007. – P. 646.

2. **Garzon R.D.** High voltage breakers: design and applications / **R.D. Garzon**. – New York : Marcel Dekker, Inc. – 2002. – P. 456.

3. **Хольм Р.** Электрические контакты / **Р. Хольм**; пер. с англ. − М. : Иностранная литература, 1961.− 464 с.

4. **Таев И.С**, Электрические контакты и дугогасительные устройства / **И.С. Таев**. – М. : Энергия, 1973. – 424 с.

5. **Омельченко В.Т.** Теория процессов на контактах / **В.Т.Омельченко**.– Харьков: Высшая школа, 1979. – 126 с.

6. **Мышкин Н.К.** Электрические контакты / **Мышкин Н.К., Кончиц В.В., Браунович М**. − Долгопрудный : Интеллект, 2008. – 560 с.

7. **Волкова О.Г.** Исследование влияния усилия сжатия на переходное сопротивление разрывных электрических контактов / **О.Г. Волкова, В.С. Лупиков, Е.И. Байда** // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №. 28 – С. 12−21.

8**. Волкова О.Г.** Влияние усилия замыкания разрывных контактов на переходное сопротивление / **О.Г. Волкова** // Електротехніка і Електромеханіка. – 2011. – № 2 – С. 25−26.

9. **Френкель Я.И.** Курс теоретической механики на основе векторного и тензорного анализа / **Я.И. Френкель**. – М. : Либроком, 2010. − 440 с.

10. **Мур Д.** Основы и применения триботехники / Д. Мур. – М. : Мир, 1978. – 488 с.

Рукопись поступила в редакцию 22.04.15
УДК 544.77.052.22

І. І. ВОЛОБАЄВ, ТОВ «Троіліт», Інститут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України
О. М. ЛАВРИНЕНКО, д-р хім.наук, Інситут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України
І. В. ВОЛОБАЄВ, к. т. н., ТОВ «Троіліт»
А. ЛІОНО, First Mining Madencilik SANAYI VE TICARET LIMITED SIRKETI
З. Р. УЛЬБЕРГ, д-р хім.наук, проф. Інситут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України

БІОФЛОКУЛЯРНЕ ЗБАГАЧЕННЯ ДИСПЕРСНИХ БУРОЗАЛІЗНЯКОВИХ РУД

Роботу присвячено вирішенню актуальної проблеми сьогодення: створенню технологічної схеми збагачення тонкодисперсних бурозалізнякових руд. Розробку технології проведено на хвостах збагачення бурозалізнякових руд фабрики Омарська (Боснія та Герцеговина), в яких головна залізовмісна мінеральна фаза – гетит – характеризується слабомагнітними властивостями, що ускладнює збагачення матеріалу традиційними методами. На основі результатів лабораторних досліджень запропоновано технологію, яка передбачає біофлокуляцію сировини з клітинами мікроводоростей та подальшу магнітну сепарацію.

Ключові слова: бурозалізнякові руди, флокуляція, залізні руди, біологічні методи збагачення.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогоднішній день активна експлуатація багатих родовищ залізних руд призвела до значного скорочення їх запасів. В той же час ряд економічних, технічних та інших чинників спонукають вчених та технологів звертати увагу на менш перспективні родовища та рудовиявлення, до яких належать і дисперсні буро залізнякові руди. Бурозалізнякові руди являють собою найскладнішу для збагачення залізовмісну сировину. Важкість їх збагачення обумовлена великим вмістом зруйнованих залізистих оолітів, залізистого дрібного піщаника, охристого глинистого матеріалу, гальки, гравію, корок, плиток тощо.

Не зважаючи на те, що використання сучасних технологій не дає змоги отримати із бурозалізнякових руд концентрати, які вміщують більшим ніж 50 – 55 % заліза, для ряду країн, які не мають інших джерел залізорудної сировини, пошук ефективних технологій їх збагачення є важливою науково-практичною та економічною задачею.

Аналіз досліджень та публікацій. За своїм походженням бурозалізнякові руди традиційно поділяються на три види: осадові, інфільтраційні та залишкові кори вивітрювання. До осадових родовищ бурозалізнякових руд належать Ліпецьке, Тульське, Аятське, Лисаковське, Керченське та багато інших. Їх складають оолітові слабкозцементовані рихлі породи, головними рудними мінералами яких є гідрогетит, гетит, гематит, шамозит, сидерит. Мінералами-домішками виділено пірит, піротин, псиломелан. Нерудні мінерали представлені кварцем, каолінітом, фосфатами, польовими шпатами, кальцитом. Вміст основних компонентів складає, %: Fe - 30-50 (55); SiO_2 - 20-30; Al_2O_3 - 5-6 (до 13); вміст домішкових компонентів становить , %: Mn до 4 - 5, V – соті долі; шкідливими домішками виступають S, SO_3, P, As.

Використання традиційних методів збагачення руд такого типу не дає змоги досягнути економічно-вигідних результатів. Наприклад, при переробці за допомогою гравітаційно-магнітної схеми збагачення руд Лисаківського ГЗК, основним рудним мінералом яких є гідрогетит, подекуди гетит і сидерит, отримують концентрати із вмістом заліза загального 47 – 48 % при вилученні 83 %.

На рудах Керченського родовища до недавнього часу використовувалась технологія комплексного збагачення, яка містила гравітаційне збагачення, високотемпературне випалювання та магнітну сепарацію випаленого матеріалу, яка дозволяла отримати концентрат із вмістом заліза загального 52-54 %. Проте, із зростанням ціни на енергоносії використання високотемпературного опалення при збагаченні бурозалізнякових руд виявилось не рентабельним.

Водночас, у практиці збагачення бурозалізнякових руд є успішний досвід використання селективної магнітної флокуляції. Дослідження даного методу на рудах Камиш-Бурунської мульди Керченського родовища показало приріст вмісту заліза на 5 % (по відношенню до діючої гравітайно-термічно-магнітної технології) без істотних втрат виходу.

Дослідження селективної взаємодії клітин мікроорганізмів із металами та їх мінеральними фазами, яке проводилось в Інституті біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України, показало ефективність використання як флокулянтів інтактних металофільних клітин та мікроводоростей. В результаті взаємодії біофлокулянту з частинками мінеральних фаз спостерігався пе-

© Волобаєв І.І., Лавриненко О.М., Волобаєв І.В., Ліоно А., Ульберг З.Р., 2015

рехід металів у колоїдний та розчинний стан, гетерокоагуляція клітин з мінеральними частинками, їх агрегація та флокуляція.

Постановка завдання. Метою роботи стала розробка ефективної технології збагачення тонкодисперсних бурозалізнякових руд з використанням селективної флокуляції за допомогою інтактних клітин мікроводоростей з подальшою магнітною сепарацією отриманих біоагрегатів.

Вихідною сировиною для проведення досліджень вибрано хвости збагачення бурозалізнякових руд фабрики Омарська (м. Приодор, Боснія та Герцеговина). На теперішній час зазначене підприємство є єдиним виробником залізорудних концентратів на території Боснії та Герцеговини, та єдиним постачальником сировини для металургійного комбінату Зеніца. Виробнича діяльність підприємства обумовлює накопичення великих обсягів хвостів, які можна розглядати як сировину для подальшої переробки.

Викладення матеріалу. Вихідна сировина являє собою відходи збагачення слабомагнітної тонкодисперсної рихлої псаммит-пелітоморфної бурозалізнякової руди, хімічний склад якої наведено в Таблиці 1. На осадове походження вихідної руди вказує підвищений вміст оксидів марганцю (4,23 %), алюмінію (2,35 %) та кальцію (1,11 %).

Таблиця 1

Хімічний склад вихідної сировини

Компонент	Вміст, %		Компонент	Вміст, %
SiO_2	15,64		K_2O	0,2
Al_2O_3	2,35		Na_2O	0,3
Fe_2O_3	65,32		SO_3	0,02
TiO_2	0,07		ппп	10,04
MnO	4,23		Сумма	99,53
CaO	1,11		$-H_2O$	1,16
MgO	0,16		**$Fe_{общ}$**	**45,72**
P_2O_2	0,085			

Результати скороченого фазового аналізу показали вміст заліза загального – 45,53 %, а заліза магнетитового 1,25 %, при незначному вмісті шкідливих домішок, таких як фосфор та сірка.

Дослідження розподілу матеріалу за класами крупності (рис. 1) вказує на те, що максимальний розмір зерен матеріалу не перевищує 0,1 мм. Основна частина заліза концентрується у класі - 0,03 мм.

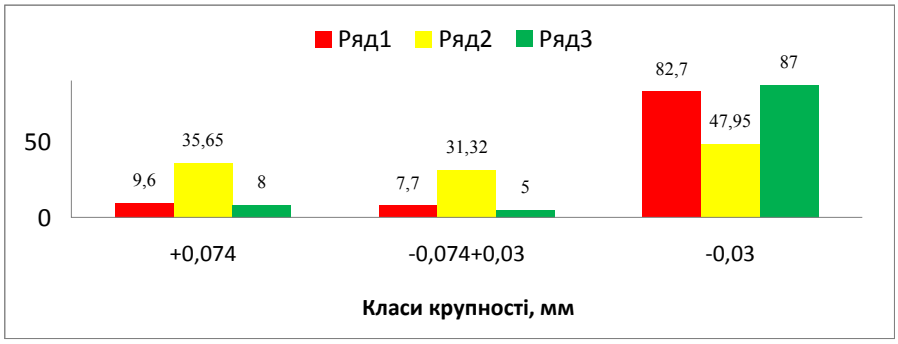

Рис. 1. Розподіл заліза за класами крупності

Головний мінерал, представлений у зразку руди - гетит (α-FeOOH). Форма частинок гетиту - оолітова, лускоподібна, плівкоподібна (рис. 2).

Інші мінерали (MnO), гематит (мартит, залізна слюдка) (α-Fe_2O_3), манганіт (Mn_2O_3), магнетит (Fe_3O_4) наявні в незначній кількості.

а *б*

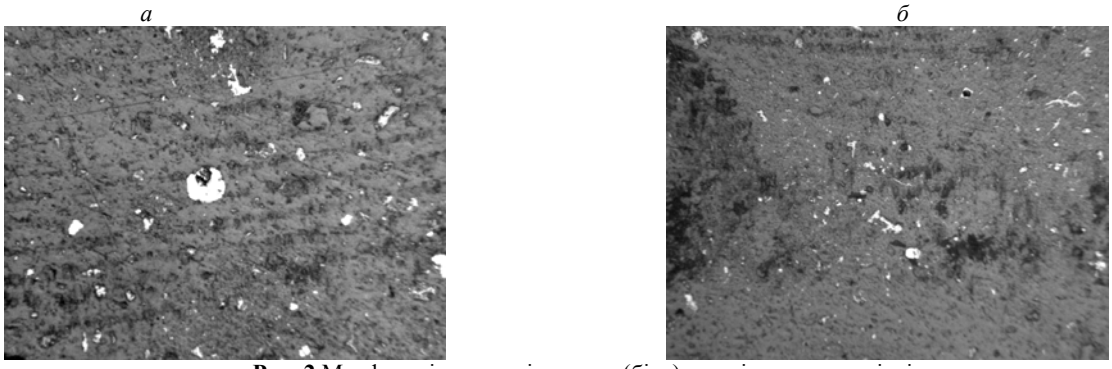

Рис. 2 Морфологія агрегатів гетиту (біле) у вихідному матеріалі

Для розробки технології біофлокулярного збагачення тонкодисперсної бурозалізнякової руди було проведено ряд лабораторних тестів.

Матеріал проби підлягав мокрому магнітному аналізу із використанням магнітного аналізатора АММ-3 та магнітної системи на основі постійного магніту з величиною магнітної індукції 1 Тл. Для підвищення якості розділення сировини забезпечували пульсацію сепараційного середовища. Як біофлокулянт використовували технологічний штам мікроводоростей *Chlorella Vulgaris*.

Перший тест було виконано на вихідній сировині, а *другий* – на сировині, яка підлягала 24 годинному контакту з інтактними клітинами зазначених мікроводоростей, при витраті останніх 200 г/т. В обох випадках магнітна сепарація проводилась у дві стадії з перечищенням немагнітної фракції (табл. 2).

Таблиця 2

Результати тестування

Продукт	Yield, %	Вміст Fe, %	Вилучення Fe, %
Без флокуляції			
Магнітна фракція 1	1,00	52,64	1,16
Магнітна фракція 2	0,00	0,00	0,00
Немагнітна фракція	99,00	45,42	98,84
Вихідна проба	100,00	45,49	100,00
Флокуляція протягом 24 год			
Магнітна фракція 1	7,00	52,36	8,06
Магнітна фракція 2	13,00	47,01	13,43
Всього концентрату	20,00	48,88	21,49
Не магнітна фракція	80,00	44,64	78,51
Вихідна проба	100,00	45,49	100,00

При магнітній сепарації вихідної сировини без флокуляції клітинами вихід магнітної фракції склав 1 %, при цьому друга магнітна фракція була взагалі відсутня.

Застосування біофлокуляції перед магнітною сепарацією дало змогу збільшити вихід магнітної фракції до 20 %, з яких: в режимі пульсації сепараційного середовища - 7 % (фракція 1), без пульсації сепараційного середовища - 13 % (фракція 2).

Згідно даних рентгенофазового аналізу (рис. 3) за всіх умов проведення процесу збагачення головною залізовмісною мінеральною фазою визначено гетит.

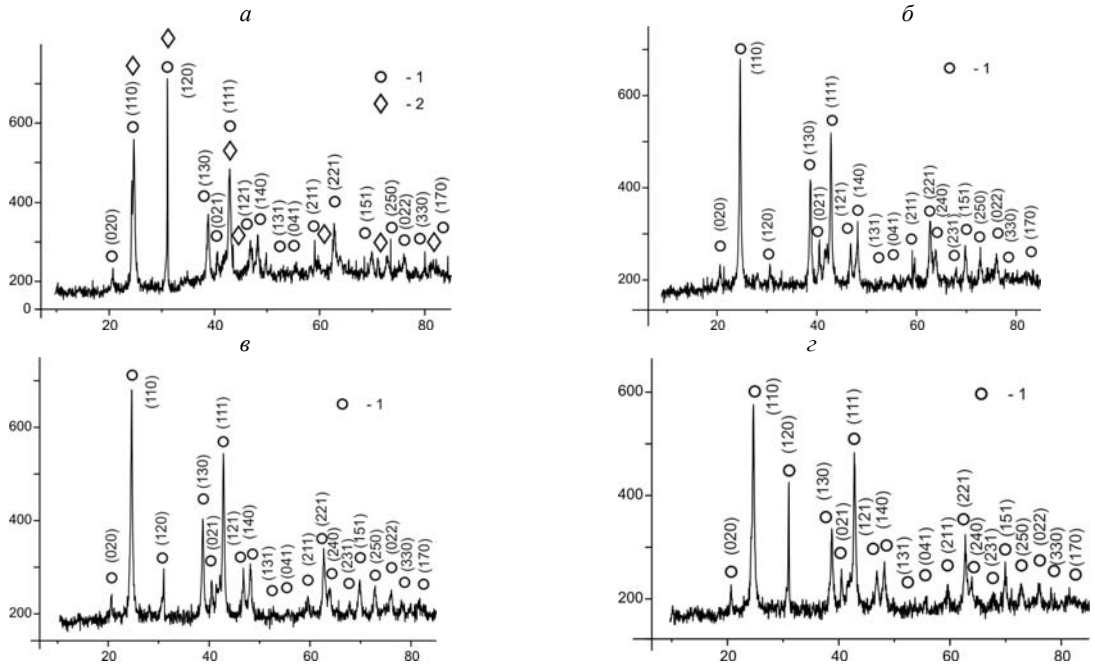

Рис. 3. Рентгенограми бурозалізнякових продуктів: *а* – вихідний зразок, *б* – магнітна фракція з вихідного зразка, *в* – магнітна фракція зфлокульованого зразка, *г* – магнітна фракція контрольної сепарації зразка. Цифрами позначено мінеральні фази: *1* – гетит, *2* – кварц

Висновки та напрямок подальших досліджень. Узагальнення результатів тестування (рис. 4) вказує на доцільність застосування при збагаченні тонкодисперсних бурозалізнякових

руд процесу флокуляції з використанням як біофлокулянту технологічних штамів культур мікроводоростей *Chlorella Vulgaris*.

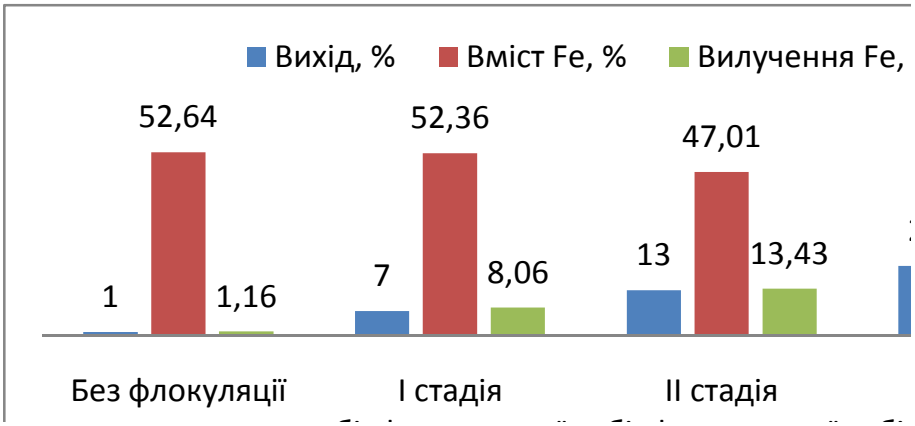

Рис. 4. Порівняння ефективності магнітної сепарації з використанням біофлокуляції та без неї

При промисловому виконанні технологічна схема магнітно-біофлокулярного збагачення має поєднувати такі технологічні процеси:

приготування у промислових біореакторах біофлокулянта (клітинної культури мікроводоростей) з використанням збалансованих мінеральних поживних середовищ;

відмивка клітин від поживного середовища фільтруванням;

забезпечення контакту біофлокулянта із вихідною сировиною;

проведення магнітної сепарації.

Перевагою запропонованої технології збагачення тонкодисперсних бурозалізнякових руд та відходів є передбачена можливість використання в процесі магнітної сепарації постійних магнітних систем, що суттєво знижує енерговитрати порівняно з витратами на проведення поліградієнтної магнітної сепарації.

Напрямком подальших досліджень буде удосконалення процесу збагачення і біофлокуляції, відпрацювання технологічних режимів збагачення, а також прискорення процесу біофлокуляції.

Список літератури

1. **Бочаров В.А., Игнаткина В.А.** Технология обогащения полезных ископаемых. Т. 2. – Москва: Издательский дом «Руда и Металлы», - 2007.

2. **Шинкоренко С.В., Белецкий Е.П., Ширяев А.А.** и др. Справочник по обогащению руд черных металлов. – Москва: Недра, - 1980 г.

3. Физико-химическая механика и лиофильность дисперсных систем, В. 17, 1985, с. 96-103; ДАН СССР, 1987, Т. 292. В. 1, с. 194 – 203

4. **Anondho Wijanarko Dianursanti, Muryanto, Josia Simanjuntak, Praswasti Pembangun Dyah** BIOMASS PRODUCTION Chlorella vulgaris Buitenzorg // MAKARA, TEKNOLOGI, VOLUME . - 2008 р.. - 1 : Т. 12. - сс. 27-30.

5. **В.П. Небера** Флокуляция минеральных суспензий . - М. : Недра, 1983. - 288 с.

6. **Леонов С.Б. Белькова О.Н.** Исследование полезных ископаемых на обогатимость : учеб.пособ. . - М. : Интермет Инжиниринг, 2001. - 631 с.

7. **Макарова Е. И. Отурина И. П., Сидякин А. И.** ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ] // Экосистемы, их оптимизация и охрана. - 2009 р.. - 20. - сс. 120-133.

8. **Мени Л. Тиксье Р.** Микроанализ и растровая єлектронная микроскопия / ред. Морис Ф.. - М. : Металлургия, 1985. - с. 270.

9. **Перцов Н.В. Ульберг З.Р., Коган Б.С., Гарбара С.В.** . Механизмы биогенного концентрирования металлов в шельфовых зонах дефицита наносов // Геохимия. - 1990 р.. - №1. - сс. 112-116.

10. **Ульберг З.Р., Марочко Л.Г., Савкин А.Г., Перцев Н.В.** Химические взаимодействия в процессах сорбции металлов клетками микроорганизмов \\ 1998 р., Коллоидній журнал, Т. 60, сс. 836-842.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 624:620.193

А.П. ИВАНОВА, канд. техн. наук, доц., Л.В. ФЕСЬКОВА, аспирант,
О.И. ТРУФАНОВА, аспирант, ГВУЗ «Национальный горный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОРРОДИРУЮЩИХ БАЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Балочные и стержневые элементы широко применяются в различных металлоконструкциях, которые эксплуатируются в агрессивной среде. Основной характеристикой коррозионного процесса является скорость его протекания, на которую большое влияние оказывает напряженное состояние конструкции или ее элементов. Применительно к таким конструкциям, понятие «дефектность материала» напрямую связано с коррозионным износом. Существующие подходы к решению задач прогнозирования долговечности корродирующих элементов металлоконструкций, испытывающих деформацию изгиба, имеют ряд недостатков. Использование упрощенных моделей корродирующей поверхности приводит к увеличению размерности задачи метода конечных элементов (МКЭ) и размерности системы дифференциальных уравнений (СДУ), описывающих коррозионный процесс, также существует проблема точности решения, так как отсутствуют обоснованные рекомендации по выбору параметров численных процедур. При прогнозировании безаварийной работы корродирующих конструкций задача долговечности решается на каждой итерации поиска оптимального решения. В данной работе проведено моделирование поведения элементов балочных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных условиях. Уделено внимание влиянию вида деформации на коррозионный износ элементов. Предложены пути повышения эффективности решения задач напряженно - деформированного состояния и долговечности корродирующих балочных элементов металлоконструкций. Рациональные параметры численных процедур определены с применением нейронных сетей, что позволяет получить решение с погрешностью, не превышающей предельно допустимую величину с минимальными вычислительными затратами.

Ключевые слова: коррозионный износ, напряжение, модель, прочность, балочный конечный элемент, параметр поврежденности, нейронная сеть.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Коррозия является одним из наиболее весомых факторов, вызывающих разрушение металлических конструкций. Воздействие агрессивной среды приводит к возникновению наведенной (изменяющейся во времени) неоднородности геометрических и, в некоторых случаях, механических свойств по области конструкции [1].

Основной характеристикой коррозионного процесса является скорость его протекания, на которую большое влияние оказывает напряженное состояние конструкции или ее элементов. Обработка результатов обследования технического состояния металлических конструкций зданий и сооружений шахт ПАО «Криворожский железорудный комбинат»; металлических конструкций литейного и плавильного цехов ПАО «Никопольский завод водотрубной арматуры» показала, что существует зависимость между видом деформации, испытываемой элементом конструкции и его коррозионным повреждением. Максимальное количество поврежденных оказалось среди элементов, испытывающих деформацию изгиба - 41%, растяжения -35% и сжатия - 24% [2]**.** Все сказанное определяет актуальность проблемы моделирования коррозионных процессов с целью разработки эффективных численных алгоритмов решения задач напряженно-деформированного состояния и долговечности балочно-стержневых металлических конструкций.

Анализ исследований и публикаций. Балочные и стержневые элементы широко применяются в различных металлоконструкциях. Применительно к таким конструкциям, понятие «дефектность материала» напрямую связано с коррозионным износом [3]. Коррозионные повреждения влекут за собой потерю несущей способности части конструкции, а если элемент является основным и несущим, то может разрушиться весь объект [4].

Существующие подходы к решению задач прогнозирования долговечности [5] корродирующих элементов металлоконструкций, испытывающих деформацию изгиба, имеют ряд недостатков [6]. Использование упрощенных моделей корродирующей поверхности, приводит к увеличению размерности задачи метода конечных элементов (МКЭ) и размерности системы дифференциальных уравнений (СДУ), описывающих коррозионный процесс, также существует

© Иванова А.П., Феськова Л.В., Труфанова О.И., 2015

проблема точности решения, так как отсутствуют обоснованные рекомендации по выбору параметров численных процедур.

Постановка задачи. Перечисленные выше проблемы становятся более актуальными при прогнозировании безаварийной работы корродирующих конструкций, когда задача долговечности решается на каждой итерации поиска оптимального решения. В этом случае вычислительные затраты могут оказаться неоправданно высокими, а точность решения не обеспечена. Повысить эффективность решения таких задач предлагается следующими способами:

построение матрицы жесткости для модифицированного конечного элемента (КЭ) на основе усовершенствованной модели корродирующей поверхности;

снижение размерности СДУ, описывающей изменение геометрических характеристик конструкции во времени;

определение таких параметров численных процедур, при которых решение получается с погрешностью, не превышающей заданную величину.

Результаты исследований. Существующие модели коррозионного износа можно классифицировать следующим образом (рис. 1)

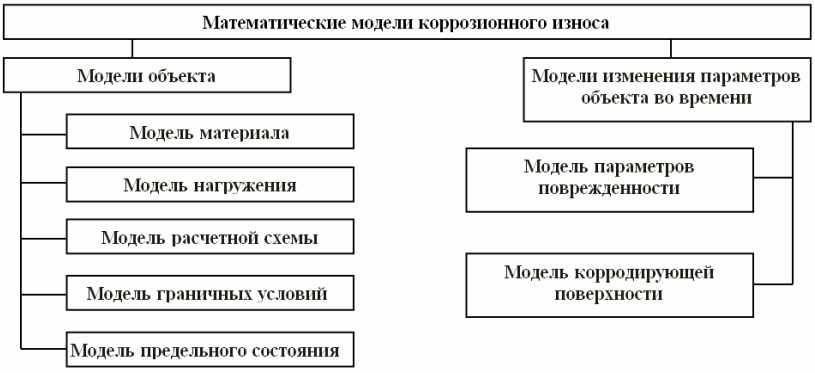

Рис. 1. Модели коррозионного износа

В качестве модели коррозионного износа балки принимаем модель Долинского [7]

$$d\delta/dt = v_o(k\sigma),$$

где δ - глубина коррозии, v_o - скорость коррозии при отсутствии напряжений (химическая составляющая коррозионного процесса), σ - абсолютное значение эквивалентного напряжения, k - коэффициент, учитывающий влияние напряжения на скорость коррозии.

На размерность СДУ большое влияние оказывает неравномерность поля напряжений по области конструкции. В известных алгоритмах расчета балочных конструкций, использующих МКЭ, напряжения считаются постоянными по длине КЭ и вычисляются в его центре тяжести. Следовательно для точного моделирования процесса коррозии необходимо увеличивать количество КЭ, что приводит к увеличению размерности задачи.

Рассмотрим элемент изгибаемой балки двутаврового поперечного сечения (рис. 2). Первоначальные размеры двутавра B_o, T_o, D_o, H_o.

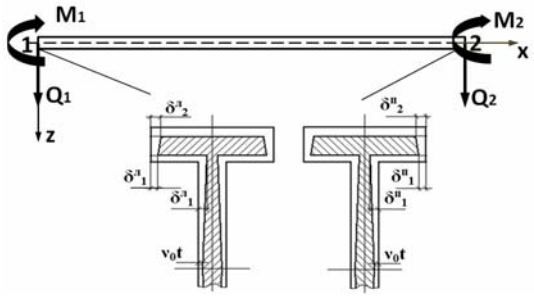

Рис. 2. *a* - конечный элемент изгибаемой балки двутаврового сечения с *4*-мя степенями свободы M_1, M_2 - изгибающие моменты в узлах *1* и *2*, соответственно; Q_1, Q_2 – поперечная сила в узлах *1* и *2*; δ_1 и δ_2 – значения глубин коррозии в узлах *1* и 2, индекс «*л*» соответствует узлу *1*, а индекс «*п*» - узлу *2*, $v_o t$ - коррозия в течение времени

Примем следующее допущение: изменение изгибающего момента по длине элемента – линейное. Закон изменения глубины коррозии запишем в виде

$$\delta_1(x) = \delta_1^л + \frac{x}{l}\left(\delta_1^п - \delta_1^л\right), \qquad \delta_2(x) = \delta_2^п + \frac{x}{l}\left(\delta_2^п - \delta_2^л\right), \tag{1}$$

где δ_1 и δ_2 - значения глубин коррозии в узлах *1* и *2*, индекс «*л*» соответствует узлу *1*, а индекс «*п*» - узлу *2*.

Выражения для изменяющихся, вследствие коррозии в течение некоторого времени ($v_o t$),

размеров двутаврового сечения B,T,D,H запишем следующим образом

$$\delta_o = v_o t;\ d_1(t) = \frac{\delta_1^n(t) - \delta_1^л(t)}{2l};\ d_2(t) = \frac{\delta_2^n(t) - \delta_2^л(t)}{2l};\ \ H(t) = H_o - 2\delta_2^л;$$

$$\mathrm{B}(t) = B_o - \frac{\delta_o - 3\delta_2^л}{2};\ \mathrm{D}(t) = D_o - \frac{\delta_o - 3\delta_1^л}{2};\ G(t) = H_o - 2T_o + 2\delta_1^{\text{л}}.$$

С учетом этих выражений получим момент инерции двутаврового сечения, как функции координаты и времени

$$I(x,t) = \frac{1}{12}(B - 3d_2x)\cdot\left[(H - 4d_2x)^3 - (G + 4d_1x)^3\right] + \frac{1}{12}(D - 3d_1x)\cdot(G + 4d_1x)^3\ . \qquad (2)$$

Представим выражение (2) в виде полинома четвертой степени

$$I(x,\ t) = I_o + Ax + Bx^2 + Cx^3 + Dx^4, \qquad (3)$$

где $I_0 = \frac{1}{12}\left[B(t)\cdot\left(H(t)^3 - G(t)^3\right) + G(t)^3 D(t)\right];$

$$A = -B(t)\cdot\left(\mathrm{H}(t)^2\cdot d_2 + G(t)^2\cdot d_1\right) - \frac{1}{4}d_2\cdot\left(H(t)^3 - G(t)^3\right) + G(t)^2\cdot d_1\cdot D(t) - \frac{1}{4}d_1\cdot G(t)^3;$$

$$B = 4B(t)\cdot\left(\mathrm{H}(t)\cdot d_2^2 + G(t)\cdot d_1^2\right) + 3d_2\cdot\left(H(t)^2\cdot d_2 + G(t)^2\cdot d_1\right) + 4G(t)\cdot d_1^2\cdot D(t) - 3d_1^2\cdot G(t)^2;$$

$$C = -\frac{16}{3}B(t)\cdot\left(d_2^3 + d_1^3\right) - 12d_2\cdot\left(H(t)\cdot d_2^2 - G(t)\cdot d_1^2\right) + \frac{16}{3}d_1^3\cdot D(t) - 12d_1^3\cdot G(t);\ \ D = 16\cdot\left[d_2\left(d_2^3 + d_1^3\right) - d_1^4\right].$$

Дальнейшая процедура построения элементов матрицы жесткости аналогична описанной в [8].

Следует отметить, что выражения для элементов матрицы жесткости балочного КЭ переменной жесткости не зависит от вида поперечного сечения, если его можно представить в виде совокупности прямоугольных фрагментов (рис. 3).

Поведение корродирующих конструкций может быть исследовано путем численного решения задачи Коши для системы дифференциальных уравнений (4), описывающих процесс коррозии в их элементах

$$(dA/dt) = \psi[\sigma(A)];\ A_{t=0} = A_{\text{o}}, \qquad (4)$$

где A - элемент матрицы $[A]_{n\times N}$ изменяющихся параметров КЭ; ψ - некоторая функция напряжений, N - размерность задачи МКЭ, n - количество параметров, определяющих геометрические размеры элемента.

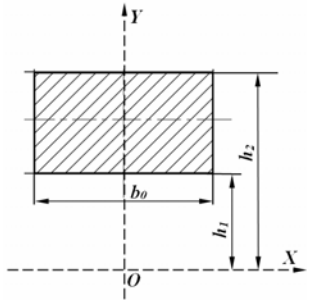

Рис. 3. Прямоугольный фрагмент сечения

Численное решение задачи Коши

$$A_{ij}^s = A_{ij}^{s-1} + \Delta t^s\left[(1-\omega)\cdot\Psi_{ij} + \omega\cdot\left(\Psi_{ij} + \frac{\Delta t^s}{2\omega}\Psi_{ij}\right)\right];\ i = \overline{1,N};\ j = \overline{1,n}$$

Решение задачи можно представить в виде схемы (рис. 4).

В данной схеме:

блок (А) является модулем решения задачи напряженно - деформированного состояния (НДС), в результате чего формируется вектор напряжений в элементах конструкции;

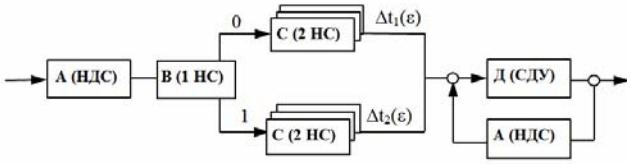

Рис. 4. Схема решения задачи

блок (В) определяет, с использованием нейронной сети 1, какие именно ограничения (о них будет сказано ниже) вступают в силу;

блоки (С) определяют, с использованием нейронной сети 2, параметры численного решения СДУ (4) для каждого из ограничений.

На основании информации о геометрических характеристиках сечения элемента, начальных напряжений в нем, скорости коррозии и заданной точности, определяется значение шага интегрирования, которое обеспечивает заданную точность.

блоки (Д) и (А) выполняют решение задачи Коши для СДУ (4).

Для балочных конструкций необходимо учесть следующие особенности:

коэффициент слитности сечения (отношение периметра к площади) значительно выше, чем у стержней кольцевого сечения с той же площадью, что приводит к увеличению скорости роста напряжений [9];

сечения прокатных профилей предполагают возможность разрушения элемента вследствие нарушения его сплошности [10].

До настоящего времени вид активных ограничений определялся в процессе решения задачи (рис. 4), поэтому параметры численного решении СДУ выбирались независимо от вида активного ограничения.

Это приводило к избыточным итерациям и не всегда обеспечивало требуемую точность решения.

Для повышения эффективности вычислительного алгоритма и упрощения его логики целесообразно определить вид активного ограничения до решения задачи расчёта долговечности.

Для этого предлагается использовать две нейронные сети: для определения вида ограничения (рис. 5*а*) и параметров численного решения СДУ для каждого из ограничений (рис. 5*б*).

Входные параметры сетей следующие: N - номер прокатного профиля, v_o - скорость корро-

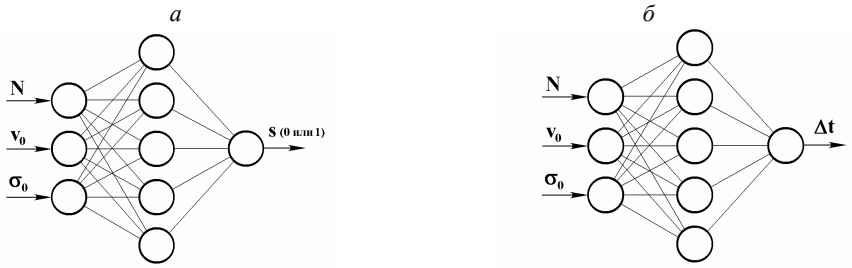

Рис. 5. Архитектура нейронных сетей для определения: *а* - вида ограничений; *б* - параметров численного решения СДУ для каждого из ограничений

зии, σ_o - начальное напряжение.

На основании анализа факторов, влияющих как на вид активного ограничения, так и на точность решения СДУ, входными параметрами сетей приняты: номер прокатного профиля N, скорость коррозии v_o и начальное напряжение σ_o.

Вид ограничения («0» - по сплошности и «1» - по прочности) определяется нейронной сетью с пороговой функцией активации выходного элемента, рациональное значение параметра численного решения Δt – сетью с сигмоидальной функцией.

Обучение нейронных сетей осуществлялось с помощью генетического алгоритма и алгоритма обратного распространения ошибки.

В качестве модельной предлагается решение задачи НДС и долговечности статически неопределимой стальной двутавровой балки (рис. 6), нагруженной сосредоточенной силой Q и изгибающим моментом M, которая находится в агрессивной среде.

Расчетные данные: M=50000 Н×см; Q=5000 Н; E=2,1×10^5 МПа – модуль упругости стали; [σ] = 240 МПа; параметры коррозионного износа: v_o=0,1 см/год; k=0,003 МПа$^{-1}$

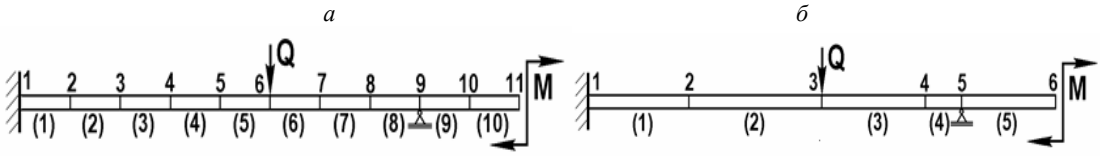

Рис. 6. Конечно-элементная модель статически неопределимой двутавровой балки:
а - десятиэлементная балка; *б* - пятиэлементная балка

Если изменение изгибающего момента по длине носит линейный характер, то достаточно одного КЭ переменной жесткости.

Для решения задачи НДС и долговечности статически неопределимой двутавровой балки модифицированные КЭ с переменной жесткостью, в отличие от известных, позволяют учесть изменение геометрических характеристик по длине элемента, а также снизить размерность задачи МКЭ (см. рис. 6).

Результаты решения задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты решения задачи

Номер двутаврового профиля	Тип активного ограничения	Начальные напряжения σ_0, МПа	Шаг интегрирования Δt, лет	Долговечность t^*, лет	Количество итераций n
10	1	85,50	0,129	1,455	12
10	1	97,10	0,138	1,306	10
12	1	89,93	0.141	1,435	11
12	0	78,07	0,999	1,233	2
14	1	87,49	0,148	1,508	11

Выводы. Приведенный в статье алгоритм решения задачи прогнозирования долговечности с использованием нейросетевой модели определения вида активного ограничения и шага интегрирования, в отличие от других алгоритмов, позволяет получить решение задачи НДС и долговечности, не только с заранее заданной точностью расчета, но и существенно повысить его эффективность.

Список литературы

1. **Зеленцов** Д.Г. Расчет конструкций с изменяющейся геометрией в агрессивных средах. Стержневые системы. - Днепропетровск: УГХТУ, 2002. - 168 с.

2. **Иванова А. П.** К вопросу прогнозирования долговечности многоэлементных стержневых металлических конструкций /Иванова А. П. // Уголь Украины. Научно-технический, производственный и экономический журнал. Вып. 1 - 2 (697 - 698). - Киев, 2015. - С. 50 - 53.

3. **Расторгуев Б.С.** Обеспечение живучести зданий при особых динамических воздействиях. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2003, №4. - С. 45^18.

4. **Райзер В**.Д. Теория надежности в строительном проектировании / Райзер В.Д. - М.: АСВ, 1998, - 304 с.

5. **В.В. Хворост.** Дослідження міцності і надійності конструктивних елементів об'єктів, розташованих на поверхні гірничопромислових підприємств / Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КНУ. - Вип. 37, 2014. - С. 31-35.

6. **Александров А. В.** Роль отдельных элементов стержневой системы при потере устойчивости // Вестн. МИИТ. -2001.-№5.-С.46-50.

7. **Овчинников И Г.** Банк математических моделей коррозионного износа, применяемых для прогнозирования поведения металлоконструкций **/ Овчинников И. Г., Дворкин М. С, Сабитов Х. А** // Проблемы прочности материалов и конструкций, взаимодействующих с агрессивными средами: Межвуз. научн. сб. -Саратов: СПУ, 1993. -С. 141 -150.

8. **Зеленцов** Д.Г. Балочный конечный элемент переменной жесткости для расчета конструкций, подверженных коррозионному износу **/ Зеленцов Д.Г.** // Системні технологи. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 6 (17). - Дніпропетровськ, 2001. - С. 64 - 70.

9.**Наумова** Г.А. Расчеты на прочность сложных стержневых и трубопроводных конструкций с учетом коррозионных повреждений / **Наумова Г.А.** // Саратов: СГТУ, 2000. – 227 с.

10. **Иванова** А.П. Живучесть и разрушение многоэлементных конструкций **/ Иванова А.П.** // Матеріали III міжнародної науково-технічної конференції «Техногенні катастрофи, моделі, прогноз, запобігання»- НГУ, Дніпропетровськ, 2013-С 64- 73.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 622.7.09: 620.113

С. Н. ДАЦУН, аспирант, ГВУЗ «Национальный горный университет»

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОБЫ ПРИ ПОКУСКОВОМ ОПРОБОВАНИИ

В статье представлен новый метод нахождения минимальной массы пробы, таким образом, вопрос минимизации пробы влечет за собой минимизацию расходов на опробование и контроль технологических показателей обогатительных процессов. В данной работе осуществлена попытка учесть показатели раскрытия ценного компонента и текстурно-структурных признак руды для определения минимальной массы пробы руды. Как следует из анализа работ по опробованию массивов полезных ископаемых, одним из важнейших показателей опробования является количество кусков массива, которые необходимо отобрать в пробу. Это количество, в первую очередь, зависит от соотношений точности, которую требуется обеспечить и точности отбора, или неоднородности распределения компонентов. Найдены зависимости минимально и максимально возможного содержания ценного минерала в частицах определенного размера и определенной формы. Форма учета этой зависимости представлена в виде отношения погрешности измерения к заданной погрешности. В формулу это отношение вошло как произведение. Особое внимание уделяется точному определению минимального объема минерала. Таким образом, на основании расчетов по

© Дацун С.Н., 2015

раскрытию ценного компонента и по распределению Бернули можно найти требуемое количество частиц в пробе в зависимости от показателей обогатимости сырья, то есть можно найти минимальную массу пробы.

Проблема и ее связь с научной и практической задачей. Актуальность всякой работы определяется возможностью снижения затрат на её выполнение, в нашем случае вопрос стоит о минимальной массе пробы. Известно, что чем больше масса пробы, тем больше достоверность получаемой информации. В тоже время, чем больше масса пробы, тем больше непроизводительные затраты на подготовку аналитической пробы. Таким образом, вопрос минимизации пробы влечет за собой минимизацию расходов на опробование и контроль технологических показателей обогатительных процессов. Каков бы ни был способ отбора проб, всегда она будет сформирована набором кусков или частиц. Отбирая, например, лопатой набирают некоторую массу, которая состоит из некоторого множества кусков. То же самое можно сказать о тонкоизмельченном продукте, хотя посчитать количество частиц задача весьма громоздкая и затратная. Таким образом, теоретически следует исходить из того, что проба состоит из конечного множества кусков – N, которое необходимо определить.

Анализ исследований и публикаций. Обзор литературных источников по формированию проб показал, что оценка количества частиц в пробе проводилась графоаналитически и поэтому, при очень малых значениях крупности, графики становились не различимы. В настоящее время на кафедре обогащения полезных ископаемых ГВУЗ «НГУ» разработаны математические модели[1], согласно которым можно теоритически определить показатели раскрытия, воспользовавшись ими и в итоге количество частиц превратится в массу пробы по известным соотношениям между объемом частицы и её массой и объемом пробы.

Изложение материала. Масса пробы или массива характеризуется некоторой функцией распределения по крупности частиц $F_1(d)$, а отбор пробы от нее (пробы от массива) представляет собой некоторое событие (A), в то же время отобранная проба будет характеризоваться дисперсией σ_d^2 и средним значением $\overline{d}$, а также такими же величинами для всех показателей обогатительных признаков, например, содержанием ценного минерала α, то есть σ_α^2 и $\overline{\alpha}$ (событие В).

Таким образом, масса пробы зависит и от крупности и от содержания ценного минерала, следовательно, два события: отбор кусков и содержание ценного минерала - логически перемножаются.

Распределение по крупности не влияет на распределение по содержанию ценного компонента в силу того, что может быть различное раскрытие. По этому, событие отбора кусков и содержания в них ценного компонента статистически не зависимы и тогда логическое умножение влечёт за собой математическое умножение: $A \cdot B \Box P(A) \cdot P(B)$, и если количество событий $A \Box \frac{\sigma_d^2}{\sigma_{d3}^2}$ и $B \Box \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_{\alpha 3}^2}$, то $P(A) \cdot P(B) \Box \frac{\sigma_d^2}{\sigma_{d3}^2} \cdot \frac{\sigma_\alpha^2}{\sigma_{\alpha 3}^2}$, где $\sigma_{d3}{}^2$ $\sigma_{\alpha 3}{}^2$ – заданные дисперсии соответствующих событий.

В каждом классе крупности должно быть столько частиц n_1 этой крупности, чтобы $\alpha_{исх}=\alpha(d)$, где $\alpha_{исх}$ – содержание ценного компонента в опробуемом массиве, $\alpha(d)$ – содержание ценного компонента в заданном классе крупности, и частиц должно быть столько – n_2, чтобы в каждом классе было столько зерен с заданным содержанием сколько соответствует раскрытию. Например, чтобы содержание открытых рудных зерен (или другой фракции) соответствовало содержанию тех же фракций в массиве n_1, n_2.

Как следует из анализа работ по опробованию массивов полезных ископаемых, одним из важнейших показателей опробования является количество кусков n (частиц) массива, которые необходимо отобрать в пробу. Это количество, в первую очередь, зависит от соотношений точностей, которую требуется обеспечить σ_3^2 и точности измерения или отбора, или неоднородности распределения компонентов σ_α^2 и т.п.

В теории вероятностей [3] выведено соотношение, которое связывает эти три показателя

$$\sigma_3^2 = \left(\sigma_\alpha^2 / n\right).$$

Таким образом, чтобы определить объем пробы, необходимо располагать показателем точности исследуемого показателя массива. Или же зная показатели точности определить объем.

Отбор кусков из массива – это последовательность случайных событий. В каждом из испытаний с вероятностью P_{PC} отбирается богатый сросток, а с вероятностью P_{HC}- бедный (предположим, что иных частиц нет) т.к. $P_{PC} + P_{HC} = 1$, то этот процесс подчиняется закону Бернулли и необходимое количество испытаний n (количество кусков), т.е. когда в отобранной пробе окажется количество богатых и бедных сростков в соответствии с их содержанием в массиве, или отличие будет удовлетворять заданной точности опробования σ_α^2, может быть определено по формуле Бернулли, т.е. вероятность, что в n отобранных кусках окажется ровно m, например богатых сростков составит: $P_{nm} = C_n^m \cdot P_{PC}^m \cdot P_{HC}^{n-m}$, где C_n^m - количество сочетаний из n по m , m-желаемое количество благоприятных исходов (все элементы – целые числа). Но т.к. $m = n \cdot P_{PC}$ и $m + (n - m) = n$, то

$$P_{PC} = C_n^{nP_{PC}} \cdot P_{PC}^{nP_{PC}} \cdot (1 - P_{PC})^{n(1-P_{PC})} \quad (1)$$

В результате осуществляется поиск общего количества испытаний n . Обратной функции от факториальной пока не найдено, поэтому поиск *n* осуществляется численно. Функция (1) будет монотонно убывающей от 1 (при *n*=0. *P*=), т.к. показатели степеней необходимо будет округлять до ближайшего целого.

Если содержание ценного минерала в массиве $\alpha_И$, то ожидаемое количество богатых сростков составляет $P_{PC} = 1 - \alpha_И$. Поэтому задавшись погрешностью определения P_{PC}, получим $\sigma = P_{PCn} - P_{PC(n+1)}$ в области ожидаемого значения P_{PC} и при надежном изменении функции принимаем значение *n*.

Проведенные рассуждения справедливы, когда среди частиц не встречаются открытые фракции. Функции распределения сростков будут выглядеть, в соответствии с рис. 1.

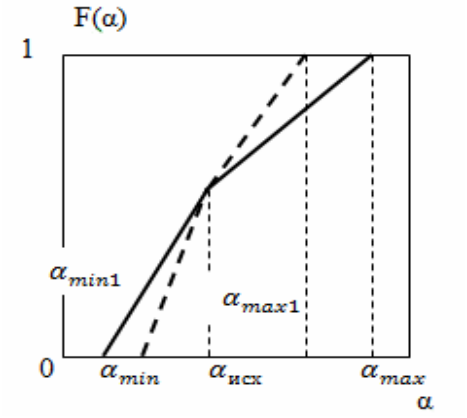

Рис. 1. Функция распределения сростков в дробленом продукте

С увеличением крупности дробления функция будет увеличивать свою производную (пунктир) В результате дисперсия содержания ценного минерала будет уменьшаться

$$\sigma_\alpha = \alpha_{\max} - \alpha_{\min}$$

Следовательно, при увеличении крупности дробления количество кусков, отбираемых в пробу, уменьшается.

Эти два параметра определяются на основании текстурных признаков полезного ископаемого: размеров полосчатости и содержанием ценного минерала в богатых, средних и бедных прослоях. Эти показатели определяются геологической службой. В зависимости от класса крупности эта функция видоизменяется: чем меньше размеры кусков, тем больше α_{max} и меньше α_{min}. А когда $d \to \infty$, то $\alpha_{max} \to \alpha_{min} \to \alpha_{исх}$. При условии, что $d \to 0$, $\alpha_{max} \to 1$, а $\alpha_{min} \to 0$.

Например, железную руду характеризуют рудные прослои, мало рудные и нерудные.

Каждый прослой численно характеризуют его толщиной т.е. L_P, L_{MP}, L_H, в которых содержится рудный минерал в количестве $\alpha_P, \alpha_{MP}, \alpha_H$. Среднее содержание минерала в руде составит

$$\alpha = \frac{\alpha_P L_P + \alpha_{MP} L_{MP} + \alpha_H L_H}{L_P + L_{MP} + L_H}.$$

Когда руда измельчается, то в кусках сосредотачивается различное количество всех прослоев, поэтому содержание ценного минерала в них теоретически разное.

Наконец, существует кусок такого размера, больше которого качественные характеристики рудных кусков будут практически одинаковыми.

Минимальное содержание в кусках будет таким, что кроме набора всех прослоев будет еще один нерудный, а максимальное содержание, когда включают еще один рудный прослой.

Однако, содержание ценного минерала в этих кусках будет различное и достоверной оценки качества руды не будет осуществлено, поскольку неизвестна дисперсия содержания ценного минерала в этих кусках.

В богатой фракции будут находиться куски руды образованные из богатых прослоев, а в бедной те частицы, которые образованы из нерудных и малорудных прослоев. Таким образом, смешанные и нерудные прослои объединены в малорудные прослои:

$$l_{MP} = l_C + l_H .$$

Для установления связи крупности частиц и возможного в них содержания магнетита выполнены такие рассуждения. По мере увеличения размера кусков в них может быть несколько рудных или нерудных прослоев.

По этой причине куски $d>l_P$ и $d>l_H$ уже не могут принадлежать к открытым фракциям они обязательно являются сростками.

Когда размер куска $d=l_P$, то максимально возможное содержание магнетита в нем α_P.

Когда размер куска $d=l_H$, тогда минимально-возможное содержание магнетита в нем составляет α_H.

Когда размер куска $l_P<d<l_H$, то максимально возможное содержание магнетита в нем будет

$$\alpha_{MK} = \frac{l_P}{l_P + l_{MP}} \alpha_P$$

Увеличение размера куска приводит к тому, что кусок может включать два рудных прослоя и один малорудный, тогда

$$\alpha_{MK} = \frac{2l_P\alpha_P}{2l_P + l_{MP}}$$

Аналогичные дальнейшие рассуждения показали, что богатый кусок руды общем случае включает на один рудный прослой больше по сравнению с бедным (максимально возможное содержание ценного минерала).

Бедный кусок содержит на один нерудный прослой больше по сравнению с богатым (минимально возможное содержание ценного минерала):

Таким образом, при изменении размера кусков наблюдается зависимость предельных значений содержания в них магнетита.

Таких предельных показателей два:

минимально-возможное:

$$\alpha_{MIH} = \frac{nl_P\alpha_P + (n+1)l_H\alpha_H}{nl_P + (n+1)l_H}; \quad (2)$$

максимально-возможное:

$$\alpha_{MAKC} = \frac{nl_H\alpha_H + (n+1)l_P\alpha_P}{nl_H + (n+1)l_P} \quad (3)$$

Разность между этими двумя величинами уменьшается по мере увеличения размера кусков. Размер кусков выражен в количестве прослоев: чем больше прослоев (величина n), тем больше размер куска.

Моделирование с помощью выражений (2) и (3) при условии, что l_P=5мм, l_H=13мм, α_P=0,7, α_H=0,2 дало зависимость, приведенную в табл. 1.

Таблица 1

Предельные значения содержания магнетита в кусках в зависимости от их размера

$n=d/l$	0	1	2	3	10	∞
$\alpha_{МИН}$	0,2	0,28	0,3	0,31	0,33	0,35
$\alpha_{МАКС}$	0,7	0,42	0,38	0,36	0,34	0,35

Как видно из табл. 1, после n=3 зависимость резко снижает чувствительность и только куски размером d=10 l_H=130 мм могут иметь различие в содержании магнетита около одного процента.

Теория случайных величин утверждает, что количество кусков, отбираемых в пробу, зависит от отношения дисперсии содержания в классе крупности к требуемой дисперсии измерения - $\sigma_З$.

Тогда

$$n = \frac{\sigma^2_{\alpha}}{\sigma^2_З} \tag{4}$$

Кроме того, распределение Бернулли характеризуется параметрами распределения:

математическим ожиданием: $m_N = n P_{PC}$

дисперсией: $\sigma^2_N = nP_{РЗ}(1 - P_{РЗ})$

Последний показатель характеризует точность закона распределения, а точность соответствия вероятности и частости будет задана - $\sigma^2_{NЗ}$, тогда

$$n_1 = \frac{\sigma^2_N}{\sigma^2_{NЗ}} \tag{5}$$

Итак, определив достаточное количество частиц в пробе в соответствии с методикой (1), корректируем его с помощью соотношения (4) и (5).

Тогда минимальная масса пробы при покусковом опробовании составит

$$q = \frac{\pi d^3}{6} \frac{\sigma^2_N}{\sigma^2_{NЗ}} \frac{\sigma^2_{\alpha}}{\sigma^2_З} \delta$$

Дальнейшее снижение крупности дробления приводит к тому, что появляются частицы полностью из рудных и малорудных прослоев.

Таким образом, в кусках руды, размер которых меньше мощности нерудного и рудного прослоев максимально-возможное содержание магнетита может быть таким, которое содержится в этих прослоях: α_{max}=0,7 и α_{min}=0,2.

По мере увеличения размера куска эти значения уменьшаются и стремятся к одному значению – содержанию магнетита в монолите. Для расчетов раскрытия нерудных прослое принято $n_Г$=3.

Итак, общее количество каждой из четырех фракций по всем классам крупности кусков руды определяется путем суммирования приращений и составит:

открытых кусков из рудного прослоя (рудных зерен):

$$P_{РЗ} = \frac{l_P}{l_{MP} + l_P} \sum_{i=1}^{k} (1 - \frac{d_i}{l_P}) \Delta F(d_i);$$

открытых кусков из нерудных прослоев (нерудные зерна):

$$P_{НЗ} = \frac{l_{MP}}{l_P + l_{MP}} \sum_{i=1}^{k} (1 - \frac{d_i}{l_{MP}}) \Delta F(d_i);$$

промежуточных фракций: богатых (рудных сростков)

$$P_{PC} = \frac{l_P}{l_P + l_{MP}} (\sum_{i=1}^{k} \frac{d_i}{l_P} \Delta F(d_i) + (F(3l_P) - F(l_P))) + (1 - F(3l_P));$$

бедных сростков

$$P_{HC} = \frac{l_H}{l_P + l_{MP}} (\sum_{i=1}^{k} \frac{d_i}{l_H} \Delta F(d_i) + (F(3l_{MP}) - F(l_{MP})),$$

где $\Delta F(d)$ – приращение функции распределения кусков руды по крупности.

Таким образом, при некоторой промежуточной крупности дробления возможно наличие четырех фракций в продукте, а в зависимости от крупности частиц в пробе будем иметь некоторое раскрытие ценного минерала, которое охарактеризуем содержаниями.

Естественно, что

$$P_{РЗ} + P_{PC} + P_{HC} + P_{НЗ} = 1,$$

а

$$1\times P_{РЗ}+\alpha_{РС}\times P_{РС}+\alpha_{НС}\times P_{НС}+0\times P_{НЗ}=\alpha_{И}.$$

Набирая в произвольном порядке пробу, будем случайным образом брать эти четыре вида частиц. Причем, вероятность извлечения каждого типа частиц соответствует содержанию их в массиве. Таким образом, если в n отобранных частицах будет содержаться $M \approx nP_{РЗ}$ частиц, представляющих собой открытые рудные зерна, то минимальная масса пробы будет считаться сформированной. Следовательно, в результате отбора кусков массива в пробу мы оперируем двумя событиями:

отбираемый кусок есть рудное зерно - A;

отбираемый кусок не есть рудное зерно - $\bar{A}$.

Дальнейшее уменьшение крупности измельчения приводит к раскрытию вкраплений.

Раскрытие определяется по таким соотношениям

$$P_{РЗ}=\frac{\alpha_{И}}{\bar{d}}\int_{0}^{d_{вк}}(1-\frac{d}{d_{вк}})\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d\,;$$

$$P_{РЗ}=\frac{1-\alpha_{И}}{\bar{d}}\int_{0}^{r_{вк}}(1-\frac{d}{r_{вк}})\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d\,;$$

$$P_{РЗ}=\frac{\alpha_{И}}{\bar{d}}(\int_{0}^{d_{вк}}(\frac{d}{d_{вк}})\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d+\int_{d_{вк}}^{10d_{вк}}\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d)\,;$$

$$P_{РЗ}=\frac{1-\alpha_{И}}{\bar{d}}(\int_{0}^{r_{вк}}(\frac{d}{r_{вк}})\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d+\int_{r_{вк}}^{10d_{вк}}\exp(-\frac{d}{\bar{d}})\partial d)\,;$$

$$r_{вк}=d_{вк}(\sqrt[3]{\frac{0.65}{\alpha_{И}}}-1),$$

где $\alpha_{И}$, $\bar{d}$, $d_{вк}$ - содержание ценного минерала, средняя крупность частиц, средняя крупность вкрапления соответственно.

Естественно, что вместо интегралов следует воспользоваться конечными суммами, а вместо дифференциалов - конечными разностями.

В работе [1] приведены функции, связывающие размер частиц d с предельным содержанием в них ценного минерала α, если известны текстурно-структурные признаки руды и содержание ценного минерала. Эти зависимости имеют вид:

для максимального значения

$$\alpha_{\max}=\left(\frac{nd_{ВК}+\Delta d}{nL_{ВК}+\Delta d}\right)^{3},\ 0<\Delta d<d_{ВК}; \tag{6}$$

для минимального значения

$$\alpha_{\min}=\left(\frac{nd_{ВК}}{nL_{ВК}+\Delta d}\right)^{3},\ 0<\Delta d<r_{ВК}; \tag{7}$$

$$r_{ВК}=d_{ВК}\left(\sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{И}}}-1\right);\quad L_{ВК}=d_{ВК}\sqrt[3]{\frac{0,65}{\alpha_{И}}}=d_{ВК}+r_{ВК},$$

где $d_{ВК}$ - размер вкрапления ценного минерала; $\alpha_{И}$ - содержание ценного минерала в монолите руды; n - количество измерений $L_{ВК}$, укладывающихся в поперечнике частицы.

Таким образом, при известных d_{KP}, $n = \frac{d_{KP}}{L_{BK}}$, - а значение Δd принять - максимальным $\Delta d = d_{BK}$ для поиска α_{max} и $\Delta d = r_{BK}$ - для α_{min}. Преобразовав выражения (6) и (7), получим

$$\alpha_{\max} = \left(\frac{n+1}{n\sqrt[3]{\frac{0{,}65}{\alpha_И}} + 1} \right), \quad \alpha_{\min} = \left(\frac{n}{(n+1)\sqrt[3]{\frac{0{,}65}{\alpha_И}} - 1} \right)$$

Теперь среднее квадратическое отклонение качества частиц составит функцию

$$\left(\frac{n+1}{n \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}65}{\alpha_И}} + 1} \right)^3 - \left(\frac{n}{(n+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{0{,}65}{\alpha_И}} - 1} \right)^3 = 4\sigma_\alpha .$$

И если распределение частиц по крупности $f(d)$ известно, то среднее квадратическое отклонение смеси частиц составит средневзвешенную величину $\overline{\sigma} = \int_0^{d_{\max}} f(d)\sigma_\alpha(d)\partial d$. Ее и примем для определения массы пробы.

Выводы. Таким образом, покусковое опробование является общим принципом формирования проб, которое необходимо для проведения качественного анализа массива.

Определение минимальной массы пробы неотъемлемая часть опробования и контроля качества сырья.

Список литературы

1. **Младецький І. К., Мостика Ю. С.** Аналітичне визначення показників розкриття руди. – Дніпропетровськ: Системні технології, 1999, - 106 с.
2. **Кармазин В. В., Младецкий И. К., Пилов И. К.** Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГГУ, 2006, 221 с. с ил.
3. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. **Козин В. З.** Контроль технологических процессов обогащения. Конспект лекций. – Екатеринбург, 2003, 161 с. с ил.
5. **Козин В. З.** Универсальная формула минимальной массы пробы. Известия вузов, Горный журнал, №1, 2004, с. 102—106.
6. **Локонов М. Ф.** Опробование на обогатительных фабриках. – М.: Госгортехиздат, 1961, 270 с.
7. **Bada S.O., Falcon L.M., Falcon R.M.S., Du Cann V.M.-** Qualitative analysis of fine coals obtained from triboelectrostatic separation, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Volume 112, January 2012, pp. 55-62.
8. **Ozgen S**.- Modelling and optimization of clean chromite production from fine chromite tailings by a combination of multigravity separator and hydrocyclone, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Volume 112, May 2012, pp. 387-394.
9. **Steinhaus R.C., Minnitt R.C.A**.- Mechanical sampling–a manufacturer's perspective, The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Volume 114, January 2014, pp. 121-130.
10. Coal for Energy Independence, Engineering and Mining Journal, January 2012, pp. 58-59.
11. Physical and chemical properties of rocks and well cement for CO2 storage applications in a full-scale borehole simulator, First break, Volume 31, December 2013, pp. 103-104.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 622.016.001.891.55

Ю.В. КАРГАПОЛОВ, А.О. ЛОГУНОВА, аспиранты,
ГВУЗ «Национальный горный университет»

АНАЛИЗ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ ГП «СЕЛИДОВУГОЛЬ»

Целью работы является обследование состояния горных выработок шахт в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь» и изучение факторов, влияющих на их устойчивость.

Выбраны объекты исследований (капитальные и подготовительные выработки шахт ГП «Селидовуголь»). Приведены результаты натурных обследований состояния протяжённых горных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь». Выявлены основные виды деформаций приконтурного массива и крепи, характерные для исследуемых выработок. Определены основные факторы, которые влияют на устойчивость выработок. Выполнено накопление и обобщение научно-практического опыта, который является последующей базой для обоснования и разработки эффективных способов обеспечения длительной устойчивости протяженных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь». Намечены основные направления исследований для решения технических вопросов улучшения работы шахт, связанные с проведением, креплением и поддержанием капитальные и подготовительные выработки шахт ГП «Селидовуголь».

Введение. Стабилизация работы угольной отрасли Украины и достижение намеченных рубежей по объему добычи и снижению себестоимости угля невозможны без обоснования и внедрения эффективных ресурсосберегающих способов обеспечения длительной устойчивости горных выработок. Важными факторами, определяющими состояние угольной промышленности страны и перспективы ее дальнейшего развития, являются вопросы обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок в течение всего срока их целевого использования. Нарушение эксплуатационного состояния выработок приводит к потере производственной мощности предприятий, то есть снижает реальную добычу полезного ископаемого и увеличивает его себестоимость.

Проблема обеспечения устойчивости горных выработок приобретает особенно большое значение с увеличением глубины разработки, так как при этом повышается величина горного давления, что обуславливает значительные деформации крепи горных выработок [1, 2].

Для обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок приходится вести ремонтные работы, заключающиеся в полном перекреплении отдельных участков или всей выработки, замене деформированных элементов крепи, применении временной усиливающей крепи, увеличении плотности установки рам и замене межрамных ограждений крепи, подрывке вспученных пород почвы и др.

Решение вопросов о рациональном креплении, поддержании и охране капитальных и подготовительных выработок должно основываться на результатах натурных исследований. В работах [3,4] выполнен большой объем шахтных исследований, однако с увеличением глубины горные работы и изменением горногеологических и горнотехнических условий требуют постоянного мониторинга состояния горных выработок.

Целью работы является обследование состояния горных выработок шахт ГП «Селидовуголь» и изучение факторов, влияющих на устойчивость выработок.

Основной материал исследований. Снижение расходов связанных с проведением и поддержанием в рабочем состоянии капитальных и подготовительных выработок угольных шахт в конечном итоге призвано уменьшить себестоимость добываемого угля и усилить его конкурентоспособность на соответствующем рынке. По этой причине решение обозначенной выше проблемы начинается с оценки структуры себестоимости товарной продукции и анализа выделенных статей (элементов) затрат. Снижение расходов даже на 1 грн. на 1 т угля, принимая во внимание годовой объем добычи, составляет миллионы средств, которые могут быть направлены на иные проекты, в т.ч. и на инновационные, которые впоследствии позволят продолжить процесс оптимизации основного производственного цикла.

В качестве примера в работе приведены некоторые результаты анализа горногеологических и горнотехнических условий отработки угольных пластов ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь».

© Каргаполов Ю.В., Логунова А.О., 2015

Обследование выработок предполагает:

визуальные наблюдения за деформациями горных пород и элементов крепи;

осуществление измерений, не требующих специального приборного оснащения;

выполнение зарисовок;

фотографирование.

Непосредственно обследованию предшествует сбор информации о выработке:

наименование выработки;

длина выработки, площадь сечения;

глубина расположения выработки;

крепь по паспорту (типоразмер; вид крепи; шаг установки; вид затяжки);

выкопировка из плана горных работ с местоположением выработки.

В выработке выполняется попикетное обследование, которое включает следующие пункты.

1. Общее состояние выработки на пикете:

общая качественная оценка состояния выработки в пикете;

общее количество рам на пикет / количество деформированных рам на пикет.

К основным видам деформации крепи можно отнести:

значительные деформации верхняка;

деформации стоек;

деформации или разрыв замков;

значительные деформации затяжек;

2. Проявления горного давления на пикете:

наиболее характерные смещения, их величина (вертикальная и горизонтальная конвергенция) - при визуально наблюдаемых проявлениях, нарушенной крепи;

наличие, характер и величина пучения пород почвы;

наличие, количество и величина подрывок, когда проводились до момента обследования;

наличие и количество перекреплений, чем перекреплялось, когда проводились до момента обследования;

характерное поведение пород в обнажениях, системы трещин, осыпания и т.п.).

3. Состояние рамной крепи:

состояние элементов рам (верхняки, стойки), характерные виды деформаций, степень просадки в замках;

наличие нужного количества замков, их состояние;

качество установки рам - контакт с породным контуром; расклинка; забутовка; наличие расстрелов;

наличие и величина пустот (зазоров) между рамой и породным контуром;

состояние и характер деформирования затяжек.

В качестве объектов исследований были выбраны капитальные и подготовительные выработки на шахтах «Россия» и «1/3 Новогродовская».

На шахте «Россия» был произведен анализ условий эксплуатации и текущего состояния капитальных горных выработок. Обследованы такие выработки как:

южным уклоном II ступени пласта l_1, основная часть трассы которого пройдена в период с января 2007 по июнь 2011 года (глубина проведения составляет 385-540 м, применяемая крепь АП 11,2);

людской ходок южного уклона II ступени пласта l_1, основная часть трассы которого пройдена в период с июня 2006 по сентябрь 2011 года (глубина проведения 385-540 м, применяемая крепь АП-11,2).

Первичное обследование сети капитальных выработок южного крыла шахты свидетельствует о том, что все выработки испытывают существенное влияние горного давления [5].

В целом горно-геологические и горнотехнические условия отработки угольных пластов можно охарактеризовать как сложные, что обусловлено повсеместным наличием слабоустойчивых вмещающих пород, склонных к резкой потере несущей способности при размокании, наличием зон влияния тектонических нарушений, зон распространения ложной кровли, размывов пластов и т.д.

В гидрогеологическом отношении условия отработки пластов также сложные.

Влияние горного давления проявляется в уменьшении сечения выработок за счет вертикальной и горизонтальной конвергенции до неудовлетворительного состояния, сопровождающейся значительными деформациями и разрушением элементов крепи, вывалами пород кровли, а также интенсивным пучением (рис. 1).

Рис. 1. Примеры деформации крепи южного уклона II ступени пл. l_1 в районе ПК16

Попикетное обследование южного уклона II ступени пл. l_1 показало, что состояние горной выработки можно охарактеризовать как неудовлетворительное.

В ходе анализа были выявлены места где выработка практически не соответствует минимальным технологическим требованиям и соответствиям ПБ (рис. 2).

Рис. 2. Состояние участка южного уклона II ступени пл. *l*1 в районе ПК56

Силами структурных подразделений шахты, производится постоянное и непрерывное выполнение ремонтных работ, а также усиление крепи (рис. 3). Для усиления крепи выработки необходимо выполнять работы в следующем порядке:

установить ремонтины;

восстановить скобы на замках;

восстановить или добавить расстрелы, «распорки»;

установить промежуточные рамы;

заменить поломанную затяжку или восстановить выпавшую.

Рис. 3. Примеры усиления крепи южного уклона II ступени пл. l_1

Основные виды деформаций пород и крепи в южном уклоне II ступени пласта l_1: прогиб планок в замках, волнообразная установка стоек крепи (2-3 волны на пикет), частичное отсутствие межрамных стяжек; в вентиляционном штреке: прогиб планок в замках, частичное отсутствие межрамных стяжек, проворачивание стоек крепи вокруг своей оси.

Для анализа на шахте «1/3 Новогродовская» были выбраны подготовительные выработки.

В качестве примера, приведены данные по попикетному обследованию 18-го южного конвейерного штрека пл. l_1, который предназначен для подготовки и отработки 18 южной лавы пласта ℓ_1.

Глубина проведения 780 м, применяемая крепь первые 50 м (ПК0-ПК5) - КМП-А3 (18.3) далее- ПК5-ПК150 - КМП-А5 (16.7) и остальная часть выработки - КМП-А3 (13,8) в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики применяемой крепи

Характеристики	Применяемая крепь		
	ПК0-ПК5 (КМП-А3)	ПК5-ПК150 (КМП-А5)	ПК151 и далее (КМП-А3)
1. Сечение в свету до осадки, м^2	18,3	16,7	13,8
2. Сечение в свету после осадки, м^2	17,3	15,2	12,8
3. Сечение в проходке, м^2	21,0	19,0	15,9
4. Сечение по углю в проходке, м^2	6,3	3,0	3,8
5. Ширина в свету до осадки, м	5,44	4,75	4,75
6. Ширина после осадки, м	5,25	4.53	4,53
7. Ширина в проходке, м	5,91	5,2	5,2
8. Высота в свету до осадки, м	3,97	4,14	3,44
9. Высота после осадки, м	3,67	3,14	3,14
10. Высота в проходке, м	4,21	4,36	3,66
1 1 . Плотность установки крепи, рамы/м	2	2	1,49
12. Затяжка боков и кровли	дерево	дерево	дерево

Результаты замеров (на пикетах «ПК») высоты, ширины и показателя устойчивости выработок приведены на рис. 4. Показатель устойчивости выработки определялся в соответствии с методикой, приведенной в работе [3].

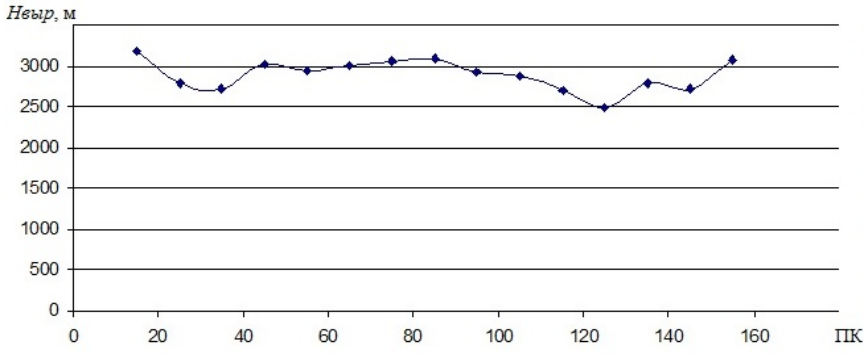

Рис. 4. Изменение высоты 18-го южного конвейерного штрека пл. *l*1 горизонта 780 м в районе ПК10-ПК155

Анализ 18-го южного конвейерного штрека пл. l_1 показал, что уменьшение высоты выработки от проектной в среднем составляет 0,33 м (рис. 5).

Колебания высоты и ширины ходка связаны с незначительными нарушениями технологии крепления выработки при ее проведении и неудовлетворительным состоянием сопряжений выработок.

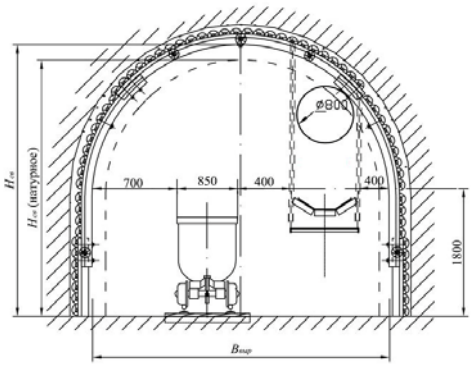

Рис. 5. Изменение высоты выработки от проектной 18-го южного конвейерного штрека пл. *l*1 горизонта 780 м в районе ПК10-ПК155

В ходе попикетного обследования было выявлено частичное отсутствие межрамных стяжек, разрывы хомутов в замках, разрыв стоек на уровне замков, разлом затяжки в кровле,. Во всех выработках имеет место либо отсутствие забутовки закрепного пространства, либо некачественное ее выполнение.

Общие характерные для шахт ГП «Селидовуголь» факторы, влияющие на устойчивость горных выработок:

значительная вертикальная и горизонтальная конвергенция;

интенсивное пучение почвы, обусловливающее необходимость неоднократных подрывок;

потеря симметрии рамной крепи в следствии несимметричного нагружения;

деформирование и разрыв стоек крепи;

деформации и разрушение затяжки выработки.

Выводы. Таким образом, для повышения устойчивости выработок различного назначения в условиях шахт ГП «Селидовуголь», снижения эксплуатационных затрат на ремонты и перекрепление горных выработок, подрывку почвы, необходимо провести исследования в следующих направлениях:

постоянный мониторинг (визуальные и инструментальные наблюдения) за состоянием горных выработок;

усовершенствование способов управления горным давлением;

усовершенствование способов проведения и крепления, с применением различных ресурсосберегающих видов крепи;

разработка и внедрение новых способов охраны и поддержания подготовительных выработок для повторного их использования;

усовершенствование способов прогноза интенсивности проявления пучения пород почвы в выработках и разработка эффективных мер борьбы с этим явлением.

Основным результатом комплексного выполнения инструментальных и визуальных наблюдений является накопление и обобщение научно-практического опыта, который является последующей базой для обоснования и разработки эффективных способов обеспечения длительной устойчивости протяженных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь». При этом непосредственные результаты шахтного мониторинга позволяют получить обширную базу данных для разработки и верификации адекватных численных моделей, что в последующем должно позволить оптимизировать капитальные и эксплуатационные затраты на сооружение и поддержание горных выработок при необходимом соответствии действующим отраслевым нормативным документам и стандартам.

Список литературы

1. **Глушко В.Т.** Разрушение горных пород и прогнозирование проявлений горного давления / **В.Т. Глушко, В.В. Виноградов**. - М.: Недра, 1980. - 214 с.

2. **Заславский Ю.З.** Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна / Ю.З. Заславский. - М.: Недра, 1966. - 180 с.

3. **Солодянкин А.В.** Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости протяженных выработок: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.15.04.; 05.15.09 / **Александр Викторович Солодянкин.** - Днепропетровск, 2009. - 426 с.

4. **Новиков А.О.** Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем: Дисс. … докт. техн. наук: 05.15.02 / **Александр Олегович Новиков**. - Донецк, 2011. - 479 с.

5. Оценка основных факторов влияющих на устойчивость горных выработок на примере ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь» / **А.В. Халимендик, А.В. Халимендик, Ю.В. Каргаполов, Е.С. Выстороп** // Перспективы развития строительных технологий : 8-я междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов (24-25 апр. 2014г., г. Днепропетровск): доклады / Национальный горный университет.- Д.,2014.- С.154-160.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.15

УДК 622.272: 697.956

О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф., І.А. ФЕДУСОВ, аспірант
Криворізький національний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДИНАМІКИ ПИЛОВИХ ПОТОКІВ В ГІРНИЧИХ ВИРОБКАХ

У статті проаналізовані результати проб повітря на запиленість пристовбурових виробок шахти «Октябрська» та шахти «Родіна» ПАТ «КЗРК», які виконала промсанлабораторія цього підприємства в 2013-2015 роках. Мета яка була поставлена авторами, це математично дослідити та вивести залежність, яку можна використовувати при розрахунку ефективності осідання рудникового пилу різного дисперсного складу в гірничих виробках рудникових шахт, була досягнута. Оскільки на дно гірничих виробок осідає значно більше пилу, чим на стінки і особливо покрівлю, то осідання пилу автори розглядали тільки під дією гравітаційних сил. В основу теорії процес осідання аерозолів в великій кількості робіт, авторами положена закономірність руху окремо взятої пилинки. Авторами була описана математична модель ефективності осідання рудникового пилу різного дисперсного складу в гірничій виробкі з урахування початкової концентрації пилу, та швидкості потоку повітря в гірничих виробках пристовбурових комплексів рудникових шахт. Отримані рівняння руху і осідання пилу в гірничих виробках орієнтовані на їх можливу експериментальну перевірку, усі параметри які потрібні для обчислень що входять в ці рівняння, вимірюються сучасними приладами або стаціонарними датчиками які встановленні в пристовбуровому комплексі шахти.

Ключові слова: математичне моделювання, пил, осідання пилу, концентрація пилу, гірнича виробка, турбулентний рух, рівняння руху пилу, рівняння осідання пилу.

Постановка проблеми. Пристовбуровий комплекс містить у собі ряд виробок спеціального призначення, основними з яких є клітьовий і скіповий руд двори. У скіповому руд дворі відбувається розвантаження рухомого складу з рудою й порожньою породою; з нього потік гірської маси надходить па підземну дробарку, у центральний бункер, дозатор й, нарешті, у скіпи. Всі ці процеси супроводжуються досить інтенсивним пило виділенням, обумовленим великою висотою перепадів гірської маси, при яких відбувається не тільки диспергування пилу, що втримується в ній, але й утворення нової в момент зіткнень і дроблення шматків. Дані по запиленість повітря при різних технологічних операціях у руд дворі наведені в табл. № 1, 2

Проаналізувавши результати проб повітря на запиленість пристовбурових виробках шахти «Октябрська» та шахти «Родіна» ПАТ «КЗРК» (табл. 1,2), які були виконані промсанлабораторією цього підприємства в 2013-2015 р. Було встановлено, що фактична запиленість повітря на робочих місцях перевищує гранично допустиму концентрацію. Особливо в пристовбурових виробках (дозатор, дробілка, опрокид)

Таблиця 1

Результати проб повітря на запиленість в підземних виробках ш. «Октябрська» ПАТ «КЗРК»

Найменування місця відбору проб	Процес	Горизонт, м	Температура, °С	Вологість, %	Фактична запиленість на робочому місці, мг/м^3				
					07.11. 2013	12.12. 2013	14.04. 2014	15.08. 2014	09.10. 2014
Опрокид	розван-таження	1265	19,6	96	-	2,5	2,4	2,4	2,5
Дробарка	дроблення	1285	19,6	96	-	2,8	2,7	2,5	2,8
Дозатор	завант-таження	1318	19,6	96	2,7	-	2,6	2,4	2,6

Високі рівні запиленості, не зважаючи на використання проти пилових респіраторів, спричиняють захворюваність персоналу який обслуговує технологічний процес на силікоз, пиловий бронхіт та інші хвороби.

Захворюваність цими професійними недугами коливається в значних межах.

Так за певними даними на ПАТ «Суха Балка» та ПАТ «КЖРК» і інших підприємствах вона має тенденцію на зростання з 2000 р.

Це приводить до соціальних, прямих і не прямих матеріальних витрат.

© Лапшин О.Э., Федусов І.А., 2015

Свіже повітря, що надходить на основний горизонт для вентиляції підготовчих й очисних вибоїв, проходить через руд двір. Тому знепилювальній операцій, виконуваних в пристовбурових виробках, необхідно приділяти велику увага.

Саме розповсюдження пилових потоків в гірничих виробках є проблемою що стоїть перед вирішенням. Для її рішення потрібно розробити математичну модель процесу розповсюдження в виробках з подальшим використанням цих даних для створення заходів по знепиленню.

Таблиця 2

Результати проб повітря на запиленість в підземних виробках ш. «Родіна» ПАТ «КЗРК»

Найменування місця відбору проб	Процес	Горизонт, м	Температура, °С	Вологість, %	Запиленість на робихиісцях, мг/м^3		
					05.01.2015	10.02.2015	10.03.2015
Опрокид	розвантаження	1315	19,6	96	2,5	2,5	2,4
Дробарка	дроблення	1335	19,6	96	2,6	2,6	2,7
Дозатор	завантаження	1372	19,6	96	2,4	2,4	2,5

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення відстані на якій буде осідати пил в гірничих виробках, присвячена велика кількість літератури. Але, ефективність визначення цієї відстані залежить від великої кількості факторів які впливають на повітряний потік і теоретично недостатньо обґрунтовано.

Цією проблемою займалися такі вчені: Г.А. Жовтуха, В.І. Стуканов, А.П. Янов, Н.М. Сердюк, Ф.Г. Ващенко та ін.

Для визначення максимальної відстані від місця пилоутворення необхідна розробка математичних моделей, які дозволятимуть в різних діапазонах проводити оцінку динаміки пилових потоків в гірничих виробках та вносити відповідні корективи.

Мета роботи. Математично дослідити та вивести залежність, яку можна використовувати при розрахунку ефективності осідання рудникового пилу різного дисперсного складу в гірничих виробках рудникових шахт.

Викладення матеріалу та результати. В основу теорії процес осідання аерозолів в великій кількості робіт положена закономірність руху окремо взятої пилинки.

На відміну від відомих робіт [8], у цій статті розповсюдження та осідання пилу розглядається на основі статистичних закономірностей, властивих великим сукупностям однотипних об’єктів [12]. Оскільки на дно гірничих виробок осідає значно більше пилу, чим на стінки і особливо покрівлю, то осідання пилу розглядалося тільки під дією гравітаційних сил.

При визначенні закономірностей гравітаційного осідання пили довжину горизонтальних виробок позначаємо L, висоту H_o і початкове положення пилинок h_o. При турбулентному русі на швидкість осідання пилу, що підкоряється закону Стокса і визначається виразом

$$v_c = 2r^2 \rho g / 9\mu \qquad (1)$$

де r - радіус пилинки, мм; ρ- густина повітря, кг/м^3; μ - динамічна в’язкість повітря, Па·с,

При турбулентному русі потоку на швидкість осідання пилу накладається вертикальна складова швидкості пульсації f, яка підчиняється розподілу Гаусса, тому густина миттєвого розподілу вертикальних швидкостей руху пилинок матиме вигляд

$$\varphi(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(v_c - v)^2}{2\sigma^2} \right] \qquad (2)$$

σ - поперечна складова середньо квадратичної швидкості пульсацій.

Якщо в початковий момент пилинка знаходиться в точці h_o, то через час τ_o щільність вірогідності розподілу пилинок по висоті буде

$$\varphi(h) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma\tau_o)} \exp\left[-\frac{(h_1 - h_0 + v_c\tau_o)^2}{2(\sigma\tau_o)^2} \right] \qquad (3)$$

До множивши вираз (3) на величину інтервала dh_1, отримаємо перехідну ймовірність із стану h_o і h_1, h_1+dh_1

$$\varphi(h_1)dh_1 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma\tau_o)}\exp\left[-\frac{(h_1 + h_o + v_c\tau_o)^2}{2(\sigma\tau_o)^2}\right]dh_o \quad (4)$$

Ймовірність переходу із стану h_1 в стан (h_2, h_2+dh_2)

$$\varphi(h_2)dh_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma\tau_o)}\exp\left[-\frac{(h_2 - h_1 + v_c\tau_o)^2}{2(\sigma\tau_o)^2}\right]dh_o \quad (5)$$

Ймовірність переходу через два стани

$$\varphi'(h_2)dh_2 = \int_{-\infty}^{+\infty}\varphi(h_1)dh_1\varphi(h_2)dh_2 \quad (6)$$

Підставивши в вираз (6) значення з (4) та (5) та про інтегрувати їх, отримаємо

$$\varphi'(h_2)dh_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sqrt{2}\sigma\tau_o)}\exp\left[-\frac{(h_2 - h_o + 2v_c\tau_o)^2}{2(\sqrt{2}\sigma\tau_o)^2}\right]dh_2 \quad (7)$$

через n станів

$$\varphi'(h_n)dh_n = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sqrt{n}\sigma\tau_o)}\exp\left[-\frac{(h_n - h_o + 2v_c\tau_o)^2}{2(\sqrt{n}\sigma\tau_o)^2}\right]dh_n \quad (8)$$

Якщо $n\tau_o = \tau$, а $n = 2f\tau$, то

$$\varphi'(h_n)dh_n = \frac{1}{\frac{\sqrt{2\pi}\sigma\tau}{\sqrt{2f\tau}}}\exp\left[-\frac{(h_n - h_o + 2v_c\tau_o)^2}{2(\frac{\sigma\tau}{\sqrt{2f\tau}})^2}\right]dh_n \quad (9)$$

де n - число на півперіодів коливань; f - частота пульсації.

Ефективність осідання пилу дорівнює вірогідності того, що часточка пилу виявиться в стані h_n=0, тому при постійному початковому розподілі концентрації пилу визначиться виразом

$$\eta = \frac{1}{H_o}\int_0^{H_0} dh_o \int_{-\infty}^{0}\frac{1}{\frac{\sqrt{2\pi}\sigma\tau}{\sqrt{2f\tau}}}\exp\left[-\frac{(h_n - h_o + 2v_c\tau_o)^2}{2(\frac{\sigma\tau}{\sqrt{2f\tau}})^2}\right]dh_n \quad (10)$$

Після інтегрування виразу (10) і перетворень з заміни $\tau = L_o/v$ та $f = \beta v$, де v - швидкість повітря в гірничій виробці, β=10 - коефіцієнт пропорційності, отримаємо

$$\eta_1 = \frac{1}{2} - \left\{\begin{array}{l}(-\frac{1}{2} + \frac{v_c L_o}{2H_o v})\Delta\left[\frac{v_c}{\sqrt{2}\sigma}(1 - \frac{H_o v}{v_c L_o})\sqrt{2\beta L_o}\right] - \\ -\frac{1}{2}\frac{v_c L_o}{H_o v}\Delta(\frac{v_c}{\sqrt{2}\sigma}\sqrt{2\beta L_o})\end{array}\right\} - \frac{1}{\sqrt{2\pi}}$$
$$\times\left\{\frac{v_c L_0}{H_0 v}\frac{1}{\frac{v_c}{\sigma}\sqrt{2\beta L_o}}\exp\left[-\frac{v_c^2}{2\sigma^2}(1 - \frac{H_o v}{v_c L_o})^2 2\beta L_o\right] - \exp(-\frac{v_c^2}{2\sigma^2}2\beta L_o)\right\}, \quad (11)$$

де $\Delta(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_o^x e^{-\tau^2}d\tau$ - інтеграл ймовірності.

Якщо враховувати, що в точці H_o відбувається дзеркальне відображення функції розподілу, то ефективність осідання пилу при цьому буде

$$\eta_2 = \frac{1}{H_o}\int_o^{H_0} dh_o \int_{2H_o}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\left(\frac{\sigma\tau}{\sqrt{2\beta L_o}}\right)} \exp\left[-\frac{(h_n - h_o + 2v_c\tau)^2}{2\left(\frac{\sigma\tau}{\sqrt{2\beta L_o}}\right)^2}\right] dh_n . \tag{12}$$

Після інтегрування виразу і деяких перетворень з замінами отримаємо

$$\eta_2 = \frac{1}{2} + \left\{\begin{array}{l}\left(\frac{1}{2} + \frac{v_c L_o}{2H_o v}\right)\Delta\left[\frac{v_c}{\sqrt{2}\sigma}\left(1 + \frac{H_0 v}{v_c L_o}\right)\sqrt{2\beta L_o}\right] - \\ -\left(1 - \frac{v_c L_o}{2H_o v}\right)\Delta\left[\frac{v_c}{\sqrt{2}\sigma}\left(2\frac{H_o}{v_c L_o} + 1\right)\sqrt{2\beta L_o}\right)\end{array}\right\} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times$$
$$\times \left\{\begin{array}{l}\frac{v_c L_0}{H_o v}\frac{1}{\frac{v_c}{\sigma}\sqrt{2\beta L_o}}\exp\left[-\frac{v_c^2}{2\sigma^2}\left(1 + \frac{H_o v}{v_c L_o}\right)^2 2\beta L_o\right] - \\ -\exp\left[-\frac{v_c^2}{2\sigma^2}\left(2\frac{H_o}{v_c L_o} + 1\right)2\beta L_o\right]\end{array}\right\}. \tag{13}$$

Повна ефективність осідання пилу в гірничій виробці буде

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 \tag{14}$$

Введемо в формули (11) і (12) безрозмірні параметри Ω та Ψ

$$\Omega = \frac{v_c}{\sigma}\sqrt{2\beta L_o}\ ;\ \Psi = \frac{H_o v}{v_c L_o} \tag{15}$$

Підставивши в вираз (13) значення формул (11),(12),(14) отримаємо

$$\eta = 1 - \left\{\begin{array}{l}\left\{\left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{1}{\Psi}\right)\Delta\left[\frac{\Omega}{\sqrt{2}}(1-\Psi)\right] - \frac{1}{2}\frac{1}{\Psi}\Delta\left(\frac{\Omega}{\sqrt{2}}\right)\right\} + \\ + \left\{\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\frac{1}{\Psi}\right)\Delta\left[\frac{\Omega}{\sqrt{2}}(1-\Psi)\right] - \left[\left(1 + \frac{1}{2\Psi}\right)\Delta\left[\frac{\Omega}{\sqrt{2}}(1+2\Psi)\right]\right]\right\}\end{array}\right\} -$$
$$- \left\{\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\frac{1}{\Omega\Psi}\left\{\begin{array}{l}\left\{\exp\left[-\frac{\Omega^2}{2}(1-\Psi)^2\right] - \exp\left(-\frac{\Omega^2}{2}\right)\right\} - \\ -\left\{\exp\left[-\frac{\Omega^2}{2}(1+\Psi)^2\right] - \exp\left[-\frac{\Omega^2}{2}(1+2\Psi)^2\right]\right\}\end{array}\right\}\right\} \tag{16}$$

При визначені поперечної складова середньо квадратичної швидкості пульсації можна використати залежність яку запропонували О.Д. Нейков та А.Г. Алексеєв [9], яка має вид

$$\sigma = kv\sqrt{\alpha}$$

де α – коефіцієнт аеродинамічного опору , кгс×с^2/м^4, k = 0,24 - коефіцієнт пропорційності.

Обчисливши коефіцієнт η можна визначити запиленість повітря C на любій відстані від джерела пилоутворення за формулою

$$C = C_0 \sum_{i=1}^{n} (1 - \eta_i) m_i \qquad (17)$$

де C_o - початкова запиленість повітря, мг/м^3; m_i - зміст пилинок цієї фракції по масі в початковому стані; n - кількість фракцій пилу.

Отримані рівняння руху і осідання пилу в гірничих виробках (16), (17) орієнтовані на їх можливу експериментальну перевірку, усі параметри (концентрація і дисперсний склад пилу біля джерела пилоутворення, швидкості повітря та ін.), що входять в них, можуть бути виміряні сучасними приладами або стаціонарними вимірювачами (датчиками).

Висновки і напрямки подальших досліджень. Застосування математичного моделювання процесу осідання пилу в гірничих виробках пристовбурових комплексів, дозволяє визначити основні показники які відповідають за процес його осідання та ефективність.

У подальшому планується проведення науково-пошукових робіт, щодо удосконалення програмного забезпечення по визначенню пиловловлювання в пристовбурових виробках шахт, та розробити дослідний варіант фільтра для уловлювання дрібно дисперсного пилу в гірничих виробках залізорудних шахтах.

Список літератури

1. **Lebecki K**. Zagrozenia pylowe w gornictwie. Katowice: Glowny Instytut Garnictwa, 2004. – 399 c.
2. **Szlazak J.** Analiza wvpadkowosci w polskim gornictwic wegla kamiennego w latach 1989— 2006// Bezpieczenictwo Pracy Ochrona Srodowiska w Gornictwie, 2007, №9. – 90 c.
3. **Thiemann Manfred.** Messtechnische Ermittlung von Staubquellen und Beurteilung der Wirkung technischer Staubbekampfungsmassnahmen im Steinkohlenbergbau, 1991, – 109 s.
4. **Алиев Г.М.А.** Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов –М.,«Металлургия», 1986. –544 с.
5. **Бизов В. Ф.**, **Лапшин О. Є**. Охорона праці в гірництві Т. VII. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». – Кривий Ріг: «Мінерал», 2001. – 251 с., з іл.
6. Борьба с пылью и вредными газами в железорудных шахтах. Под ред. **А.П. Янова.** – М., «Недра», 1984. – 228 с.
7. **Бурчаков А.С., Москаленко Э.М.** Динамика аэрозолей в горных выработках. М., «Наука», 1965.
8. **Воронин В.Н.** Основы рудничной аэрогазодинамики. – М., «Углетехиздат», 1951.492 с.
9. **Гращенков Н.Ф., Петросян А.Э., Фролов М.А.** Рудничная вентиляция. М., «Недра», 1988. – 440 с.
10. **Монин А.С., Яглом А.М.** Статическая гидромеханика. Ч. I. – М., «Наука», 1965. – 639 с.
11. **Нейков О.Д., Алексеев А.Г.** Методическое руководство по расчету необходимого количества воздуха для вентиляции горных выработок. К., «Наукова думка», 1971, – 188 с.
12. Очистка воздуха от пыли на горнорудных предприятиях. Г. А. Жовтуха, В. И. Стуканов, А. П. Янов, Н. М. Сердюк. Киев, «Техніка», 1977. – 150с.
13. Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности. Под ред. **А.С. Кузьмича.** – М., «Недра», 1982. – 240 с.
14. **Ушаков К.З, Бурчаков А.С., Медведев И.И**. Рудничная аэрология горных предприятий М., «Недра», 1978. – 440 с.
15. **Фукс Н.А.** Механика аэрозолей. М., Изд-во АН СССР, 1955. – 351 с

Рукопис подано до редакції 10.04.15

УДК 622.235

О.В. ШАПУРІН, д-р техн. наук, проф., П. М. СИНИЧИЧ, магістрант
Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН З УТВОРЕННЯМ КОТЛОВИН ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ

Наведено аналіз наукових досліджень щодо комбінованої технології оббурювання уступів у кар'єрі і аналіз практичного застосування такої технології. Встановлена закономірність зміни собівартості вибухової відбійки залізистих кварцитів Південного ГЗК у вигляді суми собівартостей основних процесів, а саме: механічного буріння піонерної свердловини, її термічного розширення, заряджання, з урахуванням видатку коштів на засоби ініціювання і вибухові речовини. Встановлено існування лінійної закономірності між радіусом піонерної свердловини і радіусом котлової порожнини. Проведено дослідження варіантів проходки піонерної свердловини діаметрами від 0,152 м до 0,203 м за допомогою верстата Roc L–8 фірми Atlas Copco з подальшим їх термічним розширенням під заряд.

При цьому кожному діаметру піонерної свердловини відповідає (із позицій економічної доцільності) свій оптимальний розмір котлового розширення. Так, для діаметра піонерної свердловини 171 м оптимальним є діаметр котла 0,32 м. Досліджено утворення котлових розширень для відомої технології з проходкою піонерної свердловини шарошковим долотом. Виявлено, що на відміну від застосовуваного діаметра котла 0,36 м, більш оптимальним у цьому випадку буде діаметр 0,4 м.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними знаннями. Надвисокою міцністю, що приводить до великої собівартості бурових і вибухових робіт, подальших процесів гірничого виробництва та ініціює пошук шляхів для здешевлення виробничих процесів. Одночасно слід згадати, що дуже міцні породи стають крихкими під впливом термічних напруг. Практика термічного буріння свердловин з подальшим їх термічним розширенням показала ефективність руйнування гірських порід. Але існує більш досконала комбінована технологія проходки свердловин, за якої спочатку утворюється піонерна свердловина механічним способом (за допомогою шарошкового долота діаметром 243 або ж 244,5 мм, з покрівлі уступу вниз), із подальшим утворенням котлового розширення в ній знизу вверх і з подальшою продувкою і очищенням котла від бурового шламу термічним способом. Ця технологія використовується для здешевлення робіт і підвищення їх продуктивності. Як бачимо, труднощі, пов'язані з високою міцністю гірських порід, існують не тільки при утворенні свердловин у залізистих кварцитах, а й при переробці руди та її збагаченні. Виявляється, проблема надвисокої міцності залізистих кварцитів існує на всіх етапах видобутку й переробки. В останньому випадку ми маємо різне розкриття мінеральних зерен корисного компоненту, що ускладнює формування із них кінцевого продукту. Пошуку шляхів оптимізації цих ситуацій на етапі буровибухових робіт присвячена ця стаття.

Аналіз досліджень і публікацій. Комплексні роботи щодо дослідження впливу вибуху на технологічні властивості залізистих кварцитів КМА були виконані під керівництвом докт. техн. наук, проф., Н.Я. Рєпіна [1-4]. Дослідження показали, що внаслідок дії вибухових навантажень мікротвердість зерен магнетиту залишається практично на тому ж рівні. Мікротвердість і крихкість зерен кварцу істотно зростають. У результаті питома робота руйнування кварцу знижується, а для більш пластичних зерен магнетиту вона зростає. Встановлені зміни механічних характеристик мінералів обумовлюють вибірковості подрібнення руд у млинах, при цьому рудні зерна мають більший опір до збагачення та відбувається більш інтенсивне руйнування кварцу.

Унаслідок порушення мікроструктури породи суттєво знижується міцність кварцитів на одноосьовий стиск. У результаті розвитку мікродефектів структури та зміни механічних властивостей мінералів вихід вільних зерен магнетиту в концентраті досягає 81-85 %, проти 66 % у зразках контрольної партії. Одночасно в готовому продукті скорочується кількість зростків. Вихід концентрату класу -50 мкм збільшується на 2,5-4,5 % і досягає 96 %.

У роботі [5] розглянуто дію вибуху свердлового заряду в крихкому середовищі з урахуванням вильоту набійки і витоку газоподібних продуктів детонації. Математична модель руйнування такого середовища складається з хвильового рівняння і системи звичайних диференціальних рівнянь, які вирішуються цифровими методами. Таким чином, основні науково-технічні проблеми управління рівнем знеміцнення і дроблення гірських порід у кар'єрах, виходячи з фі-

© Шапурін О.В., Синичич П.М., 2015

зичних передумов, можуть бути вирішені за рахунок перерозподілу в часі й просторі енергії вибуху шляхом оптимізації форми імпульсу тиску на стінки свердловини.

Враховуючи, що амплітуда імпульсу тиску, чи інакше максимальний тиск газоподібних продуктів детонації для різних ВР, мають однаковий порядок, рівний приблизно 10^9 Па і його збільшення приводить до різкого зростання дисипації енергії, то фактор часу дії на середовище є одним з основних [6]. У роботах [6-9] розглянуто вплив параметрів процесів, що визначають форму і тривалість імпульсу тиску. На основі обробки дослідних даних встановлено, що в процесі детонації ВР тиск у зарядній порожнині збільшується практично лінійно аж до деякого максимального значення, а потім знижується практично за експоненціальним законом [10]. Результати експериментальних досліджень багатьох авторів підтверджують експоненціальний закон падіння тиску газів на даному етапі. Тривалість цього етапу також є одним із основних факторів, що визначають форму вибухового імпульсу тиску на масив.

Експериментальні дослідження термічного руйнування гірських порід показали, що породи поділяються на добре і погано термобуримі. Для погано термобуримих гірських порід характерний мимовільний перехід у режим плавлення, проте навіть такі породи ефективно руйнуються при термічному розширені пройдених механічним способом у них свердловин [11]. Встановлено, що об'ємна швидкість руйнування при термічному бурінні в 5-8 разів менша, ніж при розширенні свердловин [12]. При цьому термобуримість порід досить обґрунтовано визначається температурою T_p поверхні в момент термічного руйнування.

У роботах [13,14] наведено результати прямого вимірювання температури T_p для різних типів порід. Для залізистих кварцитів T_p=393-433 К, для кварцу - 503-523 К.

У досліджені [15] на підставі проведених вимірювань зроблено висновок про те, що значення T_p знаходиться в межах 345-563 К.

Постановка завдання. Процес формування імпульсу тиску визначає поле напруг у масиві гірських порід і його розвиток у часі (динамічне поле напруг).

Форма імпульсу тиску (залежність величини тиску в свердловині від часу) визначається двома процесами при відсутності набійки: детонацією ВР і витоком газоподібних продуктів вибуху через гирло свердловини.

Якщо детонація ВР вивчена в достатній мірі, то процес витікання газів із свердловини практично не розглядався з позиції зміни тиску в свердловині. Утворення свердловини з котловою порожниною заданого профілю в її нижній частині можливо комбінованим способом, при якому піонерні свердловини буряться механічними верстатами, а потім розширюються верстатами вогневого буріння. Однак, термічне розширення піонерних свердловин застосовується за умови максимального збільшення діаметру котлової порожнини для термоінструментів заданої потужності.

Отже, відсутність обґрунтованих теоретичних і експериментальних закономірностей термічного розширення свердловин до заданого профілю залежно від властивостей порід і теплоносія, а також досліджень щодо оптимізації параметрів котлових порожнин у зв'язку з діаметром піонерної свердловини на основі мінімізації економічних показників, перешкоджають розробці ресурсозберігаючої технології вибухової відбійки гірських порід у кар'єрах. У зв'язку з викладеним необхідно вирішити наступні завдання:

встановити закономірності зміни собівартості вибухової відбійки порід за умов комбінованої технології утворення свердловин з котловою порожниною під заряд;

розробити рекомендації щодо комбінованої технології утворення свердловин з котловими розширеннями заданої форми і розміру з застосуванням верстатів механічного та термічного буріння;

знайти економічно оптимальні співвідношення між діаметром піонерної свердловини та діаметром котлової порожнини.

Викладення матеріалів дослідження. Пропонується комбіноване утворення вибухових свердловин за наступною програмою:

Утворення піонерних свердловин різних діаметрів (від 0,152 до 0,203 м) за допомогою верстата Roc L-8, а також діаметром 0,254 м за допомогою верстата СБШ-250 МН.

Утворення в них котловин під заряд із фіксацією швидкості підйому пальника знизу вверх і відповідно діаметрів отриманих котловин і витрат пального.

Розрахунок параметрів розташування свердловин на уступі відповідно до отриманих значень діаметрів котловин.

Виконання експериментальних вибухових робіт.

Техніко-економічний аналіз виконаних робіт із формуванням висновків і рекомендацій.

Визначати оптимальні діаметри піонерної свердловини і котлової порожнини необхідно в результаті техніко-економічного аналізу всіх складових: буріння піонерної свердловини, утворення котлової порожнини оптимального діаметру, процесу зарядних робіт, вартості ВР і засобів ініціювання, монтажу вибухової мережі. Складова собівартості буріння піонерної свердловини зменшуватиметься за рахунок збільшення сітки розташування свердловин і зменшення обсягу механічного буріння свердловини, що припадає на 1м^3 гірських порід, підготовлених до підривання. В той же час складова термічного розширення зростатиме. Таким чином, загальна собівартість відбійки залізистих кварцитів визначатиметься за виразом (1), що зручно і якісно ілюструється за допомогою залежностей, представлених на рис. 1

$$C_{\text{від}} = C_{\text{Б}} + C_{\text{Т}} + C_{\text{ЗІ}} + C_{\text{З}} + C_{\text{ВР}}, \text{ грн./м}^3, \quad (1)$$

де $C_{\text{Б}}, C_{\text{Т}}, C_{\text{ЗІ}}, C_{\text{З}}, C_{\text{ВР}}$ - собівартості, відповідно: механічного буріння, термічного розширення, засобів ініціювання разом із монтажем вибухової мережі, заряджання свердловин, вартості вибухової речовини, грн./м^3.

Спільне рішення (аналітичне або графічне) рівнянь $C_{Б}=f(d_K)$; $C_{Т}=f(d_K)$; $C_{ЗІ}=f(d_K)$; $C_{З}=f(d_K)$; $C_{ВР}=f(d_K)$, представлених на рис. 1, дозволить отримати залежність собівартості відбійки 1 м^3 масиву ($C_{від}$, гр./м^3) як функцію зазначених аргументів і визначити оптимальний діаметр котлової порожнини $d_к$ (при заданому діаметрі піонерної свердловини d_c), при якому собівартість відбійки буде мінімальна.

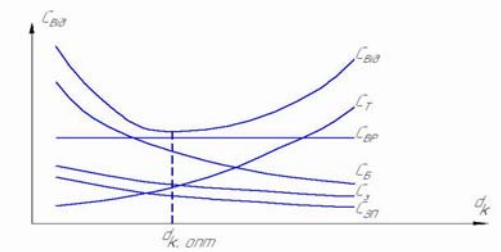

Рис. 1. Собівартість відбійки залізистих кварцитів

Мінімізацію величини $C_{від}$ будемо виконувати методом пошуку екстремуму, але з урахуванням нелінійності її складових частин.

Собівартість на буріння піонерних свердловин можна визначити за формулою

$$C_{б.І} = \frac{6q}{\pi d_k^2 \rho} \cdot \frac{Э_Б}{v_{\text{пр.165}}} \cdot \left(\frac{\delta_{с.жк165}}{\delta_{с.165}}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_{с.І}}{d_{с.165}}\right)^2 = \frac{6q}{\pi (0{,}165)^2 \rho} \cdot \frac{Э_Б}{v_{\text{пр.165}}} \cdot \left(\frac{\delta_{с.жк165}}{\delta_{с.165}}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_{с.І}}{d_K}\right)^2, \quad (2)$$

де q - питома витрата ВР, кг/м^2 (для Півд ГЗК = 1,1 кг/м^2 при щільності ВР p = 1264 кг/м^3;$Э_Б$ - витрати на буріння в одиницю часу, гр/с; $v_{\text{пр165}}$ - експлуатаційна швидкість буріння свердловин діаметром d_c=0,165 м в породах з межею міцності на стиснення $\delta_{\text{с.165}}$ =180·10^6 Па; $v_{\text{пржск165}}$ - очікувана практична швидкість буріння свердловин такого ж діаметру в залізистих кварцитах з межею міцності на стиснення рівним $\delta_{\text{с.165}}$ =200·10^6 Па.

З урахуванням даних для ПівдГЗК маємо

$$C_{б.І} = \frac{6 \cdot 1.1}{\pi (0{,}165)^2 \cdot 1200} \cdot \frac{1910}{10} \cdot \left(\frac{200 \cdot 10^6}{180 \cdot 10^6}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_{с.і}}{d_k}\right)^2 = 15 \cdot \left(\frac{d_{с.і}}{d_k}\right). \quad (3)$$

На рис. 2 наведено графіки залежності собівартості буріння піонерних свердловин різного діаметру від радіуса котлової порожнини, отримані на підставі формули (3). Криві *1*,*2*,*3* та *4* відповідають d_c, рівним 0.152; 0,156; 0,159 і 0,165 м.

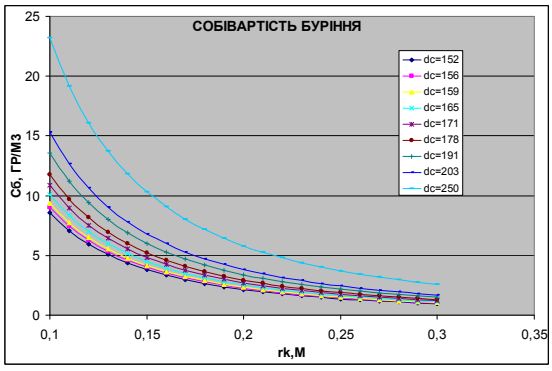

Рис. 2. Собівартість механічного буріння

Складову собівартості термічного розширення свердловин C_T, (грн./м^3) на 1 м^3 відбитої гірничої маси можна визначити за формулою

$$C_T = \frac{H_K}{571 \cdot d_K^2 \cdot H_C \cdot v_П} \cdot \left(2300 \cdot \frac{G_{r.i}}{G_{250}} + 35\right), \quad (4)$$

де H_K - висота котлової порожнини свердловини,

що заряджається, м; $H_K = \frac{2}{3} H_y$; H_C - висота свердловини з урахуванням перебуру, м; $G_{r,i}$ - витрата пального в пальнику при розширенні свердловин з піонерним діаметром d_{ci} кг/год.; G_{250} - витрата пального в пальнику при розширенні свердловин діаметром d_c = 0,25 м; v_n - швидкість підйому пальника при термічному розширенні свердловин, м/год.

Скористаємося формулою (22) у такому вигляді, як її використовують А.В. Дугарциренов та А.А. Фурсов [9,с.66]

$$f(r_K, r_C) \equiv f1(r_K) = r_C^{0,8}(r_K - r_C)^2 + \frac{0{,}146667(r_K - r_C)^3}{r_C^{0,2}} \tag{5}$$

Оскільки згідно з рівнянням (42) [9, с. 69] і виразом (5) маємо

$$v_П = \frac{H_T}{t} = \frac{\xi^*_2 \cdot H_T}{f(r_K, r_C)},$$

тоді, підставляючи цей вираз в (4) та враховуючи, що $H_к/H_c$ = 0,625, а також співвідношення (21) [9,с.65], отримаємо

$$C_T = \frac{0.625 f(r_K, r_C)}{571 \cdot 4 r_C^2 \cdot H_T \cdot 2.64888 \cdot 10^{-6} \cdot G_{Ti}^{0,8}} \cdot \left(2300 \cdot \frac{G_{r.i}}{G_{250}} + 35\right), \tag{6}$$

де G_{mi} - витрата палива («ДП - повітря») в пальнику, виражений в л/с, підставляючи C_{250}= 68 л/год в (6), знаходимо

$$C_T = \frac{28{,}696 \cdot 10^{-3} \cdot f(r_K, r_C)}{r_C^2 \cdot H_T \cdot G_{Ti}^{0,8}} \cdot (7755{,}7 G_{r.i} + 35). \tag{7}$$

Як бачимо з рис. 3, собівартість термічного розширення свердловин в розрахунку на 1 м^3 відбитої гірничої маси монотонно зростає із збільшенням діаметра котлової порожнини. Відзначимо, що графіки залежностей C_T ($r_к$) з меншими значеннями r_C при однакових $r_к$, розташовуються вище.

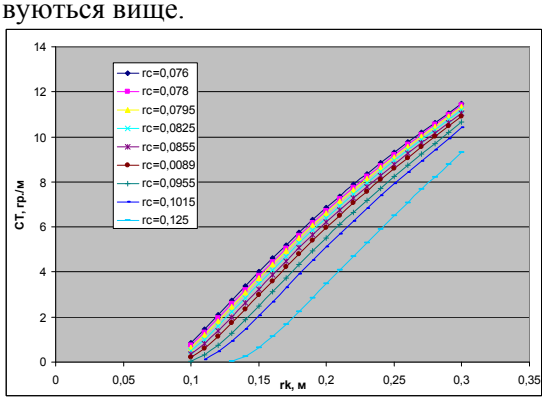

Рис. 3. Залежність собівартості термічного розширення свердловин

Це природно, оскільки при малих r_C потрібно більше часу на створення котлової порожнини радіуса $r_к$ і відповідно витрачається більша кількість пального та стисненого повітря, що призводить до зростання собівартості термічного розширення.

Складова собівартості заряджання свердловин складається з двох частин: перша обумовлена власне зарядженням свердловин, друга - переїздом зарядної машини від свердловини до свердловини.

Собівартість заряджання свердловин можна розрахувати за формулою

$$C_{З.З} = \frac{Э_з q}{\rho v_з} = \frac{\pi Э_з}{3426 v_з} = 0.917 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Э_з}{v_з}, \tag{8}$$

де $Э_з$ - вартість машино-години роботи зарядної машини, $Э_з$=1852,8 грн./рік; $v_з$ - об'ємна швидкість заряджання емульсивним ВР, $v_з$ = 3 м/год.

Собівартість заряджання, обумовлену переїздами, можна розрахувати за формулою

$$C_{З.П} = \tau_N \cdot \frac{Э_з}{V_Б} = \frac{Э_з}{v_д}\left(\frac{1}{aH_y} - \frac{a}{V_Б}\right), \tag{9}$$

де $V_Б$ - об'єм блока, який підлягає обурюванню.

Враховуючи, що $a = (1{,}4 - 0{,}075 \cdot \ln f) d_R \cdot \sqrt[4]{\rho Q / f} = 24{,}96 d_K$ вираз (9) перетворимо до виду

$$C_{З.П} = \tau_N \cdot \frac{Э_з}{V_Б} = \frac{Э_з}{v_д}\left(\frac{1}{23{,}89 d_K \cdot H_y} - \frac{24{,}96 d_K}{V_Б}\right) \tag{10}$$

Отже, загальна складова собівартості заряджання свердловин в перерахунку на 1 м^3 відбитої гірської маси залежно від d_K згідно (8) і (10) дорівнюватиме

$$C_З = C_{З.З} + C_{З.П} = 0{,}917 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Э_З}{v_З} + \frac{Э_З}{v_Д}\left(\frac{1}{23{,}89 d_K \cdot H_У} - \frac{24{,}96 \cdot d_K}{V_Б}\right) =$$
$$= 0{,}59874 + 185{,}28\left(\frac{1}{716{,}7 r_K} - 0{,}001664 r_K\right). \quad (11)$$

Розрахункова залежність $C_З$ (r_K) у графічному вигляді наведена на рис. 4.

Складова собівартості заряджання, як випливає з рис. 4, порівняно невелика і зі збільшенням радіуса котлової порожнини практично не змінюється.

З урахуванням цього, приймемо величину $C_З$ постійною і рівною $C_З$ = 0,61 грн./м^3.

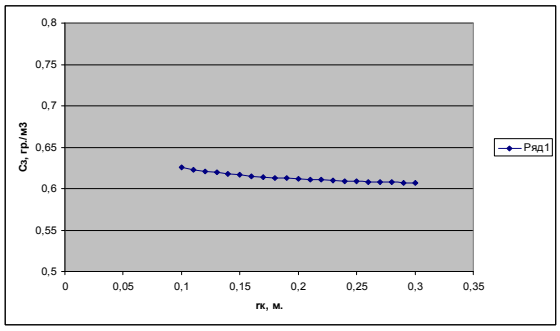

Рис. 4. Залежність собівартості заряджання

Складову собівартості засобів ініціювання підривання, можна розрахувати за формулою

$$C_{СІ} = \frac{(Ц_Б + Ц_{ВС}) \cdot 2 + Ц_{ВП}}{571 {d_K}^2 H_C} = \frac{(Ц_Б + Ц_{ВС}) \cdot 2 + Ц_{ВП}}{2284 {r_K}^2 H_C}. \quad (12)$$

де $Ц_Б$ - вартість одного бойовика, $Ц_{ВС}$ - вартість одного воловода свердловинного, $Ц_{ВП}$ - вартість одного воловода поверхневого.

Складову собівартості $C_{СІ}$, обумовлену витратою засобів ініціювання підривання залежно від діаметру котлової порожнини d_K, графічно зображено на рис. 5.

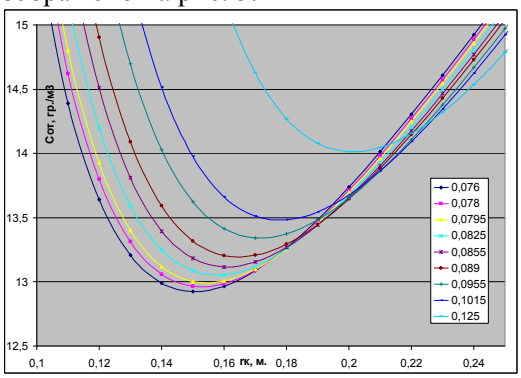

Рис. 5. Залежність собівартість вибухової відбійки залізистих кварцитів ПівдГЗК

Питома витрата ВР незалежно від діаметра d_K котлових порожнин повинна бути строго дотриманою для кожного ГЗК залежно від міцності породи.

Для ПівдГЗК q= 1,1 кг/м^3. Ціна емульсійних ВР, що застосовуються на ПівдГЗК, дорівнює $Ц_{ВР}$ = 3,35 гр./кг. З урахуванням цього складова собівартості відбійки залізистих кварцитів на ПівдГЗК, обумовлена витратою ВР, буде дорівнювати, грн./м^3

$$C_{ВР} = qЦ_{ВВ} = 1{,}1 \cdot 3{,}35 = 3{,}685. \quad (13)$$

Висновки та напрямки подальших досліджень. Собівартість вибухової відбійки залізистих кварцитів ПівдГЗК, виходячи з викладеного вище, може бути представлена у вигляді

$$C_{вид} = C_Б + C_Т + C_З + C_{Зі} + C_{ВР} = 15 \cdot \left(\frac{d_{c.i}}{d_k}\right)^2 + \frac{28{,}097 \cdot 10^{-3} \cdot f(r_K, r_C)}{r_C^2 \cdot H_T \cdot G_{Ti}^{0,8}} \cdot (7755{,}7 G_{r.i} + 35) +$$
$$+ 0{,}59874 + 185{,}28\left(\frac{1}{716{,}7 \cdot r_К} - 0{,}001664 \cdot r_K\right) + \frac{0{,}0185}{r_K^2} + 3{,}685. \quad (14)$$

Функція $f(r_к,r_c)$ в цьому виразі визначається співвідношенням (5) у вигляді полінома третього ступеня, коефіцієнти якого залежать тільки від радіуса піонерної свердловини r_c.

Аналіз графіка показує, що мінімум собівартості для кожного діаметра піонерної свердловини досягається при відносно невеликому збільшенні діаметра свердловини в частині, що заряджається, в порівнянні з його початковим діаметром.

Обчислено економічний ефект $Є_r$ при переході від застосованої на ПівдГЗК вибухової відбійки з бурінням свердловин діаметром 0,250 м (верстатами СБШ-250) і подальшим термічним розширенням її частини, що заряджають, до діаметра 0,36 м до комбінованої технології з бурінням піонерних свер-

дловин діаметром 0,171 м (верстатами Roc L-8 фірми Atlas copco) і подальшим термічним розширенням її частини, що заряджають, до діаметра 0,32 м. Собівартість обурювання для першого варіанту дорівнює $C_{ОТ250}$ = 14,27 гр/м^3., а для другого $C_{ОТ0,171}$ = 13,11 гр/м^3. Приймемо річний обсяг видобутку залізистих кварцитів рівним 6,5 млн. м^3/рік, Тоді маємо, млн грн./рік

$$Є_г = (14,27 - 13,11) \cdot 6500000 = 7540000 = 7,54 .$$

Виконавши вибірку співвідношення оптимальних значень радіусів, складемо табл. 1. Дані таблиці зобразимо графіком (рис. 6).

Таблиця 1

Співвідношення оптимальних значень радіусів

r_c	r_k
0,076	0,15
0,078	0,15
0,0795	0,16
0,0825	0,16
0,0855	0,16
0,089	0,17
0,0955	0,17
0,1015	0,18
0,125	0,2

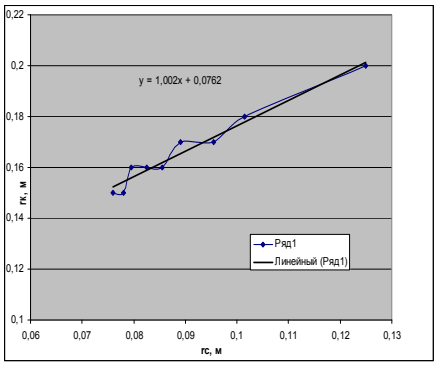

Рис. 6. Залежність собівартість вибухової відбійки залізистих кварцитів ПівдГЗК

Відзначимо лінійну лінію тренду наведеної закономірності

$$r_k = 1,002 r_c + 0,0762 . \qquad (15)$$

Наведену лінійну закономірність (15) можна вважати такою, яка реалістично показує закономірність між радіусом піонерної r_C свердловини і радіусом котлової порожнини $r_к$.

Отже, використання комбінованого способу обурення уступів економічно вигідно та показує його ефективність та зручність в обчисленні оптимальних співвідношень діаметрів піонерних свердловин та діаметрів котлових порожнин в них.

Список літератури

1. Влияние взрывного нагружения на физические и технологические характеристики кварцитов / **Н. Я. Репин, А. М. Потапов, В. А. Зрайченко** и др. Изв. ВУЗов Горный журнал, 1984. - №2. - С.47-51.

2. Влияние режимов взрывного нагружения на обогатимость железистых кварцитов / **Н. Я. Репин, А. И. Потапов, М. Б. Редькин** и др. Комплексное использование минерального сырья, 1983. - №11. - С. 8-11.

3. Влияние интенсивности взрывного нагружения на показатели обогащения железистых кварцитов / **Н. Я. Репин, В. И. Томаков, М. Б. Редькин** и др. Геология и особенности технологии разработки железорудных месторождений КМА. – Воронеж, 1983. - С 52-58.

4. Промышленные исследования влияния параметров взрывной отбойки на показатели добычи и рудоподготовки железистых кварцитов / **Н. Я. Репин, В. И. Томаков, А. И. Потапов** и др. Комплексное использование минерального сырья, 1985. - №12. - С. 17-21.

5. **Александрова Н.И., Шер Е. Н**. Влияние забойки на разрушение горных пород взрывом цилиндрического заряда. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, 1999. - №5. - С. 42-52.

6. **Гончаров С. А., Дугарцыренов А. В , Клюка О. Ф., Веревочкин И. Е.** Этапы формирования импульса давления и свободное истечение продуктов детонации при взрыве скважинных зарядов. Изд-во МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень, 2001. - №10. - С. 30-34.

7. **Гончаров С. А., Дугарцыренов А. В., Клюка О. Ф., Веревочкин И. Е.** Этапы формирования импульса давления и свободное истечение продуктов детонации при взрыве скважинных зарядов. Изд-во МГГУ, Горный информационно-аналитический бюллетень, 2001. - №10. - С. 30-34.

8. **Дугарцыренов А. В.** Свободное истечение продуктов детонации при взрыве скважинных зарядов. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003. - №2. - С. 83-86.

9. **Дугарцыренов А. В., Фурсов А. А.** Закономерности термического расширения взрывных скважин на карьерах. Горный информационно-аналитический бюллетень, 2004. - №2. - С. 61-69.

10. **Кочетков П. А.** Управление разрушением горных пород при буровзрывных работах. Днепропетровск, Изд-во «Пороги», 1993. - 108 с.

11. **Дмитриев А. П., Гончаров С. А.** Термическое и комбинированное разрушение горных пород. - М.:Недра, 1978. – 304 с.

12. **Великий М. И., Черконос А. И., Вайман С. З.** Техника бурения скважин комбинированными способами. – М.: Недра, 1977. - 110 с.

13. **Кузяев Л. С., Протасов Ю. И.** Измерение температуры поверхности забоя при термобурении. Инженерно-физический журнал, 1964. - т.7. - №9, С.10-13.

14. **Шишкин Ю. Б**. Исследование процесса термического разрушения неоднородных по тепловым свойствам горных пород. – Дисс. … канд. техн. наук. - М., 1970. - 201 с.

15. **Бергман Э. Д., Покровский Г. Н.** Термическое разрушение горных пород плазмобурами. –Новосибирск, Наука, 1971. – 128 с.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.271.4.012.3
Е.А. НЕСМАШНЫЙ, д-р техн. наук, проф., Г.И. ТКАЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет
А.В.БОЛОТНИКОВ, канд. техн. наук,
Академия горных наук Украины, КП «Академический дом».
А.А.РОМАНЕНКО, ПАО «Центральный горнообогатительный комбинат»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СТРУКТУРНОГО ОСЛАБЛЕНИЯ СКАЛЬНОГО МАССИВА ИНГУЛЕЦКОГО КАРЬЕРА НА ОСНОВАНИИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Сложная конкурентная среда в горнодобывающей промышленности требует таких подходов и знаний, которые позволяют работать с обобщенной эмпирической, аналитической и синтезированной информацией о разрабатываемых месторождениях. Наиболее удобной формой классификации и структурирования информации является представление ее в виде объединенных объектов по принципу близости характеристик. Это дает возможность прогнозировать реакцию породного массива на различные техногенные воздействия.

Анализ исследований и публикаций. Последние десятилетия характерны бурным развитием теории фракталов и ее применения в нелинейной динамике, теории турбулентности, статистической механики, теории фазовых переходов, материаловедении и др. Фрактальную теорию можно перенести и на процессы в горных массивах, учитывая геологические масштабы времени. Термин «фрактал» относится к статической геометрической конфигурации различных объектов, а фрактальный принцип самоподобия предполагает бесконечное дробление набора объектов с сохранением их свойств.

Математический аппарат фрактальной геометрии позволяет описывать плохо организованные системы со сложной геометрией или хаотически организованных систем, к которым можно отнести и нарушенные трещиноватостью породные массивы в карьерах.

С математической точки зрения фрактал представляет собой множество точек, у которых размерность (фрактальная размерность или размерность Хаусдорфа-Безиковича) превышает их топологическую (евклидовую) размерность. Фрактальная размерность d характеризует любую самой себе подобную систему при изменении линейных размеров в f раз. При этом фрактальная величина (например, длина отрезка или площадь поверхности) изменяется при любом f в f^d раз [1-5].

Фрактальная размерность имеет много способов вычисления, но важным ее свойством является то, что она входит в соотношение вида: $NR^d=1$, где показатель степени d и является фрактальной (дробной) размерностью подобия; R - коэффициент подобия; N-число равных подобъектов. Именно такие подобъекты называют самоподобными фракталами, а величину d - фрактальной. Значение размерности d выражается посредством N и R явном виде следующим образом: $d = \ln N(R) \big/ \ln(R)^{-1}$

Для экспериментального определения фрактальной размерности объектов со сложной или хаотичной структурой, обычно применяется методика на основе анализа изображений, разработанная М.Ю. Яблоковым [3], основные положения которой заключаются в следующем.

На изображение искомого предмета накладываются, поочередно, несколько сеток с квадратной ячейкой разных размеров δ. Определяется количество ячеек N, занятых трещинами при каждом размере ячейки δ. Затем сторона ячейки уменьшается в 2 раза и подсчет производится снова. Данная операция производится до тех пор, пока размер ячейки не станет близким к нулю. Фактически фрактальная размерность показывает насколько плотно трещины заполняют ячейку и выступает в качестве количественной характеристики нарушенности объекта исследования.

При этом рост фрактальной размерности однозначно свидетельствует об увеличении нарушенности объекта исследования.

© Несмашный Е.А., Ткаченко Г.И., Болотнков А.В., Романенко А.А., 2015

Таким образом, определяется сетчатая фрактальная размерность D, значение которой вычисляется по величине тангенса угла наклону линии к горизонтали, полученной построением зависимости: $D=\ln N/\ln \delta^{1}$.

В соответствии с результатами работы [9], для нерегулярных фракталов, фрактальная размерность больше сетчатой фрактальной размерности D, вычисленной по методу сетки, на единицу, т.е.: $d=D+1$.

Используя метод сеток А.А. Матвеев провел серию экспериментов по определению фрактальной размерности деформируемых образцов горных пород и закономерностей ее изменения при изменении условий внешнего силового воздействия на образцы [12].

Анализ результатов показал, что деформирование образцов сопровождается зарождением и развитием (ветвление, слияние и т. п.) трещин. Взаимодействующие трещины образуют очаги нарушений – кластеры. Динамику этого процесса можно рассматривать как саморазвитие под действием нагрузки кластерной структуры горных пород. В результате установлен устойчивый нелинейный рост фрактальной размерности дефектов поверхности по мере нагружения образцов горных пород. Для аналитического описания зависимости (рис. 1) автором предложена следующее выражение [12]

$$d = d_o + k\sigma(\sigma - m),$$

где d_o - фрактальная размерность поверхности исходной горной породы; σ - нормальное напряжение; k, m - эмпирические коэффициенты.

Коэффициент достоверности аппроксимации (0,95) данной зависимости свидетельствует о статистической надежности полученного выражения.

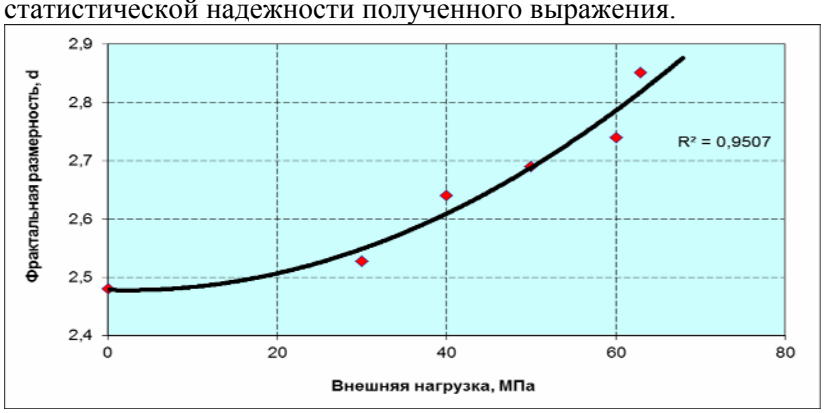

Рис. 1. Рост фрактальной размерности образца горной породы с увеличением нагрузки на него

Положительная кривизна графика, изображенного на рис.1, отражает рост дефектности образцов при увеличении внешней нагрузки, что соответствует современным представлениям о накоплении повреждений в ходе разрушения горных пород, а фрактальная размерность является надежной оценкой динамики развития трещин, определяющих прочностные и деформационные свойства горных пород и массивов.

Рассмотренные методики могут являться базой для прогноза разрушаемости горных пород, а значит и для определения степени устойчивости как подземных, так и открытых горных выработок.

Постановка задачи. Целью данной работы является определение коэффициента структурного ослабления породного массива в соответствии с изменением его фрактальной размерности.

Изложение материала и результаты. Авторами данной работы предложено фрактальную размерность породного массива определять по фотоснимкам откосов скальных уступов.

Это позволит количественно оценить величину внешнего воздействия на породный массив, например при проведении контурного взрывания перед его постановкой на предельный контур.

Для определения фрактальной размерности скального массива Ингулецкого карьера на основе методики анализа изображений, нами выполнено масштабное фотографирование трех участков спаренных уступов юго-западного борта, поставленных в предельное положение:

методом контурного взрыванияя, с использованием традиционных гирлянд ВВ;

методом контурного взрыванияя с использованием укороченных взрывных скважин (метод В.М. Ратушного).

находящихся в предельном положении длительное время и осыпавшихся по природному напластованию.

На спаренных уступах были выбраны участки, на которых наблюдается хаотичное распределение нарушенностей, представляющих собой сложную картину трещин и имеющих фрактальную структуру.

Для этих трех объектов и определялась фрактальная размерность породного массива с использованием приведенной методики анализа изображений, по формуле

$$d = \frac{\ln N}{\ln\left(\frac{1}{\delta}\right)} + 1 = \frac{\lg N}{\lg\left(\frac{1}{\delta}\right)} + 1,$$

где N - количество ячеек, занятых трещинами при каждом размере ячейки δ.

На рис. 2 представлен пример разбивки уступов на ячейки ($\delta = 8$).

Получены численные значения фрактальной размерности:

для природной трещиноватости породного откоса $d_1 = \mathrm{tg}\varphi_1 + 1 = 2{,}27$;

для трещиноватости образовавшейся при контурном взрывании с использованием стандартных гирлянд ВВ $d_2 = \mathrm{tg}\varphi_2 + 1 = 2{,}38$;

при контурном взрывании с использованием укороченных скважин (метод В.М. Ратушного) $d_3 = \mathrm{tg}\varphi_2 + 1 = 2{,}63$. Результаты выполненных подсчетов, в графическом виде, представлены на рис. 3.

Рис. 2. Спаренные уступы на западном борту карьера ИнГОКа, поставленные в предельное положение по напластованию ($\delta = 8$)

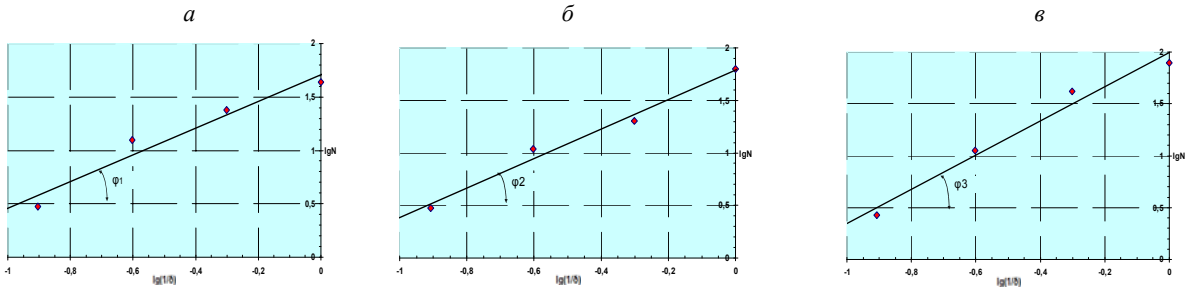

Рис. 3. Результаты определения фрактальной размерности породных массивов в откосах скальных уступов юго-западного борта карьера ИнГОКа: *а* - природная трещиноватость; *б* - после стандартного контурного взрывания; *в* - после контурного взрывания по методу В.М.Ратушного

Фрактальный подход также позволяет иначе интерпретировать масштабный эффект прочности в горных породах, проявляющийся в зависимости прочности σ_p от геометрических размеров тела [11-14].

Причина его связана с механизмом разрушения хрупкого материала, а влияние размеров тела на его прочность, чаще всего описывают с помощью следующего степенного закона

$$\sigma_p \to V^{-\frac{1}{m}},$$

где V - характерный разрушаемый объем материала; m - коэффициент неоднородности хрупкого материала.

Рассматривая теперь квазихрупкое разрушение тела с учетом того, что разрушенная структура представляет собой фрактальный кластер размерностью d, который, в основном, совпадает с дефектной структурой, то разрушение тела на части должна обеспечивать минимальная дефектная структура, и поэтому, ее фрактальная размерность должна быть не менее двух и проявляться при следующем условии [6]

$$d = 2 - \ln(\sigma_o / \sigma)/\ln(L/\delta) = 2 - \lg(\sigma_o / \sigma)/\lg(L/\delta), \quad (1)$$

где σ_o - прочность материала, нарушенного трещинами и поверхностями ослабления; σ - разрушающее напряжение для структурного элемента (зерна, куска, блока) размером δ; L - характерный размер твердого тела.

Преобразуем выражение (1) к виду

$$\lg \frac{\sigma_o}{\sigma} = (2 - d) \cdot \lg \frac{L}{\delta}. \quad (2)$$

Учитывая, что конечной целью работы является определение степени устойчивости уступов, групп уступов и бортов карьеров, сложенных скальными породами, отношение σ_o/σ в приведенной формуле, представляет собой не что иное, как коэффициент структурного ослабления k_c.

Отношение линейных размеров L/δ, из формулы (2), применительно к расчетам устойчивости открытых горных выработок необходимо рассматривать как отношение вероятного объема призмы сдвижения V к объему характерного структурного блока V_o. Тогда выражение (2) можно преобразовать к виду, позволяющему определять коэффициент структурного ослабления породного массива в соответствии с изменением его фрактальной размерности

$$\lg k_c = (2 - d) \cdot \lg \frac{V}{V_o}. \quad (3)$$

Откуда получаем выражение для определения коэффициента структурного ослабления породного массива в зависимости от его фрактальной размерности

$$k_c = 10^{(2-d)\lg \frac{V}{V_o}}. \quad (4)$$

На рис. 4. показана графическая зависимость коэффициента структурного ослабления породного массива от величины его фрактальной размерности при различных значениях масштабного фактора.

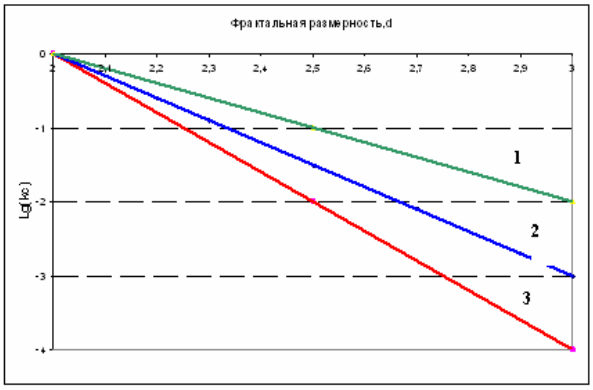

Рис. 4. Зависимость коэффициента структурного ослабления k_c породного массива от величины его фрактальной размерности при различных значениях масштабного фактора: *1* - V/V_o = 100; *2* - V/V_o = 1000; *3* V/V_o = 10000

С учетом приведенных значений фрактальной размерности для породного массива в районе юго-западного борта Ингулецкого карьера, на основании полученного аналитического выражения (4), определены численные значения коэффициента структурного ослабления:

для природной трещиноватости породного откоса k_c=0,021;

для трещиноватости образовавшейся при контурном взрывании с использованием стандартных гирлянд ВВ k_c=0,0195;

при контурном взрывании с использованием укороченных скважин (метод В.М. Ратушного) k_c=0,015.

Полученные значения коэффициента структурного ослабления показали, что использование традиционного метода контурного взрывания не приводит к существенному увеличению (всего на 7,1%) степени нарушенности законтурного массива по сравнению с его природной трещиноватостью.

Выводы и направления дальнейших исследований. Разработана методика определения фрактальной размерности скальных массивов на основе анализа фотоизображений их откосов и расчета на этой основе величины коэффициента структурного ослабления скального массива. Для трех участков на южном и западном борту карьера ПАО «ИнГОК» определены численные значения коэффициента структурного ослабления для:

природной природной трещиноватости породного откоса k_c=0,021;

трещиноватости образовавшейся при контурном взрывании с использованием стандартных гирлянд ВВ

нарушенности при контурном взрывании с использованием укороченных скважин (метод В.М. Ратушного).

Полученные значения коэффициента структурного ослабления необходимы для определения степени устойчивости сдвоенных уступов в районе юго-западного борта Ингулецкого карьера при постановке их на предельный или временно нерабочий контур и позволяют конкретизировать информацию о степени нарушенности законтурного массива с учетом изменения состояния породных откосов под влиянием техногенных процессов.

Результаты изучения фрактальных характеристик скальных массивов могут быть использованы для дальнейшего развития методов исследования геодинамики и геофизического мониторинга горнорудных месторождений.

Список литературы

1. **Кроновер Р.М.** Фракталы и хаос в динамических системах. -М., 2000.

2. **Нифедьев В.И.,** Додис Я.М. Формирование поля напряжений и энергозатрат при разрушении горных пород взрывом // Вестник КРСУ. - 2001. - Т.1. - № 4. - С. 49-57.

3. **Яблоков М.Ю.** Определение фрактальной размерности на основе анализа изображений // Физическая химия. - 1999. - №2. - С. 73.

4. **Хаусдорф Ф.** Теория множеств. –М.; ОНТИ, 1937. -304 с.

5. **Безикович А.С.** Исследование непрерывных функций в связи с вопросом об их дифференцируемости // 7. Математический сборник. -1924. -№4. – С529-556

6. **Булат А.Ф., Дырда В.И.** Фракталы в геомеханике. – Киев: Наукова думка, 1995. – 356 с.

7. **Гуревич В., Волмэн Г.** Теория размерности. –М.: ИЛ, 1948. -231 с.

8. **Mandelbrot B.** The Fractals Geometry of Nature. -№4. -Freerman. -San Francisco, 1982.

9. **Федер Е**. Фракталы. М.: Мир, -1991. -254 с.

10. **Латышев О.Г., Карасев К.А., Мартюшов К.С.** Фрактальный тренд-анализ изменчивости временных и пространственных рядов свойств пород и массивов // Горный журнал. 2013. № 2.- С. 75-79

11. **Гольдштейн Р.В., Мосолов А.Б.** Мультифрактальная геометрия и масштабный эффект // ДАН (РАН). - 1993. – 329, № 4. –С. 429-431.

12. **Матвеев А.А.** Исследование деформационных и реологических свойств горных пород и массивов для прогноза устойчивости подземных выработок с учетом их фрактальной геометрии // Автореф. дисс. канд.техн. наук. –Екатеринбург, –2012.

13. **Смирнов Б.М.** Фізика фрактальных кластеров. М.: Наука, 1991

14.**Фисенко Г.Л.** Методы количественной оценки структурных ослаблений массива горных пород в связи с анализом их устойчивости. – В кн.: Современные проблемы механики горных пород. Л., Наука. - С. 21 - 29.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.235

С.В. ТИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф., Г.И. ЕРЕМЕНКО, канд. техн. наук,
И.А. ГАПОНЕНКО, аспирант Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ РАЗРУШЕНИЯ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА ВВ С ВОЗДУШНЫМ ПРОМЕЖУТКОМ В ДОННОЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ

Объективные причины роста глубины железорудных карьеров обуславливают увеличение удельного веса в разработке крепких обводненных горных пород, с одновременным увеличением себестоимости работ буровзрывного комплекса. В сложившихся условиях ведения горных работ возникает проблема, связанная с качеством взорванной горной массы, не всегда удовлетворяющей требованиям дальнейшего технологического передела.

Реальным путем достижения повышения качества взрывоподготовки горных пород в сложившихся условиях разработки полезного ископаемого на железорудных карьерах, является разработка системы технологических методов взрывного разрушения, основанной на максимальной концентрации энергии взрыва и ее рациональном перераспределении в разрушаемом горном массиве. Возникает необходимость в разработке новых технологий взрывных работ, позволяющих получать высокое качество дробления взрываемой горной породы.

На основе гидродинамической модели действия взрыва рассмотрен вопрос определения границ зоны разрушения и гранулометрического состава взорванной горной массы при взрыве скважинного заряда ВВ в неограниченной среде. Эта модель используется для инженерных расчетов и решений научно-технических задач при применении скважинных зарядов с воздушным промежутком в донной части заряда ВВ.

При решении многих задач теории взрыва часто используется гидродинамическая модель рассматриваемых процессов. Развитие гидродинамическая теория разрушения получила в работах [1,2]. Рассмотрим вопрос о расширении цилиндрической взрывной полости в условиях идеальной несжимаемой жидкости.

В условиях цилиндрической симметрии поле скоростей имеет вид

$$\upsilon = f(t)/r\,,$$

где r - расстояние от оси заряда, f(t) - функция времени. Для газового пузыря при радиальном расширении

$$E_к = \rho\int_a^\infty \upsilon^2 \pi r dr\,, \tag{1}$$

где a – радиус расширяющейся взрывом камеры, ρ – плотность среды.

Однако согласно формуле (1) данная энергия равна бесконечности.

Теоретические решения для случая сферической симметрии дают хорошие результаты в сравнении с экспериментальными. Невозможность распространения результатов сферической симметрии на случай цилиндрической, заставило исследователей изменить подход к данному вопросу. Для задачи о цилиндрической газовой полости [3] были использованы результаты исследований [4]. В идеальном случае было получено уравнение

$$a\cdot a'' + \frac{3}{4}a'^2 \cong (P(a)-P(\infty))(2\rho)^{-1}\,, \tag{2}$$

где $P(a)$ – давление газа в полости, $P(\infty)$ – давление на бесконечности.

В работе [1] при рассмотрении данной задачи было учтено, что в реальных условиях присутствует свободная поверхность и отношение максимального радиуса газовой камеры скважинного заряда к его высоте h во много меньше единицы. Из предположения, что во времени движения газовый пузырь имеет форму кругового цилиндра, а свободная поверхность горизонтальна, было получено дифференциальное уравнение

$$\frac{1}{2}a^2\cdot a'^2\cdot \ln(2h/a) = I\rho^{-1}\,, \tag{3}$$

описывающее расширение газового пузыря цилиндрического заряда ВВ, где

$$I = \int_{a0}^{a}(P(a)-P(\infty))ada\,.$$

Уравнение (2) было получено с использованием конформного отображения области течения в комплексной полости z.

© Тищенко С.В., Еременко Г.И., Гапоненко И.А., 2015

Из условия $(a/h)<<1$

на окружности z=-hi+aeiθ комплексной области

$$\overline{\upsilon}_a = -f(t)e^{-i\theta} / a\ln(2h/a)$$

или

$$\overline{\overline{\upsilon}}_a = a^1 e^{-i\theta},$$

где

$$f(t) = -a \cdot a' \cdot \ln(2h/a).$$

Если продифференцировать уравнение (2) по переменной a, получим уравнение вида

$$(a \cdot a'' + a^2)\ln(2h \cdot a^{-1}) + a'^2/2) = (P(a) - P(\infty))\rho^{-1}.$$

Время расширения полости согласно исследованиям, выполненным в работе [1], может быть определено как

$$T = (A/BC)^{1/2} \int_{a0}^{a_K} \left((a_к/a)^{2A} - 1\right)^{-1/2} da,$$

где коэффициенты *A*, *D*, *C* определяются согласно формул

$$A = 1 + \alpha(1-\varepsilon)/(1-\varepsilon^{1/2}) + \alpha(\varepsilon - \varepsilon^{\alpha/2})/(2-\varepsilon^{\alpha/2}),$$

$$B = \alpha/\rho(\varepsilon^{-\alpha/2} - 1),$$

$$C = K(\varepsilon^{\alpha/2} - 1)/2m - P \cdot \varepsilon^{\alpha/2},$$

где ε - объемная деформация; $\alpha = 2m/(1+m)$; $m \approx \sqrt{3}(0{,}1 - 0{,}4)$.

На основе гидродинамической модели действия взрыва рассмотрим вопрос определения границ зоны разрушения и гранулометрического состава взорванной горной массы при взрыве одиночного заряда ВВ в неорганической среде.

Для решения этой задачи в работе [5] кинетическая энергия жидкости в объеме куба с ребром 2l была приравнена к энергии упругой деформации. Процесс рассматривался в прямоугольной декартовой системе координат, т.е.

$$E_к = E_о$$

или

$$\frac{u}{3}\rho l^5 D = 8l^3\sigma_3^2(2E)^{-1}.$$

Откуда

$$l = \sqrt{3} \cdot \upsilon_s / \sqrt{D}, \quad \upsilon_s = \sigma_s / \sqrt{E\rho},$$

где υ_s – критическая скорость; σ_s – прочность при сжатии и растяжении.

Формула (1) отражает случай без учета плотности упругой энергии, которая для несжимаемой среды имеет вид

$$\omega = T^2/2\mu,$$

где $\mu = E/2(1+\nu)$ - модуль сдвига; *T* – интенсивность касательных напряжений

$$T = \frac{1}{6}\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2},$$

где σ_i – главные напряжения, $i = \overline{1,3}$.

Если обозначить через *Ts* значение *T*, соответствующее разрушению, то выражение, согласно [1], для критической скорости и величины осколка примет вид

$$\upsilon_3 = T_3/\sqrt{\mu\rho}, \quad l = T_s\sqrt{6}/H\sqrt{\mu\beta},$$

где *H* – скорость деформации сдвига.

Для случая сдвига имеем

$$\upsilon_s = \tau_s/\sqrt{\mu\beta}, \quad l = \tau_s\sqrt{3}/\sqrt{\mu\rho D},$$

где *D* – критерий дробимости, τs - предел текучести на сдвиг.

Для определения размера зоны разрушения сферического заряда примем за потенциал скорости и критерий дробимости значение в виде

$$\varphi = -m/r, \quad D = 6m^2$$
$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2},$$

где x, y, z – текущие декартовы координаты.

Постоянная m вычисляется по следующей схеме. Кинетическая энергия равна

$$E_к = -\rho/2 \oint \varphi(\partial\varphi/\partial h)dS,$$

где S - площадь поверхности, ограничивающая рассматриваемый объем, $\bar{h}$ - нормальный вектор приравнивается к α – доле полной энергии ВВ

$$E_к = \alpha E_o.$$

Из последнего равенства имеем

$$m = (\alpha E_o r_o / 2\pi\rho)^{1/2},$$

где r_o - радиус заряда.

Из последних формул получаем, что

$$l = \upsilon_s r^3 (\pi\rho / \alpha E_o r_o)^{1/2}. \quad (4)$$

Размеры осколков, как видно из формулы (4), быстро растут с расстоянием от центра взрыва (рис. 1).

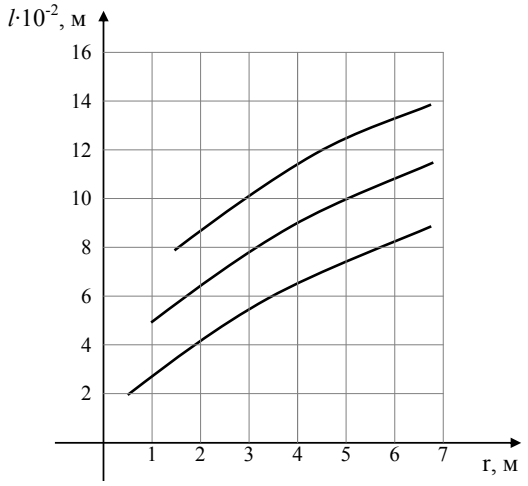

Рис. 1. Зависимость размера осколков от расстояния до центра взрыва

Определим размер Rs зоны разрушения, при котором размер куска равен расстоянию от центра взрыва.

Если $Rs >> r_o$, то согласно (1)

$$R_s = (\alpha E_o r_o / \pi\rho\upsilon_s^2)^{1/4}$$

или учитывая, что плотность энергии ВВ равна

$$\omega_o = 3W/4\pi r_o^3$$

получим

$$R_s = r_o (4\alpha\omega_o\mu/\tau_s)^{1/4}.$$

Если обозначить V(l) - объем всех кусков размером меньше l, а через V_o - объем зоны разрушения, то

$$V_o = \frac{4}{3}\pi r_o^3,$$

тогда

$$V(l)/V_o = l(\pi\rho\upsilon_s^2/\alpha E_o r_o)^{1/4}.$$

Размер среднего куска

$$l_{ср} = \frac{1}{2}\left((\alpha E_o r_o)^{-1} \cdot (\pi\rho\upsilon_s^2)^{-2}\right)^{1/4}.$$

Следует отметить, что гидродинамическая теория взрыва успехом используется для практических инженерных расчетов и решения научных задач.

Согласно полученным результатам по R_s и $l_{ср}$ можно утверждать, что использование в скважинном заряде [6] параллельно с воздушным промежутком отражателя ударных волн позволит [7,8] сократить неэффективные затраты энергии взрыва на переизмельчение горной по-

роды на контакте ВВ – среда, снизить тепловые потери и повысить качество дробления взорванной горной массы [9,10].

Если обозначить через r границу разрушения, а через r_o радиус цилиндрического заряда, то средний размер куска грансостава взорванной горной массы может быть определен соотношением

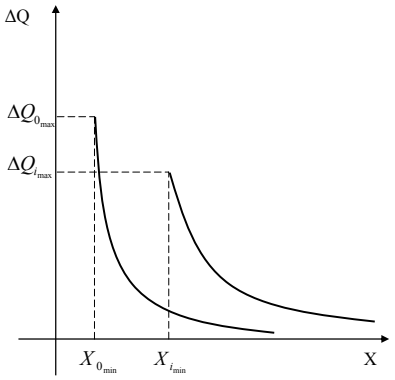

Рис. 2. Зависимость между потерями энергии на нагрев породы и интенсивностью разрушения среды

$$\langle x\rangle = B\int_{r_o}^{r} Rdr \quad ,$$

где

$$B = 2\pi^2 S_2 (r_2 - r_o^2)^{-1} \quad .$$

Для области разрушения ro≤r имеем

$$\langle x\rangle = 8fE\varepsilon_*^2 / \rho A^2(\alpha+1)\sigma_*) r^{2\alpha} / Q^{\alpha}$$

Если ввести замену $V=\pi r^2$, то окончательно получим

$$\langle x\rangle = K(E\varepsilon_*^2 / \sigma_*)(V/Q)^{\alpha} \quad , \qquad (5)$$

где K – числовой коэффициент, зависящий от свойств разрушаемой среды.

При условии $\sigma^*=E\varepsilon^*$ - хрупкое разрушение, формула (5) примет вид

$$\langle x\rangle = K(\sigma_* / E)(V/Q)^{\alpha} \quad .$$

теоретически оптимальный случай для процесса взрывного разрушения, если ΔQ=0, тогда согласно [10]

$$\langle x\rangle_{опт} = \sigma_*^2 / 2Ef \quad . \qquad (6)$$

Выражение (6) нужно рассматривать как теоретический предел эффективности использования энергии взрыва, к которому необходимо стремиться в реальных условиях при проведении взрывных работ.

Список литературы

1. **Кузнецов В.М.** Математические модели взрывного дела. - Новосибирск: Наука, 1977. – 259 с.

2. **Griffith A.A.** The phenomenon of rupture and flow in solids. Phil. Trans. Poy. Soc. A 221, 1920, p.1201-1206.

3. **Moth N.F.** Fracture of metals. Theor. Conq. Enqnq.1948. V.1657 № 16. p.321-348.

4. **Voropinov V.** Obezbednje .stabilnosti stenskin masa pri povzsinskim miniranjima primenom savremenih metoda miniranje. Izgradnja, 24, 972, c.4, s.21-35 a s.25-35.

5. **Власов О.Е., Смирнов С.А.** О моделировании действия взрыва // Взрывное дело. – 59/16. М.: Недра, 1966. – С.109-117.

6. ПАТ.35423Украина.F42D1/00F42D3/00 Свердловиний заряд / **М.І.Іщенко**,та ін..

7. **Мельников Н.В., Марченко Л.Н.** Энергия взрыва и конструкция заряда. - М.: Недра, 1964. - 138 с.

8.Эффективные методы управления процессами взрывного дробления и выброса / **Н.В.Мельников, Л.П.Марченко, И.П.Сеинов** и др. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1971. № 2. – С.37-45.

9. **Друкованый М.Ф., Комир В.М., Кузнецов В.М.** Действие взрыва в горных породах. Киев: Науковва думка, 1973. -184 с.

10. **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.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 622.271

Г.И.ТКАЧЕНКО, Е.В. ГЕРАСИМОВА, кандидаты. техн. наук, доц.,
Криворожский национальный университет,
А.Е. БИЛЕНКО, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»,
А.В. БОЛОТНИКОВ, канд. техн. наук, Академия горных наук Украины, КП «Академический дом».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕЗУЛЬТИРУЮЩИХ УГЛОВ НАКЛОНА БОРТОВ КАРЬЕРА ПУТЕМ ОБРАТНЫХ РАСЧЕТОВ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОРОД НА ПРИМЕРЕ ГЛЕЕВАТСКОГО КАРЬЕРА ПАО «ЦГОК»

В статье разработана вариация метода обратных расчетов прочностных свойств скальных пород на основании метода алгебраического сложения сил, определены усредненные показатели прочностных свойств скальных и полускальных массивов Глееватского карьера. Выполнен расчет максимально-допустимых углов наклона бортов Глееватского карьера ПАО «ЦГОК» на основании анализа текущего положения откосов с учетом текущих проектных решений по его углубке до глубины 500 метров.

В качестве исходных данных для расчета использовались: - стратиграфия строения массива горных пород в районе восточного борта Глееватского карьера; - значения прочностных свойств вскрышных пород Глееватского месторождения по результатам обратных расчетов и по данным Криворожского отделения института ВИОГЕМ с учетом величины коэффициента структурного ослабления.

Ключевые слова: устойчивость бортов, физико_механические свойства пород, обратные геомеханические расчеты, углы наклона бортов, текущее положение откосов.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современное состояние открытых горных работ на карьерах Криворожского железорудного бассейна характеризуется закономерным увеличением глубины действующих карьеров. Так большинство разрабатываемых месторождений открытым способом характеризуется глубиной карьеров в 350-400 м, а проектные проработки предусматривают понижение горных работ на глубины до 700-800 м. В данных условиях проблема геомеханического обеспечения горных работ, в аспекте обеспечения добычи полезного ископаемого с минимальными затратами на проведение вскрышных работ с одновременным обеспечением достаточно степени устойчивости бортов разрабатываемых карьеров, выходит на один из первых планов в общем объеме задач направленных на обеспечение экономической эффективности открытых горных работ. Ориентировочные расчеты показывают, что увеличение генеральных углов наклона бортов карьера всего на один градус позволяет сократить выемку вскрышных пород на 0,5 млн $м^3$ для 100 м в простирании борта.

Одним из основных факторов ограничивающих, с геомеханической точки зрения, генеральные углы наклона бортов карьеров является значение прочностных свойств пород слагающих данные борта. В настоящее время для определения значения прочностных свойств пород проводятся специальные исследования направленные на определения пределов прочности образцов пород с последующим расчетом угла внутреннего трения и сцепления для каждой из выделенной группы пород. Однако следует отметить, что проведение таких исследований довольно дорогостояще и осложнено отсутствием необходимого оборудования.

Ориентируясь на вышеизложенное можно отметить необходимость разработки методов определения прочностных свойств пород в массиве на основе анализа текущего состояния карьерных откосов действующих карьеров с использованием потенциала метода обратных геомеханических расчетов.

Анализ исследований и публикаций. Анализ исследований направленных на определение прочностных свойств скальных массивов карьеров горнорудных предприятий Кривбасса [1,2] показывает, что данные исследования в последний раз проводились более 35-40 лет назад, то есть при глубинах действующих карьеров на уровне 100-150 м. С другой стороны исходя из теоретических предпосылок существуют предположения, которые так же нашли свое подтверждения в практических исследованиях [3], о том что с увеличением глубины возрастают значения прочностных свойств горных пород и наиболее интенсивно возрастает параметр сцепления в массиве.

Метод обратных геомеханических расчетов прочностных свойств горных пород широко описан в литературных источниках[4,5] и действующих инструкциях по обеспечению устойчивости бортов карьеров и отвалов [6.7], на основе его анализа применительно к горно-

© Ткаченко Г.И., Герасимова Е.В., Биленко А.Е., Болотников А.В., 2015

геологическим Глееватского карьера ПАО «ЦГОК» и были выполнены расчеты усредненных прочностных свойств пород в массиве и определена возможность повышения углов наклона бортов при последующем понижении горных работ.

Постановка задачи. Целью работы является определение возможности повышения углов наклона бортов Глееватского карьера ПАО «ЦГОК» на основе анализа текущего состояния карьерных откосов и применения вариации метода обратных геомеханических расчетов прочностных свойств пород в массиве.

Изложение материала и результаты. В геологическом строении рассматриваемого месторождения принимают участие метаморфические породы криворожской серии и осадочные породы. Характерной чертой пород криворожской серии является моноклинальное крутое их залегание с западным падением под углом 40-55° и северо-восточное простирание под углом 20-25° .

Применительно к горно-геологическим условиям карьера № 1 ПАО «ЦГОК» последняя работа по изучению прочностных и деформационных свойств пород проводилось институтом ВИОГЕМ в рамках НИР «Исследование устойчивости бортов карьеров №1,2,3 ЦГОКа до глубины отработки 300-500 м и разработка рекомендаций по уточнению параметров откосов с учетом динамического воздействия взрывов» [1].

В соответствии с полученными результатами по значениям физико-механических свойств пород слагающих борта, институтом ВИОГЕМ были выполнены расчеты максимально допустимых углов наклона бортов Глееватского карьера: результирующий угол выпуклого борта в осях 280-428 (на учатске подработки от залежи «Северная-Червоная») - 33°, на неподработаных участках - 35°. Углы наклона по частям приняты такими: для нижней высотой 168 м - 38°, для средней (в горизонтах -86÷-254) - 37°, в верхней зоне выветрелых пород (от +82÷-86) - 29°, для рыхлых пород и наносов – 25°.

В ходе дальнейшей разработке карьера № 1 вплоть до сегодняшнего времени, то есть более 35 лет, исследования физико-механических свойств пород карьера не проводились, хотя есть все основания для предположения о том, что с понижением горных работ прочность горных пород увеличивается и соответственно появляются аргументы для пересмотра максимально-допустимых углов наклона бортов данного карьера.

В виду вышеизложенного нами проведен анализ текущего состояния откосов скальных пород на карьере № 1 ПАО «ЦГОК» (см. рис. 2) по состоянию на 01.10.2012 г., предоставленного институтом ГП «ГПИ «Кривбасспроект», была выполнена геометризация пяти расчетных разрезов.

Результаты выполнения этой работы показаны на рис. 3,4.

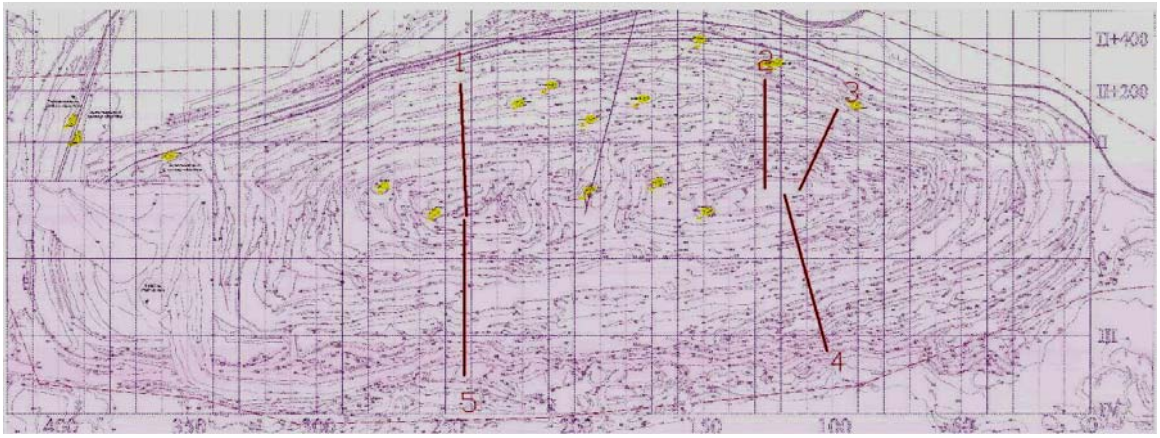

Рис. 2. Положение расчетных разрезов на плане горных работ Глееватского карьера по состоянию на 01.10.2012 г.

Разрез 1 - западный борт, м.о. 242-244, геометризация в отметках (+10)÷(-260) м, форма борта в основном плоская, результирующий угол наклона участка борта 30°, наиболее крутые

углы наклона группы уступов высотой 135 м выявлена в отметках (-45)÷180) м с результирующим углом наклона 50°.

Разрез 2 - западный борт, м.о. 126, геометризация в отметках (+10)÷(-278) м, форма борта в основном плоская, результирующий угол наклона участка борта 39°, наиболее крутые углы наклона групп уступов определены в отметках (-48)÷(-256) м, угол наклона 45°, высота группы уступов 208 м.

Разрез 3 - западный борт, м.о. 98-112, геометризация в отметках (+10)÷(-278) м, форма борта в основном плоская, результирующий угол наклона участка борта 43°, наиболее крутые углы наклона групп уступов определены в отм. (-75)÷(-260) м, угол наклона 48°, высота группы уступов 185 м.

Разрез 4 - восточный борт, м.о. 102-118, геометризация в отметках (+100)÷(-278) м, форма борта выпуклая, результирующий угол наклона участка борта 33°, наиболее крутые углы наклона групп уступов определены в отметках (+47)÷(-205) м, угол наклона 45°, высота группы уступов 252 м.

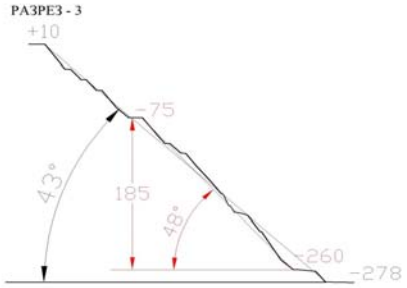

Рис. 3. Геометризация разреза – 3, западный борт карьера

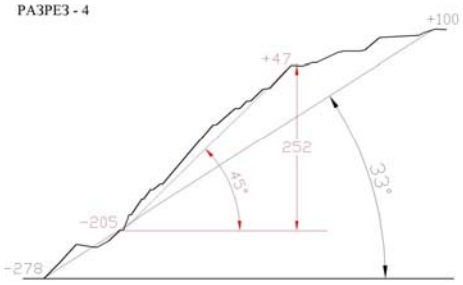

Рис. 4. Геометризация разреза – 4, западный борт карьера

Разрез 5 - восточный борт, м.о. 242, геометризация в отметках (+95)÷(-252) м, форма борта выпуклая, результирующий угол наклона участка борта 32°, наиболее крутые углы наклона групп уступов определены в отметках (-78)÷(-241) м, угол наклона 45°, высота группы уступов 163 м.

Для оценки прочностных свойств пород на выделенных участках нами был использован метод обратных расчетов изложенный ниже.

В большинстве случаев метод обратных расчетов для определения физико-механический свойств горных пород рекомендуется применять при оценке фактов, которые привели к нарушению устойчивости породного откоса [4,5], т.е., обратные геомеханические расчеты применяются для установления реальных физико-механических свойств горных пород в теле оползня.

Однако в виду того, что реальных оползневых процессов на бортах карьера № 1 в скальных породах до сего времени не отмечалось, в данной работе нами предпринята попытка выполнить обратные геомеханические расчеты для участков бортов с наиболее крутыми углами наклона. При этом в качестве базового использовался метод алгебраического сложения сил по плавной криволинейной поверхности скольжения.

Согласно методическим рекомендациям [6,7], при использовании метода алгебраического сложения сил по плавной криволинейной поверхности скольжения, коэффициент запаса устойчивости должен определяется из ниже следующих выражений

$$\eta_з = \frac{\sum P_i \cos(a) tg(\rho) + Cl}{\sum P_i \sin(a)} \quad (1)$$

$$P_i = \gamma \cdot S_i, \quad (2)$$

где $n_з$ - коэффициент запаса устойчивости, доли. ед.; α - угол наклона основания элементарных блоков, град.; ρ - угол внутреннего трения пород, град.; l - длина дуги поверхности скольжения, м.; C - усредненное молекулярное сцепление горных пород по поверхности скольжения, Па; P_i - вес элементарного блока, Н; S_i - высота элементарного блока, м; γ - удельный вес пород блока, Н/м^3.

Общепризнанно, что изменение угла внутреннего трения горных пород с понижением глубины горных работ не отмечается или не значительно, его значение может быть принято постоянным. Поэтому целью любых обратных геомеханических расчетов является определение усредненной величины молекулярного сцепления по вероятной поверхности скольжения.

Тогда, с учетом нормативного значения коэффициента запаса устойчивости, из выражения (1), после соответствующих математических преобразований, получим аналитическое выражение для определения усредненной величины молекулярного сцепления в виде (3)

$$C = \frac{\eta_з \sum P_i \sin(a) - \sum P_i \cos(a) tg(\rho)}{l} \qquad (1.3)$$

где $n_з$ - нормативное значение коэффициент запаса устойчивости, доли. ед.

На основании геометризации расчетных разрезов по текущему положению горных работ в карьере № 1 по участках бортов с наиболее крутыми углами наклона и в соответствии с выше приведенной методикой, нами выполнены расчеты по определению усредненного показателя молекулярного сцепления пород по вероятной поверхности сдвижения.

При этом учитывались следующие факторы:

выделенные участки бортов карьера являются нерабочими и находятся в текущем положении достаточно длительный период времени (до 10 лет и более), деформационные процессы на рассматриваемых участках слабовыраженные или отсутствуют полностью, поэтому есть основания считать текущий запас устойчивости равным нормативному, а именно $n_з$ = 1,30;

для рассматриваемых участков бортов в геомеханических расчетах принимался усредненный угол внутреннего трения, определенный по результатам работ института ВИОГЕМ, проведенным в 1978 г.

Таким образом, в результате выполненных методом обратного расчета вычислений, установлено, что усредненное значение молекулярного сцепления скальных и полускальных пород не может быть меньшее следующих величин: для восточного борта карьера № 1: C=0,439±0,046 МПа; для западного борта карьера № 1: C=0,383±0,059 МПа.

Для определения возможности увеличения результирующих углов наклона бортов Глееватского карьера на основании полученных данных выполнены численные расчеты максимально-допустимых углов.

Численные расчеты по определению максимально-допустимых углов наклона западного и восточного бортов карьера №1 ПАО «ЦГОК» проводились на основании «Методичних вказівок з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізорудних та флюсових кар'єрів», а именно с использованием расчетных схем V,VI и X приведенных в табл. 1 данных указаний [7].

Расчеты устойчивых углов наклона бортов Глееватского карьера проведены с учетом текущих проектных решений по его углубке до глубины 500 м.

В качестве исходных данных для расчета также использовались:

стратиграфия строения массива горных пород в районе восточного борта Глееватского карьера;

значения прочностных свойств вскрышных пород Глееватского месторождения по результатам обратных расчетов и по данным Криворожского отделения института ВИОГЕМ с учетом величины коэффициента структурного ослабления.

Результаты выполненных расчетов максимально-допустимых углов наклона бортов Глееватского карьера ПАО «ЦГОК» на основании анализа текущего состояния карьерных откосов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета устойчивости западного и восточного бортов карьера №1 с учетом текущего состояния откосов

Номер разреза	М.о.	Угол наклона	Высота	КЗУ	Примечания
1-1	266 (западный борт)	40	550	1,30	-
2-2	178 (западный борт)	40	550	1,30	-
3-3	178 (восточный борт)	37	700	1,30	С учетом вторичного воронкообразования
4-4	266 (восточный борт)	40	700	1,30	-

Выводы и направление дальнейших исследований. По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Последнее по времени определение прочностных параметров скальных пород, слагающих борта карьера № 1 ПАО «ЦГОК», проводилось институтом ВИОГЕМ в 1978 г. За прошедшее время глубина горных работ на карьере понизилась на 150-200 м. При этом есть все основания полагать, что прочностные свойства скальных пород с увеличением глубины карьера также будут увеличиваться, а значит, появляется предпосылка для увеличения углов наклона бортов карьера № 1.

2. В результате геометризации разрезов по западному и восточному бортам карьера № 1 выделено ряд групп уступов с углами наклона 43-50°, высотой до 288 м, находящихся длительное время в устойчивом состоянии. Обратные геомеханические расчеты, выполненные по контурам данных групп уступов показали, что усредненное значение молекулярного сцепления скальных пород не может быть меньшее следующих величин: для восточного борта 0,439±0,046 МПа; для западного борта 0,383±0,059 МПа.

3. Рассчитаны максимально-допустимые углы наклона западного и восточного бортов карьера №1 ПАО «ЦГОК» на основании текущего состояния откосов, с учетом нормативного КЗУ=1,3, которые составили:

для западного борта до 40°;

для восточного 37-40°, в зависимости от степени нарушености прибортового массива вторичным воронкообразованием.

6. Учитывая то, что использование обратного метода расчета прочностных свойств горных пород не разрешено при практическом проектировании степени устойчивости бортов карьеров «Методическими указаниями ….» [6,7], предлагается ПАО «ЦГОК» рассмотреть вопрос о проведении НИР по определению прочностных свойств скальных пород на нижних горизонтах карьера № 1, для получения исходных данных для разработки проекта увеличения углов наклона бортов карьера.

Список литературы

1. Исследование устойчивости бортов карьеров (№ 1,2,3) ЦГОКа до глубины отработки 300-500 метров и разработка рекомендаций по уточнению параметров откосов с учетом динамического воздействия взрывов // Отчет по НИР // КО ВИОГЕМ, Кривой Рог, 1978.

2. Отчет о гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях на Ингулецком ГОКе Криворожского железорудного бассейна. ВИОГЕМ. г. Белгород, 1968.

3. **Маевский А.М.,Несвитайло Н.В., Казола А.Д.** Установление и анализ параметров, влияющих на устойчивость массивов горных пород бортов (уступов) карьера Катока // Материалы международной конференции «Форум Горняков 2013». Том 1. –Днепропетровск: НГУ.-2013. С. 190-195.

4. **Гальперин А.М**. Геомеханика открытых горных работ. – М.: Издательство МГГУ, 2003. – 473с.

5. **Попов И.И., Окатов Р.П.** Борьба с оползнями на карьерах. -М.: Недра, 1980. - 238 с.

6. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1971.- 187 с.

7. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. Л.: ВНИМИ, 1987- 118 с.

8. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізорудних та флюсових кар'єрів // Під ред. проф. **А.Г. Шапаря** // -К: - 2009. – 201 с.

9. Открытые горные работы: Спр. / **К.Н.Трубецкой, М.Г. Потапов, Н.Н. Мельников и др**. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

10. Комп'ютерна програма «Комплекс комп'ютерних програм «РЕПЕР»: Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Україна,МОНУ/ **Є.Я.Бехлер, А.В. Болотников, Є.О. Несмашний, О.В.Максимов, Г.І.Ткаченко.** – № 39943; Зареєстр. 02.09.11.

11. **Попов В.Н., Байков Б.Н.** Технология отстройки бортов карьеров. - М., Недра, 1991. - 250 с.

12. **Зотеев В.Г.** Основные проблемы формирования предельных контуров карьеров в скальных породах: Сб. научн. тр. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1987.- №83.- С. 8-15.

13. **С.С. Серый, А.В. Дунаев.** Методика изучения структуры массива скальных пород для оценки устойчивости карьерных откосов // Маркшейдерия и недропользование. №4 (36), июль-август 2008. – С. 40-41.

14. **Ш.А. Мухамедиев, Т.И.Белоусов.** Трещиноватость горных пород: решенные и нерешенные проблемы // Горный информационно-аналитический бюллетень.- №9 - 2006а. – С.48-54.

15. **Чернышев С.Н.** Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость откосов. - М. Недра, 1984.

Рукопис подано до редакції 26.02.15

УДК 657:339.564

Я.О. ІЗМАЙЛОВ, канд. економ. наук, доц.
КЕІ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ЕКСПОРТНІ ОПЕРАЦІЇ ТА ЇХ ВІДОБРАЖЕННЯ В СИСТЕМІ БУХГАЛТЕРСЬКОГО ОБЛІКУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

Розглянуто відображення експортних операцій в системі обліку на підприємствах України на етапі євроконвергенції національних регламентів бухгалтерського обліку, тобто приведення їх у відповідність з Директивою Ради 2013/34/ ЄС. Охарактеризовано особливості і проблеми обліку відповідних операцій та їх вплив на формування доходів та фінансових результатів підприємств-експортерів. Уточнено теоретичні засади побудови системи бухгалтерського обліку експортних операцій з огляду на те, що сума доходу в іноземній валюті визначається шляхом перерахунку в гривні з використанням валютного курсу, який діє на дату здійснення операцій і не перераховується надалі у зв'язку зі зміною валютного курсу. Розроблено і викладено чітко визначений порядок обліку курсових різниць від експортної діяльності на умовах передоплати та відстрочення оплати для підприємств, що є резидентами України, встановлення моменту визнання доходів і витрат від здійснення експортних операцій. Запропоновано кореспонденцію рахунків з обліку експортних операцій на підприємствах України для випадків, коли першою подією є отримання оплати за експортну поставку та коли першою подією є відвантаження товару на експорт. Визначено напрями підвищення достовірності, прозорості та аналітичної спрямованості облікової інформації про експортні операції з урахуванням міжнародної практики та національних особливостей їх здійснення.

Ключові слова: облік, експорт, іноземна валюта, курсові різниці, попередня оплата, наступна оплата.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Світова економіка поступово перетворюється в єдиний ринок товарів, послуг, капіталів, робочої сили і знань. Це, зважаючи на євроінтеграційний вибір України, сприяє підвищенню вимог до обліку міжнародних операцій українських товаровиробників, серед яких важливе місце належить експортній діяльності. Бухгалтерський облік експортних операцій потребує не лише дотримання визнаних в Україні міжнародних принципів і методів ведення цієї ланки обліку, що дозволяє відображати й узагальнювати облікові дані про зовнішньоекономічну діяльність національних суб'єктів господарювання. При веденні обліку експортних операцій актуальним і своєчасним є створення якісної та узгодженої системи корисної інформації аналітичного характеру для управління підприємством.

Порядок обліку експортних операцій в Україні викликає певні труднощі через постійно змінювану нормативно-інструктивну базу. Наявність спірних питань обліку експортних операцій та їх недостатня методологічна розробленість породжують деяку неоднозначність у практиці ведення обліку розрахунків за експортні поставки, що зумовлює значущість та вказує на необхідність удосконалення методичних засад обліку господарських операцій, що пов'язані з експортом.

Аналіз досліджень та публікацій. Методологія обліку експортних операцій входить до кола наукових інтересів багатьох вітчизняних і закордонних дослідників. Найбільш докладна інформація про облік експортних операцій підприємств знайшла відображення в наукових розробках вітчизняних авторів І.А.Бланка, Ф.Ф.Бутинця, Т.Войтенко, С.Ф.Голова, З.В.Задорожнього, В.М.Костюченко, Я.Д.Крупки, В.М.Пархоменко, І.М.Павлюка, А.А.Пересади, В.В.Сопка, Н.М.Ткаченка, В.Г.Федоренка, М.Г.Чумаченка, а також закордонних дослідників Х.Андерсона, Г.Александера, С.Барнеса, Дж.Бейлі, Г.Бірмана, Г.Велша, Б.Нідлза, П.І.Камишанова, Р. Каплана, Д.Колдуелла, М.Фрідмана, Р.Холта, У.Шарпа, С.Шмідта, Д.Шорта та ін. З огляду літературних джерел [1; 2; 3; 4; 5] видно, що поки не знайшли однозначного вирішення і залишаються дискусійними питання, які пов'язані зі створенням єдиної методології та систематизованої методики обліку експортних операцій та її використання на підприємствах, що випускають продукцію експортного призначення.

Постановка завдання. Метою статті є визначення існуючих проблем і напрямків підвищення достовірності, прозорості та аналітичної спрямованості облікової інформації про експортні операції з урахуванням міжнародної практики та національних особливостей їх здійснення.

© Ізмайлов Я.О., 2015

Викладення матеріалу та результати. У Законі України «Про зовнішньоекономічну діяльність» експорт товарів трактується як продаж товарів українськими суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності іноземним суб'єктам господарської діяльності (у т.ч. з оплатою не в грошовій формі) з вивезенням чи без вивезення через митний кордон України, включаючи реекспорт. При цьому термін реекспорт означає продаж іноземним суб'єктам господарської діяльності та вивезення за межі України товарів, що були раніше імпортовані на територію України [6]. В міжнародній практиці обліку сутність експорту товарів співпадає з національним законодавством [7]. Законодавством України не передбачено митне оформлення товарів, що продаються іноземним контрагентам, але фактично не перетинають митного кордону України.

Зарахування виручки резидентів у іноземній валюті на їх валютні рахунки в уповноважених банках обов'язково повинно здійснюватись у терміни виплати заборгованостей, але не пізніше 90 календарних днів з дати митного оформлення (вивізної вантажної митної декларації) продукції, що експортується, а при експорті робіт (послуг) – з моменту підписання акта або іншого документа, що засвідчує виконання робіт, надання послуг. Порушення резидентами термінів розрахунків та відсутність ліцензії НБУ спричиняє стягнення пені за кожний день прострочення у розмірі 0,3% від суми неодержаної виручки (митної вартості недопоставленої продукції) в іноземній валюті, перерахованої у грошову одиницю України за валютним курсом. Відповідно до Постанови НБУ№ 591 від 22.09.2014 р. «Про встановлення розміру обов'язкового продажу надходжень в іноземній валюті» 75 процентів надходжень в іноземній валюті 1-ої групи Класифікатора іноземних валют та банківських металів підлягають обов'язковому продажу на міжбанківському валютному ринку України [8].

Реалізація експортних товарів відображається в обліку за контрактною вартістю на підставі вантажної митної декларації. Одночасно з реалізацією в обліку відображається списання реалізованих експортних товарів. Списання здійснюється за обліковою вартістю (для підприємств торгівлі) або за фактичною собівартістю (для підприємств-виробників). В залежності від базисних умов поставки згідно з міжнародними правилами тлумачення торгових термінів Інкотермс додатковими елементами контрактної вартості експортних товарів є транспортні витрати, зберігання товару, митні платежі.

Згідно з Податковим Кодексом України ставка ПДВ при експорті складає 0%, якщо експорт підтверджений митною декларацією, яка оформлена відповідно до вимог митного законодавства. Це означає, що податкові зобов`язання при експорті товарів та послуг виникають, але за ставкою 0% до бази оподаткування. При цьому за платником податку зберігається право на податковий кредит, а, отже, і право на бюджетне відшкодування [9].

Залежно від того, за яким напрямом здійснюються експортні операції, визнається або кредиторська (немонетарна стаття), або дебіторська (монетарна стаття) заборгованість.

Однією із особливостей операцій з експорту, яка обумовлює методику бухгалтерського обліку, є те, що розрахунки за надані послуги з нерезидентами здійснюються в іноземній валюті. Разом з тим валютою звітності, відповідно до П(С)БО 21, є грошова одиниця України, тобто гривня. Отже, при отриманні коштів в іноземній валюті здійснюється перерахунок грошових коштів в гривні за курсом НБУ на дату їх отримання. При цьому в обліку виникають негативні або позитивні курсові різниці.

Підставою для обліку експортних товарів та їх руху є оформлені відповідним чином товаросупровідні, транспортні, експедиторські, страхові, складські, розрахункові, митні, претензійно-арбітражні, а також банківські документи. Підтвердженням завершення експортної операції є відбитки печатки митниці країни-одержувача на товаросупровідних документах і довідки банку про надходження грошових коштів на рахунок підприємства.

П(С)БО 15 «Дохід» та МСБО 18 «Дохід» визначає методологічні принципи формування в бухгалтерському обліку інформації про доходи підприємства та її розкриття у фінансовій звітності. Згідно з ним, дохід від реалізації продукції визнається при наявності таких умов: передача ризиків і винагород від володіння продукцією; впевненість в економічній вигоді угоди, достовірність визначення суми доходів, реальність оцінки витрат по поставці [10; 11]. В міжнародній торгівлі прийнято пов'язувати перехід права власності з переходом ризику випадкової загибелі продукції від продавця до покупця. Ризик випадкової загибелі продукції – це ризик можливого завдавання збитків у зв'язку з загибеллю чи псуванням продукції з причин, не залежних від продавця і покупця (у результаті непередбаченої події, обставин непоборної сили). У

П(С)БО 15 приклади передачі ризиків і вигід не наведені. Для визначення моменту переходів ризиків випадкової загибелі або втрати продукції до покупця можна враховувати Інкотермс, який містить критерії визначення дати переходу ризиків до покупця. Залежно від умов поставки дохід може визнаватися: в момент відвантаження продукції зі складу; при передачі продукції транспортній організації для доставки покупцеві; при передачі продукції покупцеві за межами митної території України.

До основних проблем обліку експортних операцій, на вирішенні яких варто сконцентрувати зусилля, можливо віднести:

виникнення окремих помилок при відображенні доходів та фінансових результатів діяльності підприємств-експортерів через відсутність чіткого порядку формування суми курсових різниць та визначення моменту визнання доходів і витрат, що пов'язані зі здійсненням експортних операцій;

неможливість забезпечити належний ступінь повноти та неупередженості інформації про стан дебіторської заборгованості іноземних покупців та замовників;

недосконаліть системи формування достовірної облікової інформації про господарські операції, що пов'язані з експортом товарів, для забезпечення можливості прийняття ефективних управлінських рішень.

Залежно від строків оплати продукції вирізняють експорт на умовах передоплати та експорт на умовах відстрочення оплати. Відповідно до П(С)БО-21 «Вплив змін валютних курсів» курсовою різницею слід вважати різницю між оцінками однакової кількості одиниць іноземної валюти при різних валютних курсах [12]. Аналогічним за змістом є визначення курсових різниць в Міжнародних стандартах обліку і звітності [13; 14; 15]. Для забезпечення експортоорієнтованих підприємств України повною та неупередженою інформацією про фінансові результати їх діяльності пропонується застосовувати чітко визначений порядок відображення в обліку курсових різниць на підприємствах-експортерах, який подано на рис. 1.

Рис. 1. Рекомендований до використання українськими підприємствами-експортерами порядок відображення в обліку курсових різниць

Дохід від реалізації товарів в бухгалтерському обліку слід відображати за дебетом субрахунку 362 «Розрахунки з іноземними покупцями» та кредитом субрахунку 701 «Дохід від реалізації готової продукції».

Аналітичний облік експортних операцій доцільно організовувати за трьома напрямками: за кожним покупцем; за кожним платежем; за кожним видом валют. Для відображення собівартості реалізованої продукції на експорт рекомендується використовувати субрахунок 901

«Собівартість реалізованої готової продукції».

Під час відвантаження товарів на експорт підприємство несе витрати на доставку, завантаження, розвантаження, сплачує митні витрати, страхові послуги та інші. Такі витрати вважаються витратами збуту. Тому їх слід акумулювати на рахунку 93 «Витрати на збут».

При товарному експорті, коли першою подією є отримання оплати за експортну поставку, для підприємств України пропонується кореспонденція рахунків, яку подано у табл. 1.

Таблиця 1

Запропонована кореспонденція рахунків з обліку експортних операцій на підприємстві України, коли першою подією є отримання оплати за експортну поставку

Дата	Зміст операції	Дт	Кт	Сума, грн. (€/грн.)
21.01.15 р.	Отримана виручка на розподільчий рахунок (€20000,00 × 30,56 грн./ €)	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	681 «Розрахунки за авансами одержаними»	€20000,00 611200,00
22.01.15 р.	Зараховано 75% валютної виручки на поточний валютний рахунок (€15000,00 × 30,55 грн./ €)	312 «Поточні рахунки в іноземній валюті»	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	€15000,00 458250,00
22.01.15 р.	Відображено курсову різницю (€15000,00×(30,55 грн./€-30,56 грн./€))= = -150 грн.	945 «Втрати від операційної курсової різниці»	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	150,00
		791 «Результат операційної діяльності»	945 «Втрати від операційної курсової різниці»	150,00
22.01.15 р.	Перераховано 75% валютної виручки для обов'язкового продажу (€15000,00 × 30,55 грн./ €)	334 «Грошові кошти в дорозі в іноземній валюті»	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	€15000,00 458250,00
22.01.15 р.	Списано перераховану на продаж валюту (€15000,00 × 30,55 грн./ €)	942 «Витрати на купівлю-продаж іноземної валюти»	334 «Грошові кошти в дорозі в іноземній валюті»	€15000,00 458250,00
22.01.15 р.	Зараховано на поточний рахунок гривневий еквівалент реалізованої валюти (за курсом валютного ринку) (€15000,00 × 30,6 грн./ €)	311 „Поточні рахунки в національній валюті"	711 „Дохід від купівлі-продажу іноземної валюти"	€15000,00 458250,00
31.01.15 р.	Відображено курсову різницю на кінець звітного періоду по залишку валюти на банківському рахунку (15 000,00 × (30,6 грн./євро – 30,55 грн./євро)) = 750 грн.	312 „Поточні рахунки в іноземній валюті"	714 „Дохід від операційної курсової різниці"	750
		714 «Дохід від операційної курсової різниці»	791 «Результат операційної діяльності»	750
09.02.15 р.	Перераховано митні платежі	377 «Розрахунки з іншими дебіторами»	311 «Поточні рахунки в національній валюті»	2500,00
09.02.15 р.	Нараховані митні платежі	93 «Витрати на збут»	377 «Розрахунки з іншими дебіторами»	2500,00
		791 «Результат операційної діяльності»	93 «Витрати на збут»	2500,00
09.02.15 р.	Відвантажено товари на експорт (в бухгалтерському обліку дохід визначається по курсу НБУ на дату отримання оплати – 30,56 грн./ €)	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	702 «Дохід від реалізації товарів»	€20000,00 611200,00
09.02.15 р.	Списана собівартість реалізованого товару	902 «Собівартість реалізованих товарів»	282 «Товари в торгівлі»	90000,00
09.02.15 р.	Списано дохід від реал. і собівартість реалізованих товарів на фінансовий результат	702 «Дохід від реалізації товарів»	791 «Результат операційної діяльності»	611200,00
		791 «Результат операційної діяльності»	902 «Собівартість реалізованих товарів»	90000,00
09.02.15 р.	Відображено залік заборгованостей	681 «Розрахунки за авансами одержаними»	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	€20000,00 611200,00

У наведених у табл. 1 бухгалтерських проведеннях відображено господарські операції, пов'язані з тим, що українське підприємство-експортер 21.01.2015 р. отримало від покупця-нерезидента аванс за партію товару в сумі 20000 євро (офіційний курс на цю дату - 30,56 грн. за 1 євро). На наступний день банк зарахував виручку на поточний валютний рахунок підприємства (курс НБУ на цю дату становив 30,55 грн. за 1 євро). Товар відвантажено 09.02.2015р. (курс НБУ – 30,56 грн. за 1 євро). Облікова вартість відвантаженого товару дорівнювала 90000 грн. Сума митних платежів склала 2500 грн.

При здійсненні експортних операцій, коли першою подією є відвантаження товару, для підприємств України пропонується кореспонденція рахунків, яку подано у табл. 2.

Таблиця 2

Запропонована кореспонденція рахунків з обліку експортних операцій на підприємстві України, коли першою подією є відвантаження товару на експорт

Дата	Зміст операції	Дт	Кт	Сума, грн. (€/грн.)
21.01.15 р.	Перераховано митні платежі	377 «Розрахунки з іншими дебіторами»	311 «Поточні рахунки в національній валюті»	2500,00
21.01.15 р.	Нараховані митні платежі	93 «Витрати на збут»	377 «Розрахунки з іншими дебіторами»	2500,00
		791 «Результат операційної діяльності»	93 «Витрати на збут»	2500,00
21.01.15 р.	Відвантажено товари на експорт (€20000,00×30,56 грн./€) (монетарна стаття, будуть відображені курсові різниці на дату балансу і на дату погашення)	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	702 «Дохід від реалізації товарів»	€20000,00 611200,00
21.01.15 р.	Списана собівартість реалізованого товару	902 «Собівартість реалізованих товарів»	282 «Товари в торгівлі»	90000,00
21.01.15 р.	Списано дохід від реал. і собівартість реалізованих товарів на фінансовий результат	702 «Дохід від реалізації товарів»	791 «Результат операційної діяльності»	611200,00
		791 «Результат операційної діяльності»	902 «Собівартість реалізованих товарів»	90000,00
31.01.15 р.	Відображено курсову різницю за монетарною заборгованістю на кінець звітного періоду та списано на фінансовий результат (€20000,00×(30,57 грн./€-30,56 грн./€))= =200 грн.	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	714 «Дохід від операційної курсової різниці»	200,00
		714 «Дохід від операційної курсової різниці»	791 «Результат операційної діяльності»	200,00
09.02.15 р.	Надійшла оплата на розподільчий рахунок (€20000,00×30,58 грн./€)	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	€20000,00 611600,00
09.02.15 р.	Відображено курсову різницю при отриманні оплати (€20000,00×(30,58 грн./€-30,57 грн./€))= =200 грн. та списано на фінансовий результат	362 «Розрахунки з іноземними покупцями»	714 «Дохід від операційної курсової різниці»	200,00
		714 «Дохід від операційної курсової різниці»	791 «Результат операційної діяльності»	200,00
10.02.15 р.	Зараховано виручку на поточний валютний рахунок (€20000,00×30,55 грн./€)	312 «Поточні рахунки в іноземній валюті»	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	€20000,00 611000,00
10.02.15 р.	Відображено курсову різницю по залишку валюти на банківському рахунку та списано на фінансовий результат (€20000,00×(30,55 грн./€-30,58 грн./€))= =-600 грн.	945 «Втрати від операційної курсової різниці»	314 «Інші рахунки в банку в іноземній валюті»	600,00
		791 «Результат операційної діяльності»	945 «Втрати від операційної курсової різниці»	600,00

У наведених у табл. 2 бухгалтерських проведеннях відображено господарські операції, пов'язані з тим, що підприємством 21.01.15 р. відвантажено на експорт товари на суму 20000 євро (офіційний курс на цю дату – 30,56 грн. за 1 євро). На дату балансу (31.01.2015р.) курс НБУ склав 30,57 грн. за 1 євро. Валютна виручка надійшла від нерезидента на розподільчий рахунок 09.02.15 р. (курс НБУ – 31,58 грн. за 1 євро). На наступний день банк зарахував виручку на поточний валютний рахунок підприємства (курс НБУ на цю дату дорівнював 30,55 грн. за 1 євро). Облікова вартість відвантаженого товару становила 90000 грн. Сума митних платежів склала 2500 грн.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Використання запропонованої методики ведення обліку експортної діяльності суб'єктів господарювання України на етапі євроконвергенції національних регламентів бухгалтерського обліку надасть можливість розв'язати існуючі проблеми формування суми курсових різниць та визначення моменту визнання доходів і витрат при здійсненні експортних операцій, отримувати об'єктивну бухгалтерську інформацію про стан дебіторської заборгованості іноземних покупців та замовників, приймати зважені управлінські рішення у сфері міжнародного бізнесу. Це у свою чергу дозволить підвищити достовірність відображення експортних операцій в обліковій практиці та прозорість економічної взаємодії між суб'єктами зовнішньоекономічної діяльності. Створення повної і зіставної облікової бази для потреб розгорнутого аналізу та аудиту обсягів коштів, що отримані підприємствами України від експортних операцій, сприятиме більш зваженому підходу користувачів обліково-звітної інформації до прийняття обґрунтованих управлінських рішень в сфері міжнародних відносин та нарощування експортного потенціалу національного промислового виробництва.

Подальші наукові дослідження варто спрямувати на створення узгодженої комп'ютеризованої системи бухгалтерського обліку на підприємствах України, які виступають суб'єктами міжнародної економічної діяльності, з відведенням в ній належного місця інформаційному забезпеченню обліку міжнародних операцій.

Список літератури

1. **Kaplan R.** The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action / **R. Kaplan, D. Norton** // Harvard Business School Press. - 1996.

2. **Friedman M.** The Social Responsibility of Business is to Increase its Profits / **M.Friedman**// New York Times Magazine. — 2011.

3. **Shortridge R.T.** Understanding The changes in accounting thought / **Rebecca T. Shortridge, Pamela A. Smith** // Research in accounting regulation. – 2009. – P. 11-18.

4. Financial instruments and similar items: Draft standard and basis for conclusions. Joint working group of standard setters [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

5. United Nation Comission on International Trade Law [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.uncitral.org/.

6. Про зовнішньоекономічну діяльність: Закон України від 16.04.1991 р. № 959-XII із змінами та доповненнями [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.zakon.rada.gov.ua/.

7. International accounting standart 11 «Construction Contracts» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

8. Про внесення змін до деяких нормативно-правових актів Національного банку України: Постанова правління НБУ від 22.09.2014 р. № 591 [Електронний ресурс] / Режим доступу : http://www.zakon.rada.gov.ua/.

9. Податковий Кодекс України від 02.12.2010 р. № 2755-VI із змінами і доповненнями [Електронний ресурс] / Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua/.

10. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 15 «Дохід», затверджено наказом Міністерства фінансів України від 29.11.1999 р. № 290, із змінами і доповненнями [Електронний ресурс] / Режим доступу : http://www.zakon.rada.gov.ua/.

11. International accounting standart 18 «Revenue» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

12. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 21 «Вплив змін валютних курсів», затверджено наказом Міністерства фінансів України від 10.08.2000р. № 93 із змінами та доповненнями [Текст] / Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/.

13. International accounting standart 21 «The effects of Changes in Foreign Exchange Rates» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

14. International accounting standart 32 «Financial instruments» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

15. International accounting standart 29 «Financial Reporting in Hyperinflationary Economies» [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.eifrs. Ifrs.org/.

Рукопис подано до редакції 09.04.15

УДК 339.138:339.564

І.Г. ЄГОРОВА*, канд. економ. наук, доц., КЕІ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖНАРОДНИХ МАРКЕТИНГОВИХ ЗАХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ-ЕКСПОРТЕРІВ

Уточнено трактування поняття економічної ефективності міжнародних маркетингових заходів, здійснено порівняння існуючих якісних та кількісних методів її оцінювання з точки зору прийнятності використання на гірничо-збагачувальних підприємствах. Визначено специфічні риси діяльності залізорудних підприємств-експортерів на міжнародних ринках в сучасних умовах, які потрібно враховувати в процесі створення єдиної універсальної методики оцінювання ефективності заходів міжнародного маркетингового спрямування. Запропоновано систематизовану методику визначення ефективності міжнародної маркетингової діяльності, яка пройшла апробацію на звітних матеріалах гірничо-збагачувальних підприємств України. В основу розробленої методики покладено розгляд економічної ефективності міжнародних маркетингових рішень як віддачі від витрат на проведення міжнародних маркетингових заходів. Обґрунтовано можливість обрання в якості результатів міжнародної маркетингової діяльності не лише одержаного прибутку, але й приросту обсягів поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувальних підприємств на міжнародний ринок в натуральному або вартісному вимірі. В рекомендованій до використання гірничо-збагачувальними підприємствами методичній базі проведення деталізованих розрахунків ефективності міжнародних маркетингових заходів передбачено розрахунок показників віддачі від витрат на маркетингові дослідження на ринку окремої країни, до якої здійснюються поставки залізорудної продукції, віддачі від витрат на реалізацію стратегічних маркетингових планів гірничо-збагачувальних підприємств на ринку цієї країни та віддачі від витрат на реалізацію комплексу маркетингу на зазначеному ринковому сегменті, які за потреби можуть бути узагальнені в єдиний показник ефективності міжнародного маркетингу. Визначено переваги і доведено коректність застосування розробленої методики оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів для експортоорієнтованих гірничо-збагачувальних підприємств.

Ключові слова: ефективність, міжнародні маркетингові заходи, методика, експорт, віддача від витрат на міжнародний маркетинг.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Реалізація міжнародних маркетингових заходів та визначення їх ефективності є важливою складовою системи збуту продукції гірничо-збагачувальних підприємств України на міжнародних ринках. В маркетинговій політиці слід враховувати особливості функціонування зовнішніх ринків залізорудної сировини, до яких належать: по-перше, те, що структура та сегментація міжнародних ринків залізорудної сировини не зазнає істотних змін протягом багатьох років, хоча намітилась тенденція до збільшення виробництва продуктів прямого відновлення заліза та більш якісної і дорогої залізорудної продукції, що використовується у виробництві якісних електросталей; по-друге, пропонування залізорудної сировини залишається на досить високому рівні, а попит є величиною змінною і похідною від попиту на металопродукцію (чавун, сталь, прокат); по-третє, гірничо-збагачувальні комбінати випускають обмежену кількість видів продукції і мають можливість за допомогою нових технологій покращувати якісні характеристики та досягати здешевлення виробництва підготовленої до металургійного переділу залізорудної сировини. Для гірничо-збагачувальних підприємств України географічна структура експортних поставок орієнтована переважно на споживачів Східної Європи (Чехії, Словаччини, Польщі, Угорщини, Румунії, Сербії та ін.), Центральної Європи (Австрії), а також Китаю [1]. Потреба у розширенні присутності українських виробників на міжнародних ринках залізорудної сировини та у збільшенні валютних надходжень від експорту підвищує актуальність розв'язання невирішених питань щодо вдосконалення комплексу міжнародного маркетингу із забезпеченням належного оцінювання ефективності маркетингових дій в міжнародному ринковому середовищі.

Аналіз досліджень та публікацій. Теоретичним, методологічним, методичним та практичним аспектам формування та обґрунтування маркетингових заходів на міжнародних ринках присвячено наукові праці багатьох вітчизняних та іноземних науковців, серед яких Л.Ангуло, К.Бакхаус, Х.Бурманн, Н.Веллер, А.Войчак, О.Зозульов, О.Каніщенко, М.Кірхгеорг, М.Конишева, О.Костюк, В.Кулібанова, М.Кун, Ж.-Ж.Ламбен, Дж.Ленсколд, Л.Лігоненко, Г.Мефферт, Н.Мойсеєва, Н.Ольве, О.Оснач, Г.Пауелл, Р.Шав, Дж.О'Шоннесі, Г.Томас, П.Хаг,

* © Єгорова І.Г., 2015

Г.Хулей, Т.Чумаченко та ін. Водночас поки не вдалось повністю задовольнити потребу суб'єктів міжнародного бізнесу в коректній методиці оцінювання ефективності маркетингових заходів гірничо-збагачувального підприємства на зовнішніх ринках, що ґрунтується лише на застосуванні загальнодоступної маркетингової та економічної інформації. Адже система міжнародних маркетингових заходів залізорудного підприємства повинна не тільки знижувати бар'єри продажів, але й сприяти підвищенню споживацької цінності залізорудної продукції через розуміння мотивів і потреб металургійних підприємств, що є промисловими споживачами такої продукції.

Постановка завдання. Метою статті є розроблення методики оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів для експортоорієнтованих гірничо-збагачувальних підприємств України.

Викладення матеріалу та результати. Набір маркетингових заходів, які може використовувати гірничо-збагачувальне підприємство-експортер для просування своєї залізорудної продукції на зарубіжні ринки, є достатньо великим [2]. Тому як в теорії, так і на практиці існують різні підходи, які дозволяють обчислити вартість та фактичні результати впливу кожного з маркетингових інструментів на позитивну динаміку збутової діяльності українських виробників залізорудної продукції на міжнародних ринках, а також обґрунтувати можливість виходу підприємств-експортерів на максимальну ефективність від впровадження міжнародних маркетингових заходів.

Ефективність міжнародного маркетингу – це показник оптимальності вжитих міжнародних маркетингових заходів для зменшення витрат і досягнення очікуваних результатів у короткостроковій та довгостроковій перспективі [3]. Н.Мойсеєва, М.Конишева ототожнюють ефективність міжнародної маркетингової діяльності із маркетинговою активністю підприємства на цільових зарубіжних ринках. Ефективність міжнародної маркетингової діяльності у широкому розумінні цього слова означає співвідношення між результатом (ефектом) від міжнародних маркетингових заходів та витратами, що з ними пов'язані [4, с. 46-53].

Найчастіше під економічною ефективністю міжнародних маркетингових заходів гірничо-збагачувального підприємства розуміють співвідношення ефекту, який отримано від проведених маркетингових операцій, до загальної суми витрат на проведення маркетингової діяльності [5;6;7; 8;9;10;11]. Можна виокремити два основних методи визначення економічної ефективності міжнародної маркетингової діяльності гірничо-збагачувальних підприємств:

балова оцінка ефективності міжнародних маркетингових заходів з визначенням балів за кожним критерієм, що відповідає кінцевим і проміжним цілям здійснення міжнародної маркетингової діяльності гірничо-збагачувальних підприємств як суб'єктів міжнародного бізнесу;

відношення ефекту (результату, що виражений в натуральній чи вартісній формах) від проведення міжнародної маркетингової діяльності до усіх витрат, що супроводжують цей процес, тобто віддача від витрат, які пов'язані зі здійсненням гірничо-збагачувальними підприємствами-експортерами міжнародних маркетингових заходів.

Серед наведених методів найбільш вдалим слід визнати саме оцінювання економічної ефективності міжнародних маркетингових заходів через співвідношення результатів міжнародної маркетингової діяльності до пов'язаних з їх досягненням витрат, або, інакше кажучи, віддачу від витрат на міжнародний маркетинг, тому що воно дозволяє запропонувати методику оцінювання ефективності міжнародного маркетингу з використанням традиційної звітно-аналітичної інформації.

Економічна ефективність маркетингових заходів на міжнародних ринках може вимірюватися як в натуральному, так і у вартісному вираженні [12, с.146]. Проте для конкретизації розрахунків найчастіше відбувається об'єднання методів оцінки ефективності заходів міжнародного маркетингового спрямування у 2 групи, до яких належить група якісних методів і група кількісних методів [13, с.10-16]. Якісні методи передбачають характеристику сильних і слабких сторін, загроз і можливостей розвитку збутової діяльності гірничо-збагачувального підприємства на зарубіжних ринках з урахуванням впливу міжнародного конкурентного середовища. Кількісні методи оцінки ефективності міжнародного маркетингу потребують порівняння отриманого залізорудним підприємством валового прибутку від експорту (або приросту обсягу поставок на міжнародний ринок) з витратами на міжнародний маркетинг.

Особливо важливою є оцінка ефективності міжнародних маркетингових заходів залізорудного підприємства для нових проектів, на етапі, коли вкладення в рекламну кампанію (або public relations) ще не окупаються. Тенденцією останніх років, протягом яких є відчутним загострення кризових явищ в українській та світовій економіці, є жорстка конкуренція на переважній більшості зарубіжних ринків, і, як наслідок, збільшення середнього періоду часу, необхідного для просування продукції. Це нерідко призводить до помилкового трактування результатів рекламної кампанії, і спочатку вірний рекламний план для міжнародних ринків піддається коригуванню в процесі його реалізації, коли відбувається відмова від перспективних, але таких, що не встигли вийти на максимальну ефективність, міжнародних маркетингових заходів.

Ефективність міжнародної маркетингової діяльності оцінюється в широкому і локальному аспектах. У першому випадку вона визначається ступенем просування продукції підприємства залежно від попиту зарубіжних споживачів, в другому – системою часткових показників, що характеризують окремі підсистеми гірничо-збагачувального підприємства [14, с. 79-84].

Ефективність роботи системи міжнародного маркетингу та здійснення маркетингових заходів на зарубіжних ринках забезпечуються об'єктивністю кількісної і якісної оцінок.

Одним з широко відомих є метод Дж. Ленсколда, яким передбачено визначати економічну ефективність міжнародних маркетингових заходів за допомогою показника рентабельності маркетингових інвестицій в міжнародному ринковому середовищі, що рекомендується розраховувати за такою формулою

$$PMI = \frac{П_{марк}}{B_{марк}} \cdot 100\% = \frac{Д_{марк} - B_{марк}}{B_{марк}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де $П_{марк}$ - прибуток, що отриманий від впровадження міжнародних маркетингових заходів на підприємстві; $Д_{марк}$ - дохід підприємства, одержаний від впровадження міжнародних маркетингових заходів; $B_{марк}$ - витрати підприємства на міжнародні маркетингові заходи.

Рентабельність інвестицій в міжнародний маркетинг вимірюється у процентах. Позитивне значення цього показника відповідає фінансовій вигоді, а негативне – збитку [15, с.117].

Додатково до показника рентабельності міжнародних маркетингових інвестицій можливо використовувати такі показники:

рентабельність маркетингових витрат підприємства-експортера, що являє собою співвідношення суми прибутку від реалізації продукції і загального обсягу витрат на міжнародний маркетинг та ілюструє ефективність реалізованих цим підприємством маркетингових заходів на зарубіжних ринках;

частка маркетингового персоналу в загальній чисельності персоналу підприємства;

частка витрат на маркетинговий персонал, що являє собою питому вагу заробітної плати, яку отримують працівники маркетингового відділу, у загальному фонді заробітної плати підприємства.

Для застосування цього методичного підходу на гірничо-збагачувальних підприємствах потрібно чітко визначати ту частку доходу (або прибутку) підприємства, яку одержано від впровадження міжнародних маркетингових заходів, але виокремити таку інформацію за даними маркетингової та фінансової звітності гірничо-збагачувальних підприємств України досить важко.

З огляду на існуючу практику формування звітної інформації в Україні, більш прийнятним для гірничо-збагачувальних підприємств можна вважати використання методу оцінювання ефективності міжнародного маркетингу, що полягає у визначенні та аналізі набору специфічних показників, серед яких ефективність поточних витрат на міжнародні маркетингові програми, ефективність міжнародних маркетингових процесів (впровадження та адаптація), ефективність використання управлінських ресурсів, загальна ефективність міжнародного маркетингу [16, с.105-111].

Під час створення єдиної універсальної методики оцінювання ефективності заходів міжнародного маркетингового спрямування для гірничо-збагачувальних підприємств-експортерів необхідно враховувати деякі специфічні риси, що притаманні їх діяльності на міжнародних ринках в сучасних умовах, зокрема:

відсутність потреби у застосуванні для вимірювання ефективності відношення дисконтованого прибутку, що отриманий від реалізації міжнародних маркетингових заходів у кожному

році розрахункового періоду, до сукупних дисконтованих витрат на здійснення цих заходів, через те, що укладання договорів на поставку здійснюється переважно на один рік, а у зв'язку з кризовими явищами в економіці України набуває поширення практика використання разових контрактів за спотовими цінами;

прийнятність обрання в якості результатів міжнародної маркетингової діяльності не лише одержаного прибутку, але й приросту обсягів поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувальних підприємств на міжнародний ринок в натуральному або вартісному вимірі, з огляду на те, що попит на залізорудну сировину зумовлений ситуацією на міжнародному ринку металопродукції;

можливість використовувати питомі (на 1т) і локальні показники ефективності міжнародних маркетингових заходів, за необхідності узагальнюючи їх у відповідні сукупні показники внаслідок того, що залізорудна сировина характеризується відносною однорідністю, відсутній її широкий асортимент, а також її ціна тісно пов'язана з вмістом заліза.

Розглядаючи ефективність міжнародних маркетингових рішень як віддачу витрат на проведення міжнародних маркетингових заходів, пропонується застосування адаптованої для гірничо-збагачувальних підприємств України систематизованої методики, до складу якої включено послідовний розрахунок таких показників:

приріст обсягу поставок (реалізації) залізорудної продукції (ΔPr) на міжнародний ринок, який може вимірюватись у грошовому виразі чи в натуральних одиницях вимірювання і обчислюється за формулою

$$\Delta Pr = P_{r1} - P_{r0}, \quad (2)$$

де P_{r1} - обсяг поставок (реалізації) гірничо-збагачувальним підприємством продукції на міжнародний ринок (обсяг експорту) за поточний період, тис. грн. (або тис. т); P_{r0} - обсяг поставок (реалізації) гірничо-збагачувальним підприємством продукції на міжнародний ринок (обсяг експорту) за попередній період, тис. грн. (або тис. т);

загальна ефективність міжнародного маркетингу, або віддача від сукупних витрат на міжнародний маркетинг (Em), яка вимірюється у грн./грн. (або т/грн.) і визначається за формулою

$$Em = (\Delta Pr / Vm), \quad (3)$$

де ΔPr_i - приріст обсягу поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувального підприємства на міжнародний ринок, тис. грн. (або тис. т); Vm - сукупні витрати гірничо-збагачувального підприємства на міжнародний маркетинг, тис. грн.

За потреби розрахунки за наведеною методикою можуть бути деталізовані. Зокрема, можливо визначити віддачу від витрат на маркетингові дослідження на ринку i-ї країни (Emd_i), до якої здійснюються поставки залізорудної продукції, з використанням формули

$$Emd_i = \Delta Pr_i / Vmd_i , \quad (4)$$

де ΔPr_i - приріст обсягу поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувального підприємства на ринок i-ї країни, тис. грн. (або тис. т); Vmd_i - витрати на маркетингові дослідження на ринку i-ї країни, тис. грн.

Віддачу від витрат на реалізацію стратегічних маркетингових планів гірничо-збагачувального підприємства на ринку і-ої країни (Esp_i) слід знаходити з виразу

$$Esp_i = \Delta Pr_i / Vsp_i \quad (5)$$

де ΔPr_i - приріст обсягу поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувального підприємства на ринок i-ї країни, тис. грн. (або тис. т); Vsp_i - витрати на реалізацію стратегічних маркетингових планів гірничо-збагачувального підприємства на ринку i-ї країни, тис. грн.

Для визначення віддачі від витрат на реалізацію комплексу маркетингу на ринку i-ї країни ($Emix_i$) рекомендується використовувати формулу

$$Emix_i = \Delta Pr_i / Vmix_i, \quad (6)$$

де ΔPr_i – приріст обсягу поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувального підприємства на ринок i-ї країни, тис. грн. (або тис. т); $Vmix_i$ – витрати на реалізацію комплексу маркетингу на ринку i-ї країни, тис. грн.

Загальну ефективність міжнародного маркетингу, або віддачу від сукупних витрат на міжнародний маркетинг (Em) у цьому випадку слід розраховувати за формулою

$$Em = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta \mathrm{Pr}_i}{\sum_{i=1}^{n} \left(Vmd_i + Vsp_i + Vmix_i \right)}, \quad (7)$$

де i - порядковий номер країни-споживача залізорудної продукції; n - кількість країн, до яких здійснюється збут залізорудної продукції.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Систематизована методика оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів пройшла апробацію на звітних матеріалах гірничо-збагачувальних підприємств України. Її перевагами є:

можливість проведення розрахунків на існуючій звітно-аналітичній інформації суб'єктів експортної діяльності;

простота розрахункової процедури;

конкретність, точність і зручна форма представлення у вигляді порівнюваних по роках числових значень результатів оцінювання загальної ефективності міжнародного маркетингу, або віддачі від сукупних витрат на міжнародний маркетинг;

можливість проведення деталізованого аналізу ефективності міжнародних маркетингових заходів за окремими країнами, що є споживачами залізорудної продукції;

врахування спільного впливу внутрішніх та зовнішніх чинників, стратегічних й тактичних маркетингових складових під час оцінювання ефективності міжнародної маркетингової діяльності суб'єктів міжнародного бізнесу;

здатність проведення оцінювання віддачі від витрат відповідно до обраних напрямків міжнародних маркетингових заходів, зокрема віддачі від витрат на маркетингові дослідження, віддачі від витрат на реалізацію стратегічних маркетингових планів гірничо-збагачувальних підприємств, віддачі від витрат на реалізацію комплексу маркетингу тощо;

забезпечення швидкого узагальнення локальних показників ефективності в єдиний показник ефективності міжнародного маркетингу підприємства, що важливо для прийняття обґрунтованих міжнародних маркетингових рішень.

Важливою властивістю методики вимірювання ефективності міжнародного маркетингу є те, що в ній доведено прийнятність обрання в якості результатів міжнародної маркетингової діяльності не лише одержаного прибутку, але й приросту обсягів поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувальних підприємств на міжнародний ринок в натуральному або вартісному вимірі.

Впровадження запропонованих методичних засад визначення ефективності у практику маркетингової діяльності гірничо-збагачувальних підприємств, що мають відчутну експортну складову, сприятиме формуванню єдиної системи показників ефективності міжнародних маркетингових заходів, за допомогою якої з'явиться можливість розв'язати комплекс взаємопов'язаних питань, серед яких: налагодження раціональної системи збору маркетингової інформації та її аналітичної обробки; моніторинг діяльності маркетингової служби суб'єкта міжнародних відносин; побудова формалізованої стратегії міжнародного маркетингу і, згодом, стратегії міжнародного бізнесу через формування механізмів координації дій маркетингових підрозділів з іншими підрозділами підприємства-експортера; забезпечення узгодженості між критеріальними показниками ефективності міжнародних маркетингових заходів та загальної ефективності підприємства-експортера.

Наслідком розгляду усіх міжнародних маркетингових дій експортоорієнтованих гірничо-збагачувальних підприємств через призму ефективності можуть стати: полегшення процедури встановлення потреби стратегічних сегментів міжнародного ринку в більш якісній залізорудній продукції, раціональне управління підвищенням міжнародної конкурентоспроможності цих підприємств, зважений підхід до цінової політики, адекватний вибір пріоритетних напрямів

просування продукції на міжнародний ринок, формування збутової політики суб'єктів міжнародного бізнесу відповідно до прогнозних оцінок динаміки і структури зарубіжних ринків залізорудної продукції, зіставність показників ефективності міжнародного маркетингу з аналогічними показниками конкуруючих на зарубіжних ринках компаній та підвищення загальної ефективності українського експортного виробництва.

Основним напрямком подальших досліджень обрано вдосконалення управління міжнародним маркетингом гірничо-збагачувальних підприємств для посилення їх конкурентних позицій на міжнародних ринках.

Ґрунтуючись на моделюванні і прогнозуванні маркетингових показників в системі показників ефективності підприємств-експортерів залізорудної продукції, цей напрямок дозволяє розв'язати ряд перспективних і дуже своєчасних наукових і практичних проблем в період загострення кризових явищ в економіці України. Адже саме міжнародний маркетинг стає запорукою успішної діяльності експортоорієнтованих підприємств на зовнішніх ринках та надає їм змогу вистояти у висококонкурентному середовищі.

Список літератури

1. Рынок железорудного сырья: революционные перемены [Электронный ресурс] / Сайт торговой системи «Metalltorg». **—** Режим доступа: http://www.metalltorg.ru/analytics/ores/?id=462.

2. **Каніщенко О.Л.** Міжнародний маркетинг в діяльності українських підприємств: [Монографія] / **О.Л.Каніщенко**. – К.: Знання-Прес, 2007. – 448с.

3. Энциклопедия маркетинга – [Электронный ресурс] Официальный сайт энциклопедии маркетинга. – Режим доступу: http://www.marketing.spb.ru/read/m9/13.htm.

4. **Моисеева Н. К.** Управление маркетингом: теория, практика, информационные технологии: учеб. пособ. / **Н.К. Моисеева, М.В.Конышева** // Под ред. Н. К. Моисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 304 с.

5. Industrielles Marketing/ **Marc Kuhn**. – Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2011. – 267 S.

6. **Backhaus Klaus.** Industriegütermarketing / **Klaus Backhaus, Markus Voeth**. – Vahlen, 2009. – 683s.

7. **Лігоненко Л.О.** Дискусійні питання щодо трактування сутності та співвідношення понять «ефективність» і «результативність» управління підприємством / **Л.О. Лігоненко** // Актуальні проблеми економіки. – 2008. – №10(88). – С.207-216.

8. Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. Konzepte – Instrumente – Praxisbeispiele / **Heribert Meffert, Christoph Burmann, Manfred Kirchgeorg**. – Gabler Verlag, 2013. – 960 s.

9. **Powell Guy R.** Return on Marketing Investment / **Guy R. Powell**. – Printed and Bound in the United States of America, 2002. – 158 p.

10. **Shaw R.** Improving marketing effectiveness: the Economist Books / **Robert Shaw.** – The Bath Press, Great Britain, 1998. – 246 p.

11. **Waller Nico.** Return Marketing Investment/ **Nico Schinagl Waller**. // Journal of Business Case Studies. – Second Quartier, 2007. –Vol.3, №2. – P. 41-48.

12. **Чумаченко Т.М.** Міжнародний маркетинг: [Навч.-метод. посібник]. – Вид. 3-е, перероб. і доп. / **Т.М.Чумаченко //** Дніпропетровськ: державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2012. – 210 с.

13. **Ольве Н.Г.** Оценка эффективности деятельности компании: практическое руководство по использованию сбалансированой системы показателей / **Н.Г.Ольве, Ж. Рой, М. Веттер** // Пер. с англ. – М.: Издат. дом «Вильямс», 2004. – 304 с.

14. **Костюк О.С.** Оцінювання ефективності функціонування маркетингу на підприємстві / **О.С.Костюк, Н.В.Тижай, Н.В.Фаєк**. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2010. – С. 79-84.

15. **Lenskold J**. Marketing ROI: the path to campaign, customer, and corporate profitability / **James D. Lenskold**. – McGraw-Hill, 2003. – 272 p.

16. **Angulo Luis Fernando**. The effect of marketing efficiency, brand equity and customer satisfaction on firm performance / **Luis Fernando Angulo**. – Barcelona: Autonomous University of Barcelona, Business Economics Department. – 2012. – 21 p.

Рукопис подано до редакції 16.04.15

УДК 336.7+338.4

А.А.ТУРИЛО, канд. економ. наук, доц., КЕІ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ІННОВАЦІЙ З СИСТЕМОЮ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПІДПРИЄМСТВА

Встановлено зв'язок інновацій з системою управління витратами на промисловому підприємстві.

Досліджено сучасний стан розвитку суб'єктів господарювання і доведено тісний його зв'язок з використанням інновацій у виробництві. Доведено, що інновації і їх зростаюча роль в діяльності підприємств виступають техніко-економічною закономірністю.

Досліджено і розкрито зміст впливу інновацій, інноваційних заходів та інноваційного розвитку в цілому на управління та зниження витрат на підприємстві.

Визначено основні принципи переходу до формування інноваційного типу розвитку підприємства.

Розглянуто основні умови і шляхи конкурентного розвитку підприємства. Визначено періоди впливу інновацій на формування витрат підприємства.

Доведено, що система управління витратами на підприємстві буде результативною, якщо вона гармонійно поєднується з такими важливими аспектами діяльності підприємства в цілому по удосконаленню: економічних і соціально-психологічних методів управління виробництвом; фінансово-кредитних заходів щодо залучення інноваційних ресурсів; ціноутворення; маркетингових досліджень тощо.

Обгрунтовано, що система управління витратами підприємства в своїй основі повинна бути спрямована і постійно жорстко орієнтуватись на конкретного споживача, точніше на вимоги споживача щодо продукції, яку дане підприємство поставляє на ринок. Тільки комплексне і деталізоване дослідження ринку, попиту та вимог споживачів дозволить розробити ефективну систему взаємозв'язку між інноваційною політикою і політикою управління витратами на підприємстві, яка доорієнтована на ринок і забезпечить бажані для підприємства кінцеві результати його діяльності.

Ключові слова: ефективність, економічний та стратегічний розвиток, конкурентність.

Вступ. Теперішній етап розвитку економіки країни, і у тому числі всіх суб'єктів господарювання, самим тісним чином пов'язаний з використанням інновацій.

Постановка завдання. Сучасна діяльність будь-якого підприємства неможливо представити поза межею інновацій. Інновації і їх зростаюча роль в діяльності підприємств виступають техніко-економічною закономірністю в загальній концепції їх розвитку.

Більш того інноваційний розвиток це ключовий чинник ефективності підприємства, і зокрема зниження витрат в його діяльності. Проблема впливу інновацій на зниження загальних витрат підприємства в процесі його діяльності виходить сьогодні на перший план.

Заанатована вище техніко-економічна закономірність визначається, на наш погляд, наступним.

По-перше, використання інновацій в діяльності підприємств є об'єктивним процесом. Він підтверджується всім розвитком суб'єктів господарювання в різних галузях народного господарства.

По-друге, роль і значення інновацій в діяльності суб'єктів господарювання з часом тільки зростає. Зростання ролі і значення інновацій для підприємств визнаються дією основних економічних законів. Ключовим економічним законом ринкової економіки виступає конкуренція. Саме конкурентна боротьба між підприємствами (як постійно діючий чинник розвитку суспільного виробництва) робить процес впровадження інновацій в діяльність підприємства закономірністю та перманентним явищем.

По-третє, така закономірність виступає у вигляді техніко-економічної закономірності (а якщо бути більш точним, то її потрібно розглядати інтегровано і як соціальну, організаційну, екологічну закономірності, тощо; просто в даній роботі наголос робиться на технічній та економічній категоріях). Обґрунтовується це стадіями проходження і метою впровадження інновацій в діяльності підприємства. Спочатку інновації проявляються в різних технічних (а також організаційних, управлінських) нововведеннях, підвищуючи локальні і загальний технічний рівень підприємства. А потім, умовно на другій стадії, ці технічні нововведення визначають економічну складову діяльності підприємства, тобто формують його кінцеві економічні результати (наприклад, прибуток підприємства).

© Турило А.А., 2015

Економічна закономірність виступає основополагаючою, стратегічно цільовою в процесі впровадження інновацій в діяльність підприємства. Через інновації здійснюється основний вплив на такий дуже важливий економічний чинник підприємства як витрати. Зниження витрат підприємства в сучасних ринкових умовах господарювання є основою формування кінцевих економічних результатів підприємства.

Методика досліджень. Велика кількість наукових досліджень і публікацій прямо та опосередковано присвячено проблемам інновацій і їх використанню в діяльності підприємств. В цьому аспекті велике значення в діяльності підприємства має дослідження питання стосовно впливу інновацій на управління витратами підприємства. Економічна безпека, ефективність, фінансова стабільність і в кінцевому підсумку конкурентоспроможність підприємства в значній мірі залежать від величини та динаміки витрат і системи управління ними. Саме зменшення прибутку і зниження конкуренції підприємства вимагає від нього максимально можливого зниження поточних і одноразових витрат. А вирішення цієї задачі визначає необхідність цільового підходу до управління ними. Останні комплексні дослідження ринкової сфери, і особливо маркетингові, вказують на те, що в промисловій галузі (а фактично це стосується всіх галузей народного господарства) підприємства-споживачі різного роду продукції (робіт, послуг) не бажають покупати її при зростані цін на неї (а така тенденція існує).

Тому всі підприємства стоять пеед такою проблемою як шукати різні шляхи до зниження витрат на виробництво і реалізацію продукції (рис. 1).

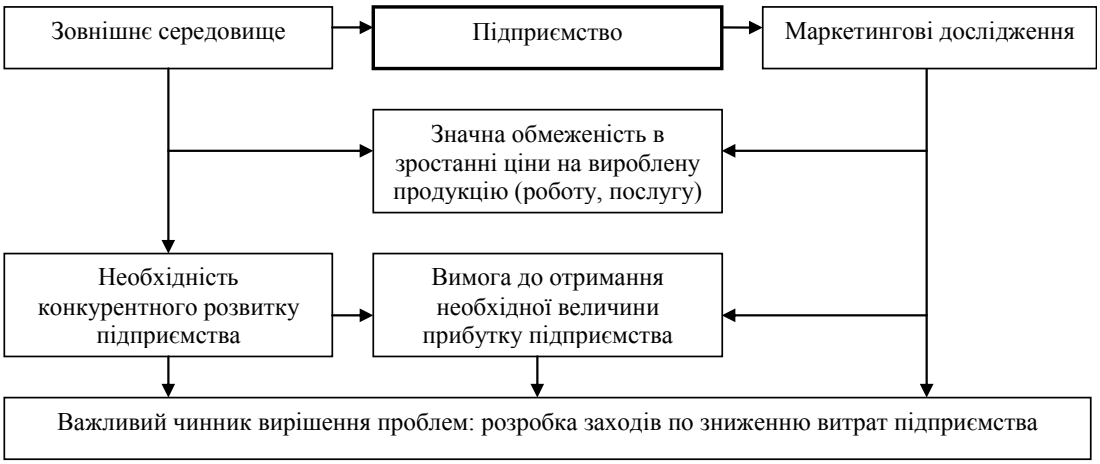

Рис. 1 Умови конкурентного розвитку підприємства

З рис. 1 видно, що проблема отримання підприємством необхідної величини прибутку полягає і в системному підході до управління витратами підприємства.

Управління витратами на підприємстві тісно пов'язано з багатьма іншими аспектами його діяльності, і повинно інтегровано входити в загальний економічний механізм.

Ефективність формування і використання поточних і одноразових витрат суттєво підвищиться, якщо на підприємстві будуть комплексно і оперативно здійснюватись заходи по удосконаленню загального і інноваційного планування розвитку сфер виробництва і обігу, цільових та системних маркетингових досліджень по залученню і реалізації інновацій на підприємстві, економічних і соціально-психологічних методів управління витратами підприємства, ціноутворення (через обґрунтування зв'язку між витратами, ціною і результатами маркетингових досліджень), фінансово-кредитних заходів щодо оптимізації залучення інноваційних ресурсів на підприємстві, стимулювання всіх процесів, пов'язаних з витратами і інноваціями (в загальній стратегії розвитку підприємства).

В основі управління витратами (через маркетингові дослідження та інноваційні заходи) повинна постійно знаходитись цільова і безумовна направленість на споживача, точніше на вимоги споживача.

Тільки в такому випадку система управління витратами підприємства призведе до бажаних економічних і соціальних результатів, і головне до конкурентоспроможного розвитку в тривалій перспективі.

Комплексне і детальне дослідження ринку, попиту і інтересів споживачів є запорукою обґрунтованих дій в інноваційній політиці підприємства, а значить і в ефективності управління витратами (оперативне, поточне і стратегічне управління).

Найбільш глобальним і діючим чинником у вирішенні даної проблеми на теперішній час є питання впровадження інновацій в діяльність підприємства. При цьому інновації повинні формуватись на принципах системності, ефективності і оперативності.

Саме ці базові принципи у єдності з іншими принципами утворять можливості до переходу підприємства на переважно інноваційний тип розвитку (рис. 2).

Рис. 2 Основні принципи переходу до формування інноваційного типу розвитку підприємства.

Інновації як важливий засіб управління витратами підприємства потрібно комплексно і глибино аналізувати з тієї позиції, щоб точкове підходити до впровадження інновацій в діяльність підприємства разом з менеджерами технічної і виробничої сфери визначають перспективні напрямки розвитку всіх структурних підрозділів підприємства.

Інновації пронизують всі сфери діяльності підприємства: технічну, організаційну, економічну, соціальну, логістичну, управлінську, інтелектуальну тощо.

Інновації потребують в переважній своїй більшості джерел фінансування і це є бар'єром до їх масового використання в діяльності підприємства.

Тому підприємства визначають під свої обмежені інвестиції найбільш значимі інновації, які внесуть кардинальні зміни в прогресивність розвитку підприємства.

На рис. 3 представлено взаємозв'язок інвестицій, інновацій і систему управління витратами на підприємстві.

Рис. 3 Взаємозв'язок інвестицій, інновацій і системи управління витратами підприємства

Система управління витратами підприємства, що подана на рис. 2 повинна бути такою, щоб врахувала вплив інновацій в короткостроковому, середньостроковому і довгостроковому періодах. Такий підхід розкриває добрі можливості по раціональному їх відтворенню в процесі

виробничо-господарської діяльності підприємства, а це дуже важлива складова формування планових і фактичних витрат.

Визначення певних видів інновацій і їх модифіковане відтворення пов'язано з таким важливим виробничо-економічним завданням як обґрунтування групи найбільш важливих конкретних об'єктів витрат. Поєднання цих об'єктів з інноваціями, на системній і економічній основі, надають найбільші стратегічні ефективні напрямки розвитку підприємства.

Висновки. Отже, формування системи управління витратами на основі інновацій є найбільш прогресивним напрямком розвитку підприємства.

Список літератури

1. **Хучек М.** Инновации на предприятиях и их внедрение. – М.: Луч, 1992. – 254 с.

2. Инновационный менеджмент. Учебн. / Под ред. **С.Д. Ильенковой**. – М.: ЮНИТИ, 1997. – 169 с.

3. **Ілляшенко С.М.** Управління інноваційним розвитком: Навч. Посібник. – Суми: Університетська книга; К.: Княгиня Ольга, 2005. – 324 с.

4. **Котлер Ф.** Основи маркетинга. – М.: Прогрес, 1990. -736 с.

5. Инновации в производстве / **А.И. Амоша, Н.А. Лобанов, Л.Н. Саломатин** и др.. – К.: Наукова думка, 1992. – 192 с.

6. Інноваційна стратегія українських реформ / **А.С. Гальчинський, В.М. Геєць т**а ін. – К.: Знання України, 2002. – 336 с.

7. **Портер М**. Міжнародна конкуренція. – М.: Международные отношения, 1993. – 896 с.

8. **Василенко В.А.** Менеджмент устойчивого развития предприятия: монография **/ В.А. Василенко**. – К.: ЦУЛ, 2004. – 644 с.

9. **Бицюра Ю.** До проблеми визначення понять сталого економічного зростання та розвитку / **Ю. Бицюра** // Економіст. – 2006. - №5. – с. 62-66.

10. **Фатхутдинов Р.А.** Инновационный менеджмент как система повышения конкурентоспособности / **Р.А. Фатхутдинов** // Управление персоналом. – 2000. - №1. – с. 29-39.

Рукопис подано до редакції 16.04.15

УДК 338.486.5

Р.О. РЕШОТКА[/], студент, Криворізький національний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛЮТНОГО КУРСУ ЯК ОДИН З ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Здійснено аналіз динаміки курсу купівлі долара США в Україні у період з 01.10.2014 по 04.03.2015. Виявлена стійка тенденція до зростання курсу в аналізованому періоді. Проведена попередня обробка статистичних даних, виявлена неможливість застосування основної найпростішої моделі наївного методу прогнозування. Проаналізовано місце моделей прогнозування валютного курсу в системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності підприємств. Зазначено, що ціна валюти певної країни визначається ринковими важелями, тобто, попитом і пропозицією, обґрунтована необхідність розробки і аналізу моделей прогнозування валютних курсів, виходячи зі взаємозв'язку валютного курсу з іншими індикаторами економічного середовища. Проведений аналіз найновіших наукових джерел з приводу виявлення останніх тенденцій в застосуванні прогнозних моделей для моделювання зовнішньоекономічної діяльності. Здійснена побудова і аналіз моделей кривих росту для прогнозування валютного курсу. Перелік побудованих у роботі моделей включає моделі на основі лінійного і логарифмічного трендів, експоненціальної кривої, а також поліномів 2-го, 3-го та 4-го порядків. Здійснена оцінка точності побудованих статистичних моделей за допомогою коефіцієнту детермінації, середнього статистичного відхилення, середнього квадрату похибок та середньої відносної похибки за модулем. Результати аналізу показують, що найбільш статистично точною моделюю для аналізу зазначених даних є модель на основі поліному четвертого порядку, що демонструє найнижчі серед аналізованих похибки та достатньо високий коефіцієнт детермінації. Окреслено напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: економічне прогнозування, курс валют, зовнішньоекономічна діяльність.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах подальшої глобалізації не втрачає своєї актуальності проблема виходу вітчизняних підприємств на зовнішні ринки. Необхідність врахування зовнішніх факторів, які впливають на діяльність підприємства в ході здійснення зовнішньоекономічної діяльності, вимагає від менеджера застосування науково-обґрунтованих методів моделювання і прогнозування, в тому числі математичних.

© Решотка Р.О., 2015

Сучасна наука пропонує широкий спектр методів прогнозування соціально-економічних процесів, використання яких є придатним для аналізу і передбачення показників зовнішньоекономічної діяльності як підприємства так і країни в цілому. Серед таких методів, більша частина з яких вже стала класичними, хоча й надалі застосовується, можна виділити експертні і формалізовані (інтуїтивні) методи, використання яких є доцільним залежно від характеру наявної для аналізу інформації. Ю. В. Сажин, А.В. Катинь і Ю.В. Сарайкін у праці [3, с.7] поділяють формалізовані методи на методи моделювання (мережне, структурне, імітаційне, економетричне і статистичне) та методи прогнозної екстраполяції. Інтуїтивні (експертні) методи вчені поділяють на індивідуальні (інтерв'ю, аналітичні записки, побудова сценаріїв) та колективні (мозковий штурм, круглий стіл, матричний та дельфійський методи).

Питанням застосування класичних формалізованих методів прогнозування валютних курсів, а також, визначенню місця і ролі прогнозування валютного курсу в моделюванні зовнішньоекономічної діяльності, присвячена дана стаття.

Аналіз досліджень і публікацій. Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Теоретичним і практичним аспектам застосування методів прогнозування в процесі моделювання зовнішньоекономічної діяльності присвячені численні праці вітчизняних та зарубіжних науковців. Серед найновіших публікацій можна назвати роботи:

«Економетричне прогнозування потоків експорту і імпорту Болгарії» Г. Стоєвського [10], що містить результати розробки прогнозів за результатами спостережень 2000-2008 рр.;

«Моделювання і прогнозування світової динаміки» В. Садовнічого та інших [11], що містить висвітлення сучасних підходів та теоретичні узагальнення з питань моделювання трендів світового розвитку, взаємодії у світовій системі та інші питання;

«Моделювання і прогнозування величини валютного курсу» І. Мічюли [7], яка містить результати дослідження впливу факторів фінансового і товарного ринку на зміну курсу валют та застосування моделі FTS для прогнозування напрямку змін валютного курсу;

«Прогнозування середньомісячного курсу купівлі USD», К. Халіцкої [6], яка містить результати визначення прогнозу середньомісячного курсу купівлі USD спираючись на загальні дослідження порівняльного аналізу якості прогнозних величин, визначених різними методами; та інші праці. Відкритими залишаються питання визначення місця і ролі моделей прогнозування валютного курсу в системі моделювання показників зовнішньоекономічної діяльності підприємств.

Методологія дослідження. Дослідження передбачає аналіз динаміки курсу купівлі долара США в Україні в період з 01.10.2014 по 04.03.2015 на основі моделей кривих росту: лінійного, логарифмічного трендів, поліномів 2-го, 3-го та 4-го порядків та експоненціальної кривої. Визначена найбільш статистично точна модель для прогнозування валютного курсу в аналізованих умовах. Охарактеризоване місце моделей прогнозування валютних курсів у системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності підприємств і країн.

Оцінка точності статистичних моделей прогнозування виконана за допомогою показників:

коефіцієнт детермінації (R^2):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{\sum (y - \bar{y})^2},$$

де y - фактичні значення спостережень; $\tilde{y}$ - змодельовані (теоретичні, розрахункові) значення.

середнє абсолютне відхилення (Mean Absolute Derivation, MAD, $\bar{\Delta}$)

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum |y - \tilde{y}|}{n},$$

де n - кількість спостережень.

середній квадрат помилок (Mean Squared Error, MSE, S^2)

$$S^2 = \frac{\sum (y - \tilde{y})^2}{n}$$

середня відносна похибка за модулем (Mean Absolute Percentage Error, MAPE, $\bar{\delta}$)

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y - \tilde{y}}{y} \right| \cdot 100\%$$

Викладення основного матеріалу. Прогнозування - це одна з найбільш значимих основ для ефективного розвитку як підприємств і галузей, так і економіки регіону або країни в цілому. Вчасно отриманий і достовірний прогноз дає можливість уникати тих або інших ситуацій, які можуть негативно вплинути на загальний стан економіки (або конкретного господарюючого суб'єкта), або пом'якшувати їх негативний вплив [3, с.4].

Одним з основних елементів прогнозування зовнішньоекономічної діяльності підприємств (наряду з міжнародною фінансовою діяльністю) можна назвати прогнозування зовнішньої торгівлі. Як зазначає Й. Солдачук в [9, с.148], прогнози показників зовнішньої торгівлі становлять важливий елемент конструкції планування торгівельної діяльності на зовнішніх ринках. Дослідник зазначає, що у сфері міжнародної торгівлі прогнози можуть стосуватися цілісних або часткових вартостей майбутнього обміну товарами або послугами (імпорт і експорт). Предметом подібних прогнозів можуть бути також величини глобального експорту або імпорту, значень експорту або імпорту по окремим групам товарів з аналізом за географічними ознаками або в динаміці. Прогнози можуть також стосуватися джерел або умов діяльності. Для прийняття раціональних рішень в міжнародній торгівлі істотного значення набуває прогнозування рівня і динаміки експортних і імпортних цін, які, загалом, можуть бути адекватно представлені в умовах врахування змінності різних чинників, в тому числі валютних курсів.

Місце прогнозування валютного курсу в системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності підприємств визначається взаємозв'язком між курсом валют та іншими економічними явищами і показниками. Так само, як і на ринку товарів та послуг, на валютному ринку в системі плаваючого валютного курсу, ціна валюти певної країни визначається ринковими важелями, тобто, попитом і пропозицією. Якщо іноземні громадяни купують більше наших товарів, ніж ми купуємо з-за кордону, ціна нашої валюти буде зростати. Ц е пов'язано з тим, що іноземець, для покупки нашого товару повинен перш за все купити нашу валюту. Це призводить до підвищення попиту на неї на міжнародному ринку і веде до її зміцнення. Якщо ж навпаки, наші громадяни будуть більше купувати за кордоном, то перш за все їм треба буде продати нашу валюту, аби отримати валюту тієї країни, в якої купують товар. Це спровокує збільшення пропозиції національної валюти і зменшення ціни на неї. Однак, на валютному ринку, окрім транзакцій, пов'язаних з купівлею або продажем товарів і послуг, є ще кілька фундаментальних факторів, які впливають на курс валют. До таких чинників належать:

темпи економічного зростання. Для розгляду впливу цього чинника на валютний курс, приймемо, що економічне зростання в даній країні є вищим, ніж в зоні євро. Тоді національна економіка, що стрімко розвивається, змушена буде збільшити обсяг імпорту через те, що існуючі в її розпорядженні ресурси не здатні будуть задовольнити потреби виробництва, обсяги якого зростають. Унаслідок цього імпорт країни перевищить її експорт. Для того, щоб мати можливість купити товари закордоном, вітчизняні контрагенти вимушені будуть продавати національну валюту для купівлі євро. Це призведе до збільшення пропозиції національної валюти, і, як наслідок, до її девальвації. Тобто, можна підсумувати, що між темпами економічного зростання даної країни та курсом її валюти є обернена залежність;

реальна процентна ставка. Припустимо, що в економіці даної країни реальна процента ставка вища, ніж в зоні євро. Тоді в даній економіці будуть вищі процентні ставки по депозитам. Як наслідок, громадяни із зони євро, в пошуках вищого доходу, будуть зацікавлені покласти гроші на депозит за кордоном. Це обумовить зростання попиту на дану валюту, і, як наслідок, зростання її курсу. Слід зауважити, що аналіз впливу факторів на валютний курс досліджується виходячи з припущення про сталість або відсутність впливу усіх інших факторів;

темп зростання цін (інфляція). Якби виявилось, що інфляція в національній економіці поза зоною євро вища, ніж в зоні євро, то товари, вироблені в даній економіці, стали б дорожчі та менш конкурентоздатні в порівнянні з товарами в зоні євро. Це обумовить зростання попиту на імпортну продукцію в даній економіці. І як уже було зазначено вище, зростання імпорту призводить до девальвації національної валюти даної країни через збільшення її пропозиції.

Як зазначає Л. Пєнтак, описані механізми впливу зростання національного доходу, темпу інфляції та реальної процентної ставки на валютний курс, стосуються короткострокового періоду дослідження. В довгостроковій перспективі до цього переліку додаються інші фактори, які обумовлюють зміни в інвестиційній привабливості країни. Однак, слід зазначити, що часа-

ми ключовою ознакою, впливаючою на валютний ринок, виступають різного роду очікування, і утворення валютного курсу може ніяким чином не залежати від вище описаних чинників. До уваги також необхідно брати спекулятивний чинник та позицію даної валюти на міжнародному фінансовому ринкові. Якщо очікується, що конкретне національне господарство має тенденції до розвитку, це часто супроводжується зміцненням курсу, тоді як в умовах існування негативних очікувань стосовно економіки конкретної країни, вона буде вважатися зоною підвищеного ризику, що буде супроводжуватись девальвацією її валюти.

Українські дослідники Здановський Я.В. та Гончарова В.А. в праці [1] визначають прогнозування валютного курсу як основний етап управління валютними ризиками. Оцінити валютний ризик - це фактично означає спрогнозувати курс валют на визначений період. Обсяги зовнішньоекономічної діяльності постійно ростуть, а світовий валютний ринок функціонує цілодобово, тому короткострокові зміни валютних курсів є наслідком щоденних коливань, обумовлені частими змінами попиту на ту чи іншу валюту, є невідворотними, що і є джерелом валютних ризиків. На думку дослідників, етап оцінки валютного ризику, тобто прогнозування курсу валют, є складним і відповідальним етапом управління валютними ризиками. Знаючи інформацію про рівень курсу валют - можна, спираючись на нього, обирати методи управління.

Отже, місце прогнозування валютного курсу в системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності можна визначити як один з ключових етапів процесу управління валютними ризиками.

Необхідність побудови валютних прогнозів визначається також тим, що доходи від продажу іноземної валюти, або доходи від експортної діяльності, що надійшли у вигляді іноземної валюти, можуть займати основну частину доходів підприємства в процесі зовнішньоекономічної діяльності. Відповідно, існує об'єктивна необхідність передбачення величини валютного курсу в процесі планування господарської діяльності та фінансових показників. На це також вказує Ю.Г. Козак в праці [4]: динаміка валютних курсів впливає на ефективність міжнародних розрахунків.

Перейдемо до розгляду прогнозних моделей, побудованих для даних курсу валют в період економічної і соціальної нестабільності в Україні. Первинні дані, взяті з сайту Приватбанку та відсортовані залежно від обраної для аналізу валюти, включають сукупність із 241 спостереження. Період аналізу - з 01.10.2014 по 04.03.2015.

Незначна тривалість періоду аналізу обумовлена тим, що статистична сукупність, яка вивчається протягом занадто тривалого періоду часу, перестає бути тією ж самою сукупністю, оскільки змінюються основні фактори, які впливають на її формування [3, с.32]. Таке твердження є цілком справедливим по відношенню до валютного курсу. Інформація щодо поточних курсів заносилась до архіву залежно від їх коливань.

У разі відносної стабільності курсу протягом дня на конкретну дату заносилось тільки одне значення курсу, а в разі наявності коливань до архіву вносились курси, що мали місце протягом дня (наприклад, 09 жовтня 2014 року до архіву внесено тільки одне значення курсу, а 25.02.2015 – шість значень станом на різний час доби: 00 год 00 хв, 09 год 52 хв, 11 год 52 хв, 11 год 47 хв, 16 год 27 хв, 21 год 17 хв).

Максимальне значення курсу покупки долара в аналізованому періоді склало 32 гривні. Мінімальне значення: 12,9 грн. Середнє значення для первинних даних: 18,91.

Оскільки, як зазначено вище, дані про величину курсу купівлі вносилось до архіву не через рівні проміжки часу, для обгрунтованості подальшого аналізу, залишимо тільки щоденні значення, що фіксувались о півночі. Отже, сформувався моментний ряд динаміки з рівно стоячими рівнями в часі. Аномальних значень в отриманій вибірці не виявлено, про що свідчать мінімальні та максимальні значення курсів для первинних даних, які, до речі, для вибірки залишилися незмінними. Абсолютний базовий приріст склав 8,1 грн, темп росту склав 162 %, темп приросту: 62 %. Такі показники свідчать про те, що курс покупки значно зріс на протязі досліджуваного періоду.

Графік досліджуваного показника показаний на рис. 1. Як показує графік, показник має тенденцію до зростання в часі, при цьому циклічності або сезонності на досліджуваному проміжку не спостерігається, що і відповідає загальним уявленням про динаміку курсу валют.

Рис. 2-7 містять графіки досліджуваного показника з побудованою кривою росту з відображенням рівняння прогнозної моделі та коефіцієнта детермінації. Проведено аналіз про-

гнозних моделей на основі кривих росту: лінійного тренду, логарифмічного тренду, поліномів 2,3 й 4-го порядків та експоненціальної кривої.

Результати оцінки точності статистичних моделей прогнозування наведено в табл. 1.

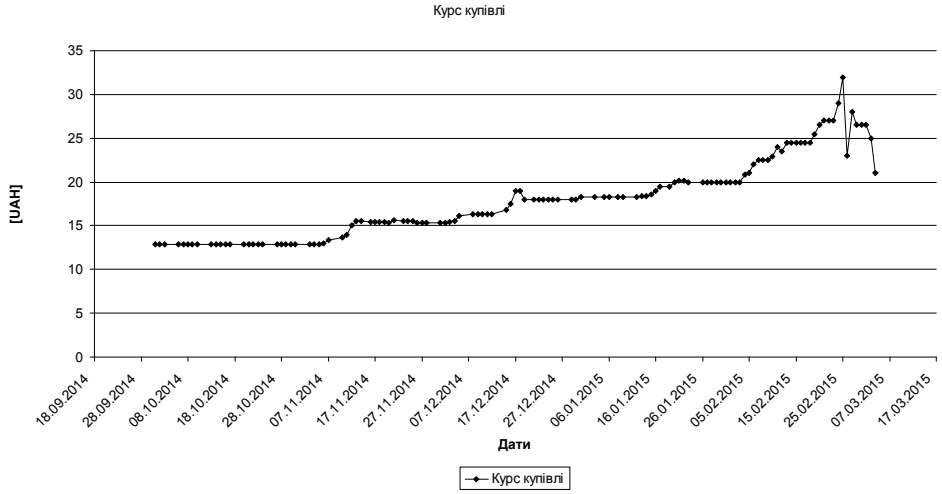

Рис. 1. Графік зміни курсу купівлі долара в період з 01.10.2014 по 04.03.2015

Емпіричний аналіз графіка, зображеного на рис. 1, дозволяє зробити припущення про наявність тенденції часового ряду. Виходячи з цього, використання основної найпростішої моделі наївного методу прогнозування є неможливим.

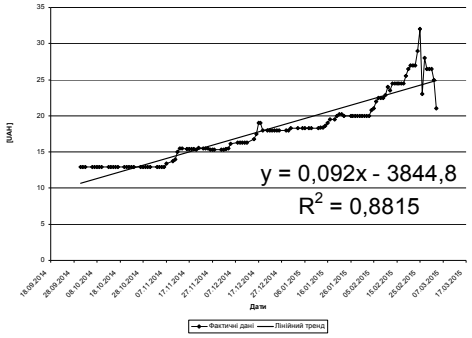

Рис. 2. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі лінійного тренду

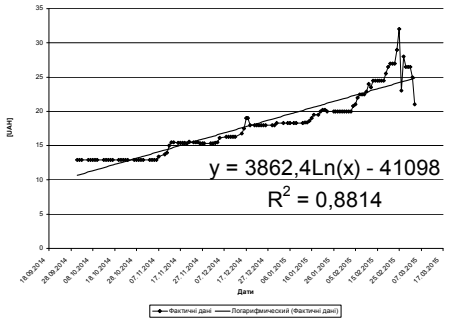

Рис. 3. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі логарифмічного тренду

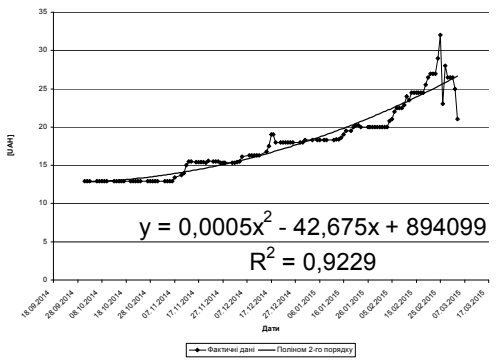

Рис. 4. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі поліному 2-го порядку

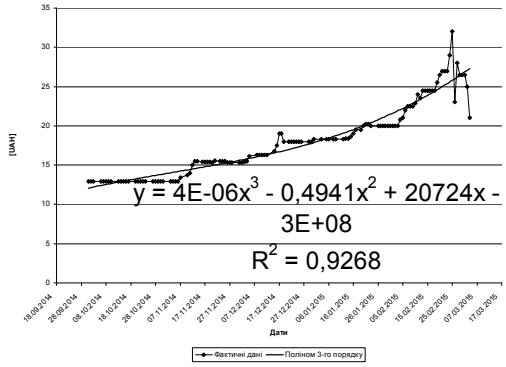

Рис. 5. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі поліному 3-го порядку

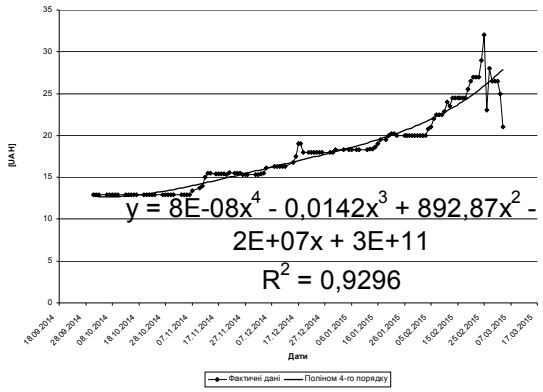

Рис. 6. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі поліному 4-го порядку

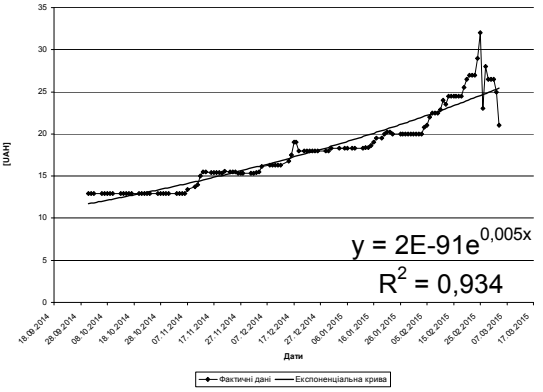

Рис. 7. Графік і рівняння прогнозної моделі на основі експоненціальної кривої

Як видно з результатів побудови графіків, аналізовані моделі мають коефіцієнти детермінації в межах від 0,8814 до 0,9340, що свідчить про достатньо високу точність побудованих моделей і, в загальному випадку, може служити підставою для висновку про можливість прогнозування курсів валют за допомогою запропонованих кривих росту.

Наведені значення коефіцієнтів детермінації можна характеризувати як високі або достатньо високі. Однак, для більш обгрунтованих висновків необхідно проаналізувати статистичну точність моделей за допомогою MAD, MSE та MAPE.

Результати розрахунків містяться в табл. 1.

Таблиця 1

Результати оцінки точності статистичних моделей прогнозування курсу валют

Назва моделі	R2	MAD	MSE	MAPE
Лінійний тренд	0,8815	1,307	2,661	7,063
Логарифмічний тренд	0,8814	1,202	2,441	6,410
Поліном 2-го порядку	0,9229	0,821	1,568	4,187
Поліном 3-го порядку	0,9268	0,780	1,483	4,134
Поліном 4-го порядку	0,9296	0,711	1,426	3,606
Експоненціальна крива	0,9340	0,928	1,830	4,763

Як показують результати оцінки придатності моделей в табл. 1, найбільш точною статистичною моделлю, придатною для аналізу і прогнозування валютних курсів, є модель, заснована на поліномові четвертого порядку. Серед аналізованих кривих росту, поліном четвертого порядку має найменші значення MAD, MSE та MAPE і достатньо високе значення коефіцієнта детермінації. Дещо нижчий показник коефіцієнта детермінації має поліном третього порядку. Однак, значення середньої відносної похибки за модулем середня відносна похибка за модулем (Mean Absolute Percentage Error, MAPE, $\bar{\delta}$) для полінома третього порядку є вищим від аналогічного показника для полінома четвертого порядку на 0,528. Це свідчить про вищу міру апроксимації в умовах застосування полінома четвертого порядку. Найгіршою серед аналізованих моделей є функція на основі лінійного тренду.

Вона має найвищі величини похибок, а значення коефіцієнта детермінації незначною мірою відрізняється від аналогічного значення для логарифмічного тренду. Емпіричний аналіз графіків показує, що протягом останніх спостережень, показник почав поводитися більш варіативно, що тягне за собою додаткові труднощі в його прогнозуванні. Однак, застосування технологій адаптації моделі та виважених рівнів значущості при побудові довірчих інтервалів дозволить вирішити цю проблему.

Висновки. Отже, в процесі дослідження були проаналізовані роль та місце прогнозування валютного курсу в системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності шляхом вивчення взаємозв'язку валютного курсу з іншими економічними явищами і процесами.

Побудова прогнозних моделей на основі кривих росту показала, що для дослідження динаміки курсу купівлі долара в Україні у період з 01.10.2014 по 04.03.2015 найбільш придатною є модель, заснована на поліномові четвертого порядку.

Вона має найнижчий показник MAD та сприятливі величини інших показників точності прогнозних моделей.

Перспективи подальших досліджень можуть бути пов'язані з:

побудовою прогнозів новітніми методами прогнозування та їх порівняння з результатами класичних методів прогнозування на основі відповідних критеріїв, в тому числі й тих, що запропоновані в даній статті;

побудовою прогнозної моделі валютного курсу на основі багатофакторної регресійної моделі виходячи з впливу факторів, проаналізованих у статті.

Список літератури

1. **Здановский Я.В.** Прогнозирование курса доллара США на основе теории нечеткой логики как основной этап управления валютными рисками / **Я.В. Здановский, В.А. Гончарова** // Бізнесінформ. – 2011. – №7(1). – С. 16-20.

2. Зовнішньоекономічна діяльність підприємств: Навчальний посібник / [**Козак Ю.Г., Логвінова Н.С.** та ін.]; за ред. **Ю.Г. Козака, Н.С. Логвінової, М.А. Зайця**. – 4-тє вид., перероб. та доп. – К.: Освіта України, 2012. – 272 с.

3. Сажин Ю.В. Анализ временных рядов и прогнозирование: учебник / **Ю.В. Сажин, А.В. Катынь, Ю.В. Сарайкин**. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2013. – 192 с.

4. **Козак Ю.Г.** Міжнародна торгівля: [підручник] / **Ю.Г. Козак, Н.С. Логвінова, М.І. Барановська**. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – с. 6.

5. Офіційний сайт Приватбанку: [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://privatbank.ua/

6. **Halicka K., Godlewska J.** (2013), Prognozowanie średniego miesięcznego kursu kupna USD, Economics and management. Nr 1. - s. 19 - 29.

7. **Miciula I. M**odelowanie i prognozowanie wielkości kursu walutowego, Studia i prace wydziału nauk ekonomicznych i zarządzania. Nr 31. s. 249 - 262.

8. **Piętak Ł.** Wybrane problemy makroekonomii. Wydawnictwo Akademii Polonijnej w Częstochowie, 2009. - 204 s.

9. **Sołdaczuk J.** (1985) Ekonomika handlu zagranicznego, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne. – 372 p.

10. **Stoevsky G**. (2009) Econometric forecasting of Bulgaria`s export and import flows, Sofia: BNB. – 37 p.

11. **V.A. Sadovnichiy, A.A. Akayev, A.V. Korotayev, S.Yu. Malkov.** Modelling and Forecasting World Dynamics / Scientific Council for "Economics and Sociology of Knowledge" Fundamental Research Programme of the Presidium of the RAS. M., RAS ISPR, 2012.

Рукопис подано до редакції 16.04.15

УДК 338.32: 622.34

О.А. ТЕМЧЕНКО, д-р техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ГРУПИ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ КРИВБАСУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ВІТЧИЗНЯНОЇ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Розглянуто особливості формування виробничої потужності гірничозбагачувальних комбінатів виробництва з урахуванням обсягів видобутку руди у кар'єрі на конкретному родовищі корисних копалин та можливостей переробки відповідних обсягів залізорудної сировини на збагачувальних фабриках, а також визначенні гірничотехнічні та економічні фактори, що впливають на ефективність гірничозбагачувального виробництва. Встановлено, що виробнича потужність залежить від типу, кількості й складу устаткування, прийнятого режиму роботи підприємства, продуктивності устаткування та трудомісткості продукції. Визначені варіанти виробничої потужності підприємства, які передбачають: збереження існуючої потужності (обсяг випуску продукції, її якість, технічна оснащеність підприємства); підвищення обсягу випуску товарної продукції при незмінній якості; поліпшення якості продукції при незмінному її об'ємі; зменшення обсягу випуску продукції при одночасному поліпшенні її якості або покращення економічних показників; збереження обсягу випуску продукції та її якості при одночасному покращенні економічних показників за рахунок технічного переозброєння технологічного процесу.

Обгрунтована послідовність розрахунків та необхідність визначення раціональної виробничої потужності гірничозбагачувальних підприємств з позиції підвищення конкурентоспроможності вітчизняної залізорудної продукції. Запропонована економіко-математична модель оптимізації виробничої потужності підприємств, яка на основі фактичних даних формує систему обмежень і цільову функцію та дозволяє вирішити поставлену задачу методом лінійного програмування із застосуванням симплексного методу. Наведено результати експериментальної апробації запропонованої моделі з використанням фактичних показників виробничо-господарської діяльності групи гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу, а також розрахунки можливої їх прибутковості за окремими варіантами при видобутку і переробці залізної руди.

Ключові слова: гірничо-збагачувальні підприємства, виробнича потужність, економіко-математична модель, критерії оптимальності, прибуток.

© Темченко О.А., 2015

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах ринкової економіки головним критерієм оцінки діяльності промислових підприємств є прибуток, що одержується в процесі реалізації товарної продукції. Якщо гірничо-збагачувальний комбінат (ГЗК) має різні виробничі потужності по двом видам товарній продукції (концентрат, а також агломерат або обкотиші), застосовують різні обсяги паливно-енергетичних ресурсів й відповідно пропонують неоднакові ціни реалізації на внутрішньому і зовнішньому ринку залізорудної сировини, то виробничі можливості комбінату можуть бути оптимізовані шляхом їх перерозподілу для одержання максимального прибутку, насамперед, за рахунок зниження загальних витрат, у тому числі енергоємності виробництва. Необхідність забезпечення успішного функціонування вітчизняного ГЗК, особливо у період складної економічної ситуації в нашій країні, потребує від його керівництва особливої концентрації зусиль на «виживанні» в непростих ринкових умовах. Це, в свою чергу, вимагає посилення уваги до планування виробничої діяльності підприємства на майбутній період та виваженого підходу до формування виробничої програми і вибору ключових ринкових пріоритетів.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми оптимізації виробничої програми промислового підприємства розглядали у своїх працях такі вітчизняні та зарубіжні науковці як С.А. Гужов [1], А.Ф. Гукалюк [2], Ю.А. Єгупов [3], Д.Є. Іщук [5], В.В. Куперман [6], М.В. Макеенко [7], І.В. Довгаль [8] та інші. Варто зауважити, що переважна більшість науковців при дослідженні процесу формування виробничої програми зупиняється на проблемах оцінки ринкового попиту на продукцію конкретного підприємства і ресурсного обґрунтування його планів виробництва, недостатню увагу приділяючи питанням оптимізації виробничої програми з метою підвищення ефективності діяльності підприємства.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення напрямів забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних гірничозбагачувальних підприємств шляхом оптимізації їх виробничої потужності.

Викладення матеріалу та результати. В результаті проведеного аналізу літературних джерел та техніко-економічних результатів діяльності ГЗК Кривбасу за останні роки було виявлено, що основними проблемами зниження ефективності їх діяльності є: зменшення обсягів реалізації товарної продукції, збільшення її собівартості внаслідок значної енерговитратності виробництва при зниженні вмісту корисного компонента у вихідній сировині та істотному зниженні гірничих робіт і наближенні до проектних відміток глибини кар'єрів, ускладненні гірничо-геологічних умов розробки й істотного збільшення експлуатаційних витрат на видобуток і переробку корисних копалин, а також недосконаліть розробки цінової і фінансової політики підприємства і системи планування їх виробничої програми без адекватного врахування кон'юнктурних змін на ринках залізорудної сировини.

Розрахунки виробничої потужності виконуються з урахуванням багатьох факторів, що безпосередньо впливають на ефективність гірничого виробництва. Гірничозбагачувальні підприємства як правило, мають обмежені обсяги на конкретному родовищі корисних копалин, тому при визначенні їх виробничої потужності, насамперед, встановлюють виробничу потужність кар'єру чи шахти за можливим видобутком руди. Фактори, що обмежують виробничу потужність кар'єра по руді, розділяють на гірничотехнічні й економічні. До гірничотехнічних факторів належать: пропускна спроможність транспортних комунікацій, інтенсивність розвитку гірничих робіт та кількість видобувних екскаваторів. Економічні фактори включають: абсолютні та питомі капітальні витрати на будівництво кар'єра; собівартість та ціна товарної продукції; розмір плати за надра та земельні ділянки, які займає підприємство; співвідношення між обсягами видобутку руди й розкривних порід тощо.

Виробнича потужність гірничо-збагачувального підприємства в цілому залежить від можливих обсягів видобутку руди у кар'єрі та можливості збагачувальної фабрики (ЗФ) переробити ці обсяги руди з метою отримання концентрату. Оптимальне значення виробничої потужності також залежить від типу, кількості й складу устаткування, прийнятого режиму роботи підприємства, продуктивності устаткування та трудомісткості продукції.

Варіанти виробничої потужності підприємства, розроблені на базі оптимізації структури гірничозбагачувального виробництва, можуть передбачати збереження існуючої потужності (обсяг випуску продукції, її якість, технічна оснащеність підприємства); підвищення обсягу випуску товарної продукції при незмінній якості; поліпшення якості продукції при незмінному

об'ємі; зменшення обсягу випуску продукції при одночасному поліпшенні її якості або покращення економічних показників; збереження обсягу випуску продукції та її якості при одночасному покращенні економічних показників за рахунок технічного переозброєння структурних підрозділів виробничого процесу тощо. За умов посилення конкуренції на ринку продукції гірничозбагачувальних підприємств задача обґрунтування раціональної виробничої потужності зводиться до пошуку такого варіанту випуску товарної продукції на обладнанні, яке є в наявності, щоб її обсяг (при відповідних якісних і кількісних характеристиках) був би максимальним (або забезпечив отримання максимального прибутку від реалізації продукції) з урахуванням задоволення попиту на певну залізовмістку продукцію.

Чотири гірничо-збагачувальних ГЗК Кривбасу (ПАТ «ІнГЗК», ПАТ «ПівдГЗК», ПАТ «ЦГЗК», ПАТ «ПівнГЗК») випускають три види товарної продукції: концентрат випускають усі ГЗК, агломерат - ПівдГЗК, обкотиші - ЦГЗК і ПівнГЗК. Комбінати мають різні виробничі можливості по товарній продукції, енергетичні, матеріальні і фінансові витрати на її випуск і тому, виходячи з корпоративних інтересів власників, виробничі потужності комбінатів можуть бути оптимізовані шляхом їх перерозподілу для забезпечення конкурентних переваг вітчизняної залізорудної продукції та підвищення ефективності гірничого виробництва у цілому [9,10]. Раніше проведені наукові дослідження щодо обґрунтування необхідних обсягів виробництва залізовміскої продукції на окремому ГЗК, у тому числі концентрату, відповідно до потреб та вимог металургійних підприємств України підтверджують необхідність оптимізації їх виробничих потужностей. Враховуючи, що витрати на гривню товарної продукції мають меншу амплітуду коливань, ніж прибуток, необхідно приймати в якості оцінки виробничих потужностей комбінатів інтегральний показник ефективності гірничо-збагачувальних підприємств окремого регіону, для розрахунку якого запропонована наступна економіко-математична модель

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{3} A_{ij} * E_{ТП_{ij}}}{\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{3} A_{ij} * Ц_{ТП_{ij}}} \to \min \tag{1}$$

де *i*- індекс комбінату; *j*- індекс товарної продукції; *А*- річна продуктивність комбінату по товарній продукції, т; $E_{тп}$ - інтегральний показник ефективності виробництва товарної продукції, що включає експлуатаційні (матеріальні, енергетичні, фінансові) витрати, грн/т; $Ц_{тп}$- ціна товарної продукції, грн/т. При наступних обмеженнях:

по об'єму використання j-того виду товарної продукції

$$A_{ij} - \sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{3} A_{ij} = 0 \tag{2}$$

на максимально припустимий обсяг виробництва *j*-го виду продукції на і-му комбінаті

$$(\mathrm{A_{ij}}^{\max})\ \ A_{ij} - A_{ij}^{\max} \le 0 \tag{3}$$

на мінімально припустимий об'єм виробництва *j*-го виду продукції на *i*-му комбінаті

$$(\mathrm{A_{ij}}^{\min})\ \ A_{ij}^{\min} - A_{ij} \le 0 \tag{4}$$

Сумарна цінність продукції, що виробляється на комбінаті протягом року можна представити у загальному вигляді

$$Ц_p = A_{КТ} * Ц_{КТ} + A_a * Ц_a + A_o * Ц_o, грн. \tag{5}$$

де $А_{кт}$, $А_а$, $А_о$ - річна продуктивність комбінату по товарному концентрату, агломерату або обкотишам, т; $Ц_{кт}$, $Ц_а$, $Ц_о$- ціна 1 т відповідно концентрату, агломерату та обкотишів, грн.

Первинною сировиною для отримання усіх видів залізовміскої продукції, є залізна руда, загальні річні витрати якої складають

$$A_p = \frac{(A_{КТ} + A_К)}{\gamma_К}, m \tag{6}$$

де $А_к$- кількість концентрату, що необхідна для виробництва агломерату (або обкотишів), т [11]; $\gamma_к$ - вихід концентрату із 1 т сирої руди, відн. одиниці.

Собівартість концентрату складається з собівартості видобутку руди, що витрачається на його виробництво, і безпосередніх витрат на технологічні процеси збагачення залізорудної сировини. Собівартість агломерату або обкотишів включає собівартість концентрату, що вироб-

ляється, і витрати на технологічні процеси виробництва агломерату і обкотишів відповідно. Враховуючи наведене, критерій оцінки можна записати в наступному вигляді

$$E_{pi} = \frac{\mathrm{A_{pi}} \cdot \left(C_{pi} + C_{ki} + C_{ai} + C_{oi}\right)}{\left(A_{ki} - \frac{A_{ai}}{\gamma_{ai}} - \frac{A_{oi}}{\gamma_{oi}}\right) \cdot Ц_{ki} + \frac{A_{ai}}{\gamma_{ai}} \cdot Ц_{ai} + \frac{A_{oi}}{\gamma_{oi}} \cdot Ц_{oi}} \to \min \qquad (7)$$

де $C_р$- собівартість видобутку залізної руди, грн./т; $C_к$- собівартість виробництва концентрату без урахування витрат на видобуток руди, грн./т; $C_а$,$C_о$- собівартість виробництва агломерату або обкотишів без урахування витрат на виробництво концентрату, грн./т; $\gamma_а$,$\gamma_о$- вихід відповідно агломерату або обкотишів із 1 т концентрату, відн. одиниці.

Згідно раніше затверджених проектів ГЗК Кривбасу мають виробничі потужності (млн т): ІнГЗК- по концентрату 14; ПівдГЗК - по концентрату 17,5 та агломерату 5,2; ЦГЗК- по концентрату 4,6 та по обкотишах 3,6; ПівнГЗКа - по концентату 12,5 та по обкотишах 7,9.

Однак, фактичні виробничі потужності по виробництву товарної продукції можуть змінюватися в результаті проведених реконструкцій і модернізації, залежно від нагальних потреб з урахуванням ринкової коньюнктури.

Зміни виробничої потужності, по певному виду продукції, пропонується визначати за допомогою коефіцієнта K_j

$$K_j = \frac{A_{нj}}{A_{фj}}, \qquad (8)$$

де $A_{нj}$- номінальна виробнича потужність комбінату по *j*-му виду продукції, т; $A_{фj}$- фактична виробнича потужність комбінату по *j*-му виду продукції, т.

При цьому під номінальною потужністю ми розуміємо виробничу потужність комбінату, на яку він розрахований і побудований з урахуванням стану виробничої бази за період, що розглядається.

Запропонована економіко-математична модель формально описує завдання розподілу річних об'ємів виробництва залізорудної продукції між ГЗК Кривбасу і відноситься до класу задач нелінійного програмування.

Враховуючи специфіку цієї задачі, з метою її спрощення, застосовуємо дискретні значення виробничих потужностей по товарній продукції з кроком в 1 тис. т, починаючи з мінімальних обсягів.

Для розрахунків використовуємо узагальнені показники, отримані за результатами обробки статистичних даних по роботі ГЗК Кривбасу за період 2002-2012 рр. (табл. 1).

Таблиця 1

Основні (усереднені) показники роботи ГЗК Кривбасу за 2002-початок 2012 рр.

Показники	Коефіцієнти зміни продуктивності								Собівартість , грн./т				Ціна 1 т, грн.			Вихід із 1 т руди, відн. одиниці		
	$К_р$		$К_к$		$К_а$		$К_о$		$С_р$	$С_к$	$С_а$	$С_о$	$Ц_к$	$Ц_а$	$Ц_о$	$\gamma_к$	$\gamma_{ка}$	$\gamma_{ко}$
	min	max	min	max	min	max	min	max										
ПАТ «ІнГЗК»	1.1	1.9	1	1.6	-	-	-	-	17.92	309.82	-	-	976.5	-	-	0.42	-	-
ПАТ «ПівдГЗК»	1	2.4	1	3.2	1.04	1.9	-	-	20.03	282.13	320	-	700.09	715.6	-	0.45	1.075	-
ПАТ «ЦГЗК»	1.1	3.7	1.1	1.6	-	-	1.2	2.3	34.19	354.87	-	542.7	876.13	-	739.2	0.36	-	0.947
ПАТ «ПівнГЗК»	1.1	4.1	1.1	3.6	-	-	1.3	2.9	24.95	291.02	-	353.7	1012.7	-	851.7	0.45	-	0.932

Примітка: $К_р$, $К_к$, $К_а$, $К_о$- коефіцієнти зміни продуктивності відповідно по руді, концентрату, агломерату, обкотишам (орієнтовні розрахунки за останні 10 років).

Для виконання розрахунків складено алгоритм вирішення поставленої задачі за допомогою ЕОМ, з використанням стандартної програми із застосуванням симплекс-методу вибору варіантів. При цьому варіанти формуються відповідно до потреб в продукції, та обмежень (2- 4) передбачених в моделі.

Отримані значення інтегрального показника – ефективності виробництва залізорудної продукції у регіоні порівнюють з попереднім значенням.

Якщо нове значення менше попереднього, то його виключають із подальшого розгляду, а новому значенню надається індекс min і воно заноситься в пам'ять електронно–обчислюваної машини.

Після розгляду всіх можливих варіантів плана для візуалізації на друк виводиться кращий, враховуючи, що ГЗК Кривбасу мають неоднакові виробничі можливості по товарній продукції з відповідними якісними та кількісними характеристиками (табл. 2), різні енергетичні та фінансові витрати і, відповідно, ціни реалізації.

Таблиця 2

Проектне та фактичне виробництво залізорудної сировини на ГЗК Кривбасу за 2011 рік

Підприємство	Залізорудна сировина			Концентрат товарний			Агломерат			Обкотиші		
	проект, млн т	факт, млн т	коеф. зміни виробничої потужності	проект, млн т	факт, млн т	коеф. зміни виробничої потужності	проект, млн т	факт, млн т	коеф. змі-ни виробничої потужності	проект, млн т	факт, млн т	коеф. зміни виробничої потужності
ПАТ «ІнГЗК»	36,0	36,5	0,986	14,0	15,1	0,927	-	-	-	-	-	-
ПАТ «ПівдГЗК»	35,0	25,36	1,38	14,0	10,144	1,38	5,0	1,8	2,78	-	-	-
ПАТ «ЦГЗК»	16,0	15,46	1,035	6,39	6,184	1,033	-	-	-	4,5	2,313	1,95
ПАТ «ПівнГЗК»	36,4	36,06	1,01	14,558	14,424	1,01	-	-	-	9,6	10,331	0,93

Отже, виходячи з корпоративних інтересів власників гірничорудних підприємств, виробничі потужності можуть бути оптимізовані шляхом їх перерозподілу (табл. 3) для одержання максимального прибутку.

Таблиця 3

Оптимізація виробничих потужностей ГЗК Кривбасу по товарній залізовмісткій продукції

Гірничозбагачувальне дприємство	Залізорудна сировина, млн т	Концентрат товарний, млн т	Агломерат, млн т	Обкотиші, млн т	Сумарна цінність продукції, млн грн.
ПАТ «ІнГЗК»	37,35	15,12	-	-	14762,73
ПАТ «ПівдГЗК»	31,50	14,18	4,19	-	12919,26
ПАТ «ЦГЗК»	14,40	5,75	-	4,28	8199,98
ПАТ «ПівнГЗК»	36,40	16,38	-	9,27	24483,59

Висновки та напрямок подальших досліджень. Використання результатів розрахунків раціонального розподілу обсягів виробництва товарної продукції між ГЗК Кривбасу дозволить прогнозувати формування конкурентних позицій за інтегральними показниками ефективності роботи з метою забезпечення їх конкурентоспроможності на ринку ЗРС і отримати потенційний економічний ефект у розмірі 6696,85 млн грн. (з урахуванням збереження тенденцій цінової та інфляційної політики в економіці держави за останні п’ять років), який розрахований за вищенаведеними формулами на підставі порівняння показників за оптимальним і фактичними варіантами.

Виходячи з корпоративних інтересів власників по підвищенню конкурентоспроможності гірничорудних підприємств з відкритою розробкою родовищ глибокими кар’єрами, обсяги ви-

робництва товарної продукції можуть бути оптимізовані шляхом їх перерозподілу між ГЗК Кривбасу.

Це дозволить в найближчій перспективі посилити конкурентні переваги вітчизняних підприємств на ринку ЗРС за складних фінансово-економічних умов, а також вчасно коригувати цінову політику на окремому вітчизняному гірничозбагачувальному підприємству регіону внаслідок адекватного врахування ринкової кон'юнктури, що надасть можливість підвищити ефективність гірничозбагачувального виробництва у цілому в Україні.

Список літератури

1. **Гужов С.А.** Формирование производственной программы дорожной организации в условиях риска и неопределенности ее реализации : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. экон. наук : спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством : экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (транспорт)» / **С. А. Гужов.** – М., 2010. – 20 с.

2. **Гукалюк А.Ф.** Моделювання процесу розробки оптимальної виробничої програми / **А.Ф. Гукалюк, О.С. Сенишин** // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 9. – С. 204-211.

3. **Єгупов Ю.А.** Планування виробничої потужності в контексті ресурсного обгрунування виробничої програми підприємства / **Ю. А. Єгупов.** // Економіст. – 2011. – № 11. – С. 49-52.

4. **Ермолаева Л.В.** Формирование производственной программы при мелкосерийном производстве / **Л.В. Ермолаева** // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 11 – С. 122-123.

5. **Іщук С.О.** Методи визначення оптимальних виробничих програм за фінансовими критеріями розвитку підприємства [Електронний ресурс] / **С.О. Іщук**– Режим доступу: - http://www.ief.org.ua/Arjiv EP/Ishchuk406.pdf

6. **Куперман В.В.** Модель оптимізації виробничої програми підприємства / **В.В. Куперман** // Сучасні технології управління підприємством та можливості використання інформаційних систем : стан, проблеми, перспективи: матеріали шостої міжнар. наук.-практ. конф., 27-28 берез. 2011 р. – Одеса, 2011. – С. 250-253.

7. **Макеенко М.В.** Формирование производственной программы промышленного предприятия на основе использования оптимизационного подхода : автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. экон. наук: спец. 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством : экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами (промышленность)» / **М.В. Макеенко.** – Санкт-Петербург, 2012. – 20 с.

8. **Довгаль І.В.** Деякі аспекти оцінювання виробничо-технологічного потенціалу гірничодобувної галузі. / **І.В. Довгаль, М.М. Скринько** // Економіка: проблеми теорії та практики. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2003. – Вип. 185: в 4-х т. – том IV. – С. 835-846.

9. **Максимов С.В.** Формування виробничої програми гірничорудних підприємств з врахуванням її ресурсного забезпечення / **Максимов С.В., Темченко О.А., Максимова О.С**. // Вісник КТУ. – 2005. – № 7. – С. 255-260.

10. **Темченко О.А.** Моделювання виробничої потужності гірничого підприємства / **О.А. Темченко** // Вісті Донецького гірничого інституту. 2007. – № 2. – С. 202-206.

11. **Федоровский Н.В.** Агломерация железных руд: Справочник./ **Н.В. Федоровский, Д.И. Шанидзе** //К.: Тэхника, 1991.- 141 с.

Рукопис подано до редакції 16.04.15

УДК 658.15

С.Г. ЛЫСЕВИЧ, канд. эконом. наук, старший преподаватель
Криворожский национальный университет

ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ МЕХАНИЗМ ПРЕДПРИЯТИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ЕГО ФУНКЦИЙ И ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

В статье рассматривается хозяйственный механизм предприятия с точки зрения его функций и влияющих факторов. Дана характеристика предложенным функциям, включающих разработку и выполнение стратегии предприятия; формирование и развитие контролинга; использование действующих экономических законов; всестороннее развитие человека; стимулирование научно-технического прогресса; разрешение социально-экономических противоречий; реализация отношений собственности и рациональное использование ресурсов. Классификацию факторов проведено за направлением их действия: внешние и внутренние. К внешним факторам, не зависящим от действия предприятия относятся: состояние законодательной базы в стране и ее изменения; политическая ситуация в стране; методы государственного влияния на деятельность субъектов хозяйствования; развитие научно-технического прогресса; состояние рыночной конъюнктуры. К внутренним факторам, зависящим от действия предприятия, относятся: уровень менеджмента; уровень развития производительных сил и производственных отношений; противоречия между производительными силами и производственными отношениями; социальное и экологическое состояние предприятия; конкурентоспособность продукции. Предложено классифицировать влияющие факторы на хозяйственный

© Лысевич С.Г., 2015

механизм предприятия за такими признаками: за уровнем влияния; за временем действия; за уровнем охватывания; за характером вовлечения ресурсов; за характером действия. Предложенная классификация функций хозяйственного механизма предприятия и факторов, влияющих на него, позволяет более глубоко понять роль и значение хозяйственного механизма в современных условиях хозяйствования. Это будет способствовать формированию эффективного хозяйственного механизма на уровне предприятия.

Ключевые слова: хозяйственный механизм предприятия; функции хозяйственного механизма; факторы, влияющие на хозяйственный механизм.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Эффективный хозяйственный механизм, как экономической системы, так и отдельного субъекта хозяйствования позволяет оперативно решать проблемы общества в экономической сфере. Поэтому хозяйственный механизм и занимает одно из важнейших мест в экономической теории.

Большинство ученых уделяют внимание исследованию хозяйственного механизма на уровне всего народного хозяйства.

В тоже время, на уровне предприятия хозяйственный механизм исследован недостаточно, хотя именно здесь происходит изготовление и реализация продукции и услуг, что вызывает необходимость проведения дальнейших работ в данном направлении. Такими исследованиями являются изучение функций хозяйственного механизма предприятия в совокупности с факторами, воздействующими на его формирование.

Анализ исследований и публикаций. Сущность хозяйственного механизма предприятия проявляется в его функциях. Рассмотрим точки зрения ученых по этому вопросу. Так, ученые в работах [1, с. 270; 2] рассматривают функции хозяйственного механизма в следующем изложении: использование действующих экономических законов; разрешение социально-экономических противоречий; реализация отношений собственности; всестороннее развитие человека; согласование экономических интересов всех членов общества. Группа этих ученых на первое место среди функций хозяйственного механизма ставит использование действующих экономических законов.

В отличие от них, другие ученые функции хозяйственного механизма излагают таким образом: реализация господствующего типа собственности; соединение и взаимодействие производительных сил и производственных отношений; согласование экономических интересов; разрешение противоречий; использование экономических законов [3,с.359-360].

Как следует из этого, в данном случае на первое место ставится функция реализации господствующего типа собственности, функцию же использование экономических законов представлено на последнем месте, что свидетельствует о разных подходах ученых и различных их точек зрения.

Кроме того, в работах [2; 4,с.575;] называются и такие функции хозяйственного механизма, как стимулирование научно-технического прогресса, рациональное использование ресурсов.

Различные точки зрения ученых и в вопросе формирования факторов, влияющих на хозяйственный механизм. Так, в работе [1, с.269] выделяются такие факторы, как: производительные силы, технико-экономические, организационно-экономические и производственные отношения (отношения собственности). А.А. Чухно к факторам, влияющим на формирование хозяйственного механизма, относит: производственные отношения; научную обоснованность экономической политики государства; уровень профессиональной подготовки кадров; умение использовать достижение науки и техники; усовершенствование организации производства и труда; повышение их эффективности [5, с.62].

В монографии института экономики АН УССР выделяются следующие факторы: учет противоречий между производительными силами и производственными отношениями, а также интересов экономических субъектов хозяйствования [6, с.212].

Результаты этих исследований позволяют сделать вывод, что ни функции хозяйственного механизма предприятия, ни факторы, влияющие на его формирование, не оформлены в единую систему, что не позволяет объективно оценивать хозяйственный механизм на уровне предприятия.

Изложение материала и результаты. Исходим из того, что хозяйственный механизм предприятия представляет собой совокупность форм, методов и рычагов влияния на деятельность всех его структурных подразделений и работающего персонала для достижения определенных результатов (целей) [7, с.94-95].

Поскольку результаты (цели) предприятия сформированы в его стратегии, и именно от стратегии предприятия на 70 % зависит успешная финансово-хозяйственная деятельность [8, с.408], поэтому считается важнейшей функцией хозяйственного механизма предприятия – направление всей деятельности субъектов хозяйствования, всех составляющих хозяйственного механизма (экономического, административного, нормативно-правового и социально-психологического механизмов) [7] на разработку реальной стратегии предприятия и достижение целей, предусмотренных в стратегии.

При этом следует учитывать, что наибольшее значение среди составляющих хозяйственного механизма предприятия имеет экономический механизм, представляющий собой совокупность экономических методов и форм воздействия на интересы работающего персонала.

С учетом этого и анализа работ ученых, рассмотренных выше, функции хозяйственного механизма предприятия предлагается в виде, представленном в табл. 1.

Таблица 1

Система функций хозяйственного механизма предприятия

Функции
1. Обеспечение разработки реальной стратегии предприятия и ее корректировка в процессе выполнения
2. Обеспечение выполнения стратегии предприятия
3. Формирование и развитие контролинга на предприятии, и в-первую очередь, финансового контролинга
4. Использование действующих экономических законов
5. Всестороннее развитие человека
6. Стимулирование научно-технического прогресса
7. Разрешение социально-экономических противоречий
8. Реализация отношений собственности
9. Рациональное использование ресурсов

Рассмотрим сформированную систему функций хозяйственного механизма предприятия.

1. Функция обеспечение разработки реальной стратегии предприятия и ее корректировка в процессе выполнения является определяющей, ибо, как было отмечено выше, от этого, в основном, зависит результат деятельности предприятия.

В процессе ее реализации она нуждается в оперативной корректировке с учётом складывающихся обстоятельств.

2. Функция обеспечение выполнения стратегии предприятия проявляется в достижении поставленных целей, которые могут быть представлены в денежном или количественном выражении: величина прибыли, объем реализации продукции, качество продукции, регионы реализации и др.

Результат выполнения стратегии отражается в финансовых показателях. Как свидетельствуют статистические данные, за период январь-сентябрь 2014 г. 44,2 % больших и средних предприятий Украины работали убыточно [9].

Одна из главных причин такой ситуации – отсутствие эффективного хозяйственного механизма в субъектов хозяйствования, что не позволяет разрабатывать реальные стратегии и обеспечивать их выполнение.

3. Функция формирование и развитие контролинга на предприятии, и в-первую очередь, финансового контролинга характеризует важнейшую задачу хозяйственного механизма в повышении эффективности управления предприятием.

Финансовый контролинг позволяет улучшить использование финансовых ресурсов и уменшить вероятность банкротства субъектов хозяйствования, что будет способствовать стабильности в работе как отдельных предприятий, так и экономической системы государства в целом.

4. Функция использование действующих экономических законов позволяет учитывать в практической деятельности субъектов хозяйствования такие, наиболее важные экономические законы, как: закон стоимости; закон соответствия производственных отношений характеру и уровню производительных сил; закон спроса; закон убывающей доходности; закон эффекта масштаба и др.[10, с.61-65; 11, с.105-108].

Принятие управленческих решений на предприятии с учётом действующих экономических законов позволит повысить эффективность деятельности субъектов хозяйствования.

5. Функция всестороннего развития человека означает использование хозяйственного механизма для повышения квалификации персонала, уровня образования, улучшения корпоративной культуры, приобщение персонала к активному участию в производственных, социальных, культурных отношениях на предприятии.

Это способствует повышению уровня человеческого капитала, что позитивно отразится на эффективности работы субъектов хозяйствования.

6. Функция стимулирование научно-технического прогресса означает использование всех составляющих структуры хозяйственного механизма в направлении изучения и широкого внедрения во все сферы деятельности предприятия достижений научно-технического прогресса.

Именно научно-технический прогресс позволяет обеспечить необходимый уровень конкурентоспособности предприятия, что даст возможность реализовать его стратегию развития.

7. Функция разрешение социально-экономических противоречий означает устранение противоречий между производительными силами и производственными отношениями; между уровнем заработной платы и прибылью предприятия; между уровнем образования, квалификацией персонала и уровнем развития техники и технологии и др.

Разрешение этих противоречий будет способствовать развитию, как средств производства, так и работающего персонала, что положительно отразится на результатах деятельности предприятия.

8. Функция реализации отношений собственности означает использование их для развития всех составляющих производительных сил предприятия, и в первую очередь, человека.

Реализация отношений собственности происходит путем непосредственного присвоения необходимого и прибавочного продукта.

9. Функция рационального использования ресурсов означает использование составляющих хозяйственного механизма для экономного расходования всех видов ресурсов: финансовых, материальных, нематериальных, людских путей развития, в первую очередь, хозрасчетных отношений на самом предприятии.

Сформируем теперь систему факторов, влияющих на хозяйственный механизм предприятия. Проведенный анализ литературных источников свидетельствует, что ученые рассматривают в основном внешние факторы, т.е. те, что не зависят от действий самого предприятия.

Такая точка зрения является обоснованной, поскольку на финансовое состояние субъектов хозяйствования в Украине в наибольшей степени влияют внешние факторы.

Эти факторы необходимо дополнить внутренними факторами.

Совокупность внешних и внутренних факторов, воздействующих на хозяйственный механизм предприятия, представляет собой систему факторов за направленим действия и представлена в табл. 2.

Таблица 2

Система факторов, влияющих на хозяйственный механизм предприятия, за направлением действия

Группа факторов за направлением действия	Ф а к т о р ы
Внешние	1. Состояние законодательной базы в стране и ееизменение
	2. Политическая ситуация в стране
	3. Методы государственного влияния на деятельность субъектов хозяйствования
	4. Развитие научно-технического прогресса
	5. Состояние рыночной конъюнктуры
Внутренние	6. Уровень менеджмента
	7. Уровень развития производительных сил и производственных отношений
	8. Противоречия между производительными силами и производственными отношениями
	9. Социальное и экологическое состояние предприятия
	10. Конкурентоспособность продукции

Рассмотрим сформированные факторы более детально.

1. Состояние законодательной базы в стране и ее изменение непосредственно влияют как на хозяйственный механизм, так и на финансовое положение предприятия и поэтому должны быть учтены хозяйственным механизмом в принятии управленческих решений.

2. Политическая ситуация в стране характеризуется как нестабильная, что вызывает необходимость корректировки хозяйственным механизмом стратегии предприятия с учетом этих изменений.

3. Методы государственного влияния на деятельность субъектов хозяйствования отражены в Хозяйственном кодексе.

К ним относятся: государственный заказ; лицензирование; техническое регулирование; использование нормативов и лимитов; предоставление налоговых и других льгот, субсидий и др. [12].

Поэтому хозяйственный механизм предприятия должен быть сформирован и работать с учетом этих методов воздействия.

4. Развитие научно-технического прогресса вызывает необходимость со стороны хозяйственного механизма оперативного внедрения и использования инновационных достижений на предприятии, что будет способствовать повышению его конкурентоспособности.

5. Состояние рыночной конъюнктуры должно быть учтено хозяйственным механизмом в стратегических и текущих планах развития предприятия, что отразится на объемах реализованной продукции.

6. Уровень менеджмента напрямую влияет на все стороны деятельности предприятия: на формирование эффективного хозяйственного механизма; на разработку и корректирование стратегии предприятия; на конечный финансовый результат деятельности.

7. Уровень развития производительных сил и производственных отношений характеризует состояние рабочей силы предприятия, уровень его квалификации, уровень техники, технологи, предметов труда, а также отношения между людьми, связанные с присвоением результатов деятельности предприятия, в основе которых лежит собственность на средства производства.

Хозяйственный механизм предприятия должен учитывать эти особенности.

8. Противоречия между производительными силами и производственными отношениями возникают на определенном этапе развития конкретного предприятия.

Для снижения уровня этого противоречия используют различные методы: участие персонала предприятия в прибыли; распределение собственности среди работающего персонала; привлечение квалифицированных работников к управлению предприятием и др.

Именно через хозяйственный механизм необходимо проводить целенаправленную политику на внедрение этих мероприятий на предприятии.

9. Социальное и экологическое состояние предприятия формируется с помощью хозяйственного механизма при учете норм, предусмотренных законами и коллективным договором.

Выполнение этих норм будет способствовать улучшению социального положення персонала предприятия и улучшению экологического состояния природной среды.

10. Конкурентоспособность продукции непосредственно влияет на финансовый результат деятельности предприятия и поэтому с помощью хозяйственного механизма принимаются меры для ее повышения и удержания на достаточном уровне.

Это достигается за счет широкого внедрения во все сферы деятельности субъектов хозяйствования достижений научно-технического прогресса.

Приведенные факторы являются наиболее существенными. Их можно также классифицировать еще по другим признакам: по уровню влияния; времени действия; уровню охватывания; характеру вовлечения ресурсов; характеру действия [13, с.104].

Выводы и направление последующих исследований. Сформированные таким образом системы функций хозяйственного механизма предприятия и факторов, влияющих на него, позволяют:

более полно и глубоко понять сущность и роль хозяйственного механизма предприятия на современном этапе развития экономики государства;

учитывать эти функции и факторы при формировании эффективного хозяйственного механизма на уровне предприятия, направленного на разработку реальной стратегии развития субъектов хозяйствования и ее реализации;

проводить исследования в направлении оценки влияния формы собственности на средства производства на формирование эффективного хозяйственного механизма предприятия;

изучать влияние хозяйственного механизма на результаты деятельности субъектов хозяйствования.

Список литературы

1. Економічна енциклопедія: у трьох томах. Т.1. / ред.: **С.В. Мочерний** (відповід. ред.) та ін. – К.: Видавничий центр «Академія», 2000. – 864 с.
2. **Іваницький О.О.** Господарський механізм у системі державного регулювання економіки / **О.О. Іваницький, В.В. Косенко** // Актуальні проблеми державного управління. – 2008. – № 2. – С.119 – 126.
3. Політична економія: навч. посібник / [**К.Т. Кривенко, В.С. Савченко, О.О. Бєляєв** та ін.; за ред. д-ра екон. наук., проф. **К.Т. Кривенка** – 2-ге вид., без змін]. – К.: КНЕУ, 2008. – 512с.
4. **Мочерний С.В.** Політична економія: навч. посіб // **С.В. Мочерний, Я.С. Мочерна**. – К.: Знання, 2007. – 684с.
5. **Чухно А.А.** Господарський механізм та шляхи його вдосконалення на сучасному етапі / **А.А. Чухно** // Економіка України. – 2007. – №3. – С.60 – 67.
6. Экономические противоречия и их разрешения / [**В.К. Черняк, Ю.Г. Якуша, В.П. Супрун** и др.]. – К.: Наукова думка, 1991. – 284 с.
7. **Лысевич С.Г.** Структура хозяйственного механизма горнорудного предприятия – основа для его совершенствования / **С.Г. Лысевич** //Майбутнє – аудит: матер. міжнар. наук.-практ. конф. 29 лист. 2014р. – Кривий Ріг: Вид. **Р. Козлов,** 2014. – 351с.
8. **Терещенко О.О.** Фінансова діяльність суб'єктів господарювання: навч. посібник / **О.О.Терещенко**. – К.: КНЕУ, 2003. – 554 с.
9. Фінансові результати діяльності великих та середніх підприємств України за січень-вересень 2014 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua.
10. Политическая экономия: ученик для вузов / [**В.А. Медведев, Л.И. Абалкин, О.И. Ожерельев** и др.]. – М.: Политиздат, 1988. – 735 с.
11. **Фатхутдинов Р.А.** Управленческие решения: учебник. – 5-изд., перераб и доп. / **Р.А. Фатхутдинов**. – М.: ИНФРА-М., 2002. – 314 с.
12. Господарський кодекс України від 16.01. 2003р. № 436-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/436-15
13. Економічний аналіз: навчальний посібник / [**В.В. Зіновчук, Є.В. Мних, С.І. Шкарабан** та ін.]; за ред. проф. **Ф.Ф. Бутинця**. – Житомир: ПП «Рута», 2003. – 680 с.
14. **Кочетков С.В.** Задача построения нового хозяйственного механизма / **С.В. Кочетков**, **О.В. Кочеткова** // Проблемы развития предприятий: теория и практика. сб. статей VII Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2014. – С .45– 48.
15. **Баснукаев И.Ш.** Формы и методы развития хозяйственного механизма предприятия / **И.Ш. Баснукаев** // Terra Economicus. – 2012. – Т.10, №3-3. – С. 72 – 75.

Рукопись поступила в редакцію 13.03.15

УДК 331.108:005.934

В.Я. НУСІНОВ, д-р економ. наук, проф., Є.В. МІЩУК, канд. економ. наук, доцент,
В.В. ЛІТВІНОВ, магістр, Криворізький національний університет

БІЗНЕС-ПРОЦЕС УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У СИСТЕМІ КАДРОВОЇ БЕЗПЕКИ

У статті поєднано дослідження бізнес-процесу управління персоналом з кадровою безпекою, а також зосереджено увагу на таких її складових, як безпека здоров'я, фізична і технологічна безпека та показано, що ці складові залежать від стану охорони й безпеки праці на підприємстві; при недотриманні норм останніх зростає відсоток звільнених. Показано також, що одними із ключових завдань кадрової безпеки є забезпечення підприємства необхідними співробітниками, їх утримання та розвиток. Обгрунтовано, що ці завдання неможливо виконати, якщо працівники не задоволені умовами праці з точки зору їх охорони та безпеки. Крім цього, зауважено, що підгрунтям для застосування механізмів збереження кадрової безпеки є не тільки задоволеність умовами праці та робочим місцем, а й низька імовірність професійного захворювання або виробничого травматизму. У статті вказано на імовірність ризику професійного захворювання не лише представників «шкідливих» професій, а й адміністративно-управлінського персоналу. Відмічено, що такі професійні захворювання не обліковуються, проте вони, як і захворювання робітників виробництва, впливають на рішення про звільнення та, тим самим, збільшують плинність кадрів. Плинність кадрів погіршує багато виробничих та економічних показників. Виявлено, що плинність кадрів є показником результативності для бізнес-процесу управління персоналом. Показано, що поліпшення умов і впровадження заходів по забезпеченню безпеки праці скорочують плинність кадрів. Удосконалено показник оцінки економії від плинності кадрів. Запропоновано плинність кадрів вважати спільним результативним показником для бізнес-процесу управління персоналом та рівня кадрової безпеки.

Ключові слова: безпека праці, кадрова безпека, бізнес-процес, охорона праці, персонал, управління

© Нусінов В.Я., Міщук Є.В., Літвінов В.В., 2015

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Управління персоналом пронизує всі сфери діяльності та процеси на підприємстві, які впливають на ефективність інших систем управління виробництвом. Бізнес-процеси з управління персоналом не локалізовані в межах одного відділу служби (департаменту), а є наскрізними: в них беруть участь як фахівці з персоналу, так і керівники інших структурних підрозділів. У цьому контексті доцільно звернути увагу на питання охорони та безпеки праці, які вирішують менеджери під час забезпечення кадрової безпеки. Відомо, що здійснення заходів з поліпшення умов і охорони праці чинить стимулюючий вплив як на економічні, так і соціальні результати виробництва. При цьому несприятливі умови праці є чинником плинності кадрів, що, у свою чергу, має негативний вплив на ряд важливих економічних показників роботи підприємства. За мотивами «важкі і несприятливі умови» звільняються в промисловості до 20% усіх вивільнених, а в будівництві – понад 25%. Тому дослідження бізнес-процесу управління персоналом у системі кадрової безпеки носить своєчасний та актуальний характер.

Аналіз досліджень та публікацій. Актуальність проблем кадрової безпеки та охорони праці набуває дедалі більшої уваги. Від їх вирішення значною мірою залежить не тільки успішна робота кожного підприємства чи галузі, але й прискорення розвитку економіки держави в цілому. Методологічні, методичні та прикладні аспекти кадрової безпеки є об’єктом розгляду у працях таких вчених, як З. Варналій, І. Воробйов, В. Геєць, Я. Гончарук, В. Губський, О. Грунін, Є. Жарикова, Є. Олейніков, О. Кириченко, О. Кірієнко, Т. Кузенко, А. Кузнєцов, П. Пригунов, В. Пономарьов, Ю. Рубан, О. Лащенко, Н. Швець, В. Шликов, І. Чумарін та ін. Дослідження соціально-економічних аспектів охорони праці та інших її характеристик були проведені такими вченими, як Д.П. Богиня та О.А. Грішнова, М.П. Гадзюк, Є.П. Желібо, В.В. Зацарний, Д.П. Тімошина, В.В. Дерпак, З.М. Яремко, О.Ф. Новікова, А.О. Соколова тощо. Визнаючи значущість наукових розробок учених слід відмітити, що мало дослідженими залишилися питання поєднання бізнес-процесу управління персоналом, забезпечення кадрової безпеки та заходів з охорони та безпеки праці.

Постановка завдання. Метою даної статті є дослідження бізнес-процесу управління персоналом у системі кадрової безпеки.

Викладення матеріалу та результати. Відомо, що кадрову безпеку можна розглядати як комбінацію різних складових частин, зокрема: безпека здоров`я - створення безпечних умов праці співробітників, запобігання травматизму, професійним захворюванням на підприємстві; фізична безпека - виконання комплексу заходів щодо недопущення зовнішніх небезпек персоналу, пов’язаних з їх службовою діяльністю, або членам їх сімей; технологічна безпека – система аналізу та прогнозування, направлена на створення сучасного обладнання робочого місця, новітніх технологій, використання передового досвіду; інші. На особливу увагу, на нашу думку, заслуговують саме вищезазначені складові.

Для збереження кадрової безпеки зазвичай використовують сучасні кадрові технології, включаючи такі механізми: ефективну мотивацію, прискорену адаптацію, своєчасне запобігання конфліктним ситуаціям, атестацію, компенсацію, розумну політику звільнення, пропаганду корпоративності. Підґрунтям для застосування цих механізмів має бути задоволеність умовами праці та робочим місцем, низька імовірність професійного захворювання або виробничого травматизму. Очевидно, що ризику піддаються не лише представники «шкідливих» професій, а кожна спеціальність має свої професійні захворювання. Навіть адміністративно-управлінський персонал ризикує здоров'ям (через сидіння по кілька годин на одному місці та роботу з комп’ютером, порушення норм освітлення та шуму у приміщенні тощо). Такі професійні захворювання не обліковуються, проте вони, як і захворювання робітників виробництва, впливають на рішення про звільнення та, тим самим, збільшують плинність кадрів. Плинність кадрів погіршує багато виробничих показників. Перш за все, це втрачений прибуток через повільне входження в курс справи новачків, зниження продуктивності праці. Висококваліфіковані фахівці відволікаються на навчання нових співробітників. Виникають складності з мотивацією персоналу. Плинність кадрів погіршує моральний клімат у колективі, що перешкоджає створенню команди. Звичайно, така ситуація – це серйозний сигнал керівництву про необхідність розібратися в процесах, що відбуваються на підприємстві [8]. Вважаємо, що одними із ключових завдань кадрової безпеки є забезпечення підприємства необхідними співро-

бітниками, їх утримання та розвиток. Це неможливо виконати, якщо працівники не задоволені умовами праці з точки зору їх охорони та безпеки.

У сучасних умовах теоретики - менеджери та менеджери - практики все більше уваги зосереджують на системи управління підприємством, в основу якої покладено процесний підхід, коли на перший план виноситься розробка та опис бізнес-процесів або алгоритмів та моделей управління, тобто процесів, що наскрізно проходять через усі рівні підприємства і відповідають за будь-яку певну дію від початку і до кінця. У літературі бізнес-процесом у широкому розумінні називається структурована послідовність дій з виконання певного виду діяльності на всіх етапах життєвого циклу предмета діяльності – від створення концептуальної ідеї через проектування до реалізації і результату. Для бізнес-процесу «Управління персоналом» в якості показника результативності використовується, в основному, показник плинності кадрів.

Бізнес-процес управління персоналом є допоміжним (забезпечувальним) бізнес-процесом, що визначає допоміжну діяльність підприємства, яка є забезпечувальною по відношенню до основної діяльності та характеризується такими положеннями: власником є керівник відповідного підрозділу на підприємстві (директор по роботі з персоналом, керівник служби управління персоналом тощо); входом у процес є вимоги інших бізнес-процесів підприємства (технологічний процес виробництва, збуту продукції, процеси, що обслуговують основне виробництво, науково-дослідний процес тощо), загальна вимога при цьому - забезпечення господарських процесів кадрами в потрібній кількості із достатніми компетенціями для якісного виконання своїх обов'язків; виходом із процесу можна вважати повністю реалізований трудовий потенціал, відповідний до вимог підприємства; розробка регламенту кадрового процесу припускає приведення у відповідність певним умовам організаційного, організаційно-методичного, організаційно-розпорядчого, технічного, нормативного, техніко-економічного й економічного забезпечення, а також формування нормативно-довідкових матеріалів, що встановлюють норми, правила, методи управління персоналом.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO 9001:2000 реалізація процесу управління персоналом має на меті досягнення наступних цілей: забезпечення бізнес-процесів трудовими ресурсами, що володіють необхідною підготовкою, компетентністю й інформованістю, стимулювання й мотивація персоналу до досягнення стратегічних цілей і виконання завдань організації; збільшення продуктивності праці; забезпечення зростання середньої заробітної плати з випередженням темпів інфляції.

Вважаємо, що на плинність персоналу необхідно впливати у бік її зменшення, тому що плинність кадрів по-різному може відобразитися на роботі підприємства. Залежно від сфери діяльності цей вплив може бути благотворним, практично непомітним, а може привести до втрати конкурентоспроможності і спаду виробництва. Очевидно, що підвищена плинність персоналу негативно позначається на моральному стані працівників, що залишилися, на їхній трудовій мотивації і відданості організації. З вивільненням співробітників розвалюються сформовані зв'язки у трудовому колективі. Тому поряд з іншими методами впливу на скорочення плинності кадрів необхідно порівняти умови праці (години роботи, гнучкість змін, обладнання, ергономіку робочих місць, стан систем опалення, кондиціонування, освітлення) підприємства з умовами праці конкурентів ринку або компаній, на які воно рівняється. Доцільно розробити заходи щодо поліпшення умов праці: більш гнучкий графік роботи, нові меблі або перестановка меблів, додавання кулерів або освітлення, провести або замовити дослідження задоволеності своєю роботою та умовами праці співробітників. «Вичавлений» персонал йде з компанії і зі «швидкістю думки» поширює негативну інформацію про компанію, «відлякуючи» подальших кандидатів. Тому необхідно також переглянути кадрову політику в цій галузі, пом'якшите своє ставлення до співробітників. Збільшення ефективного фонду робочого часу може бути досягнуто за рахунок скорочення тимчасової непрацездатності працівників унаслідок хвороб та виробничого травматизму. Втрати робочого часу внаслідок тимчасової непрацездатності на різних підприємствах різноманітні й становлять приблизно 2,5 % річного фонду робочого часу на підприємствах із сприятливими умовами праці і 5-10 % - на підприємствах з небезпечними та шкідливими умовами [4].

Здійснення заходів з поліпшення умов і охорони праці чинить стимулюючий вплив як на економічні, так і на соціальні результати виробництва [5;10].

До позитивних соціальних результатів можна віднести: ступінь сприятливого впливу трудового процесу на здоров’я людини та розвиток її особистості, стан здоров’я, ставлення до праці, соціальну активність; максимальне задоволення однією з найвагоміших потреб людини —

потребою в сприятливих умовах праці і безпосередньо пов'язаною з цим потребою у змістовній, творчій, високопродуктивній праці; зміцнення здоров'я. До позитивних економічних результатів впливу умов праці на людину також слід віднести підвищення продуктивності праці, раціональне використання основних виробничих фондів. Сприятливі умови забезпечують піднесення продуктивності праці за рахунок як інтенсивних змін (скорочення витрат робочого часу на виробництво одиниці продукції), так і екстенсивних (збільшення ефективності використання робочого часу завдяки зниженню цілоденних втрат за тимчасовою непрацездатністю та виробничим травматизмом). Зростання продуктивності праці супроводжується також досягненням високої якості виробленої продукції або послуг, а скорочення витрат робочого часу сприяє зменшенню собівартості продукції. За даними досліджень, комплекс заходів з поліпшення умов праці може забезпечити приріст продуктивності праці на 15-20 %. Так, нормалізація освітлення робочих місць збільшує продуктивність праці на 6-13 % та скорочує брак на 25 %. Раціональна організація робочого місця підвищує продуктивність праці на 21 %, а раціональне фарбування робочих приміщень - на 25%. Позитивні економічні результати тісно пов'язані як з особистими факторами (дієздатність, працездатність), так і з соціальними наслідками. Зростання продуктивності праці пов'язано зі скороченням цілоденних витрат робочого часу, зумовлених тимчасовою непрацездатністю, підвищенням використання робочого часу і продовженням періоду активної трудової діяльності [4]. Несприятливі умови призводять до зворотних результатів: різних форм та ступенів втомлюваності працівників, функціонального напруження організму. До негативних економічних результатів належать недоодержання додаткового продукту, затримка з уведенням нових фондів, непродуктивне споживання робочої сили, зниження продуктивності праці. Негативний соціальний результат включає зниження творчої активності, заінтересованості в праці, погіршення трудової дисципліни, зростання плинності кадрів унаслідок несприятливих умов праці [4; 11].

На нашу думку, ефективність заходів щодо поліпшення умов і охорони праці оцінюється, в першу чергу, за показниками соціальної ефективності, які передбачають створення умов праці, що відповідають санітарним нормам і вимогам правил безпеки. Покращення умов і охорони праці призводить до зменшення кількості виробничих травм, загальної і професійної захворюваності; до скорочення чисельності працівників, що працюють в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам; зменшення кількості випадків виходу на пенсію за інвалідністю внаслідок травматизму чи професійної захворюваності; скорочення плинності кадрів через незадовільні умови праці тощо.

Соціально-економічна ефективність розраховується з метою: економічного обґрунтування планових заходів, необхідних для вибору оптимальних варіантів технологічних, ергономічних та організаційних рішень; визначення фактичної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці; оцінки результатів управління виробництвом на різних рівнях; розрахунку необхідних витрат для приведення умов праці на робочих місцях у відповідність до нормативних вимог; визначення раціональних розмірів матеріального стимулювання працівників підприємства, науково-дослідних, конструкторських і проектних організацій за розробку і запровадження працеохоронних заходів [2;12].

Розглянемо детальніше економію від плинності кадрів. У літературі існує ряд наукових розробок та досліджень так, наприклад на думку Гандзюк М.П. економія від плинності кадрів розраховується як добуток середньої тривалості перерви в роботі звільненого при переході з одного підприємства на інше, середньоденньої вартості виробленої продукції на одного працівника промислово-виробничого персоналу та різниці між кількістю працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі умови праці відповідно до і після запровадження комплексу працеохоронних заходів [4]. На нашу думку, вищезазначений підхід не повністю розкриває суть економії від плинності кадрів і не дає можливості всебічно оцінити фактори, які впливають на плинність кадрів, серед яких: несприятливий рівень заробітної плати; умови праці, які не відповідають встановленим стандартам та нормам; низький рівень правового захисту працівників на підприємстві; високий рівень травматизму.

Проаналізувавши різні існуючі літературні джерела, пропонуємо оцінку економії від плинності кадрів визначати так

$$E_{пк} = (Ч_{зп1} \cdot d_1 + Ч_{уп1} \cdot d_2 + Ч_{пз1} \cdot d3 + Ч_{звт1} \cdot d_4 - Ч_{зп2} \cdot d_5 + Ч_{уп2} \cdot d_6 + Ч_{пз1} \cdot d_7 + Ч_{звт2} \cdot d_8) \cdot Д_п \cdot Зв,$$

де $E_{пк}$ – економія від зменшення плинності кадрів; $Ч_{зп1}$, $Ч_{зп2}$ - кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі рівень заробітної плати відповідно до і після запровадження комплексу працеохоронних заходів; $Ч_{уп1}$, $Ч_{уп2}$ - кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі умови праці відповідно до і після запровадження комплексу працеохоронних заходів; де $Ч_{пз1}$, $Ч_{пз2}$ - кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі умови правового захисту працівників відповідно до і після запровадження комплексу працеохоронних заходів; де $Ч_{звт1}$, $Ч_{звт2}$ - кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через травматизм відповідно до і після запровадження комплексу працеохоронних заходів; d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d6, d7, d8 - питома вага відповідних працівників у загальній їх кількості; Дп - середня тривалість перерви в роботі звільненого при переході з одного підприємства на інше; Зв - середньоденна вартість виробленої продукції на одного працівника промислово-виробничого персоналу.

Запропонований нами методичний підхід дозволяє: врахувати основні чинники які впливають на плинність кадрів на підприємстві, (кількість працівників які звільнились за власним бажанням через несприятливий рівень заробітної плати; кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі умови праці; кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через несприятливі умови правового захисту працівників; кількість працівників, що звільнилися за власним бажанням через травматизм на підприємстві); врахувати правовий захист працівників які працюють на даному підприємстві (можливість особи, право якої порушене, використати не заборонені законом засоби примусу на порушника, у тому числі за допомогою самозахисту та можливість особи, права якої порушені, звернутися до компетентного органу (державного чи іншого) з вимогою про захист порушеного права); більш детально визначити шляхи економії плинності кадрів в сучасних умовах функціонування підприємств; розглянути вплив мотивації на працівників при запровадженні заходів економічного характеру.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, переваги застосування процесного підходу до управління персоналом в системі безпеки праці обумовлені взаємодією об'єктів процесу кадрової безпеки та охорони праці. Слід врахувати, що при застосуванні процесного підходу до управління персоналом підприємства домінують стратегічно-орієнтовані взаємозв'язки, спрямовані на зменшення плинності кадрів через незадовільні (шкідливі, несприятливі) умови праці. Подальші перспективи наукових досліджень у даній сфері, на наш погляд, повинні стосуватись розробки та впровадження моделей та методик економічної оцінки ефективності управління організаційними змінами в системі забезпечення кадрової безпеки в управлінні персоналом.

Список літератури

1. **Андриенко В. Ф**. Экономическое стимулирование трудовой активности / **В.Ф**. **Андриенко**, **В.М. Данюк.** – К., 1991.- 352с.

2. **Бедрій Я. І.** Охорона праці : навч. посібник / **Я.І. Бедрій, В.С. Джигирей, А.І. Кидасюк**. – Львів, ПТВФ «Афіша», 1997.– 258 с.

3. **Бойчик Н.** Економіка підприємства. : навч.посібник / **Н.Бойчик. –** К.Атіка, 2001. – 298с.

4**. Гандзюк М.П.** Основи охорони праці : підручник. 5-е вид. / за ред. **М.П. Гандзюка**. - К.: Каравела, 2011. – 384 с.

5. **Гаєвська Л.** Економіка, підприємства : навч.-метод.посібник / **Л. Гаєвська**– Ірпінь.: Акад.ДПС, 2001-145 с.

6. Економіка виробничого підприємства : навч.посібник / за ре. **В.Ф. Покропивного**.– К.: Знання, 2001- 405 с.

7. **Занюк С. С.** Мотивація діяльності / **С.С. Занюк**. – Луцьк, 1998.- 218 с.

8. **Колот А. М.** Мотивація, стимулювання і оцінка персоналу / **А.М. Колот**. – К., 2001. – 258 с.

9. **Онопко В.** Синдром менеджера: чим загрожує життя в офісі? [Електроний ресурс] / **В. Онопко** // УНІАН. – Режим доступу://http://health.unian.net/ukr/detail/228016

10. **Семенець А.О.** Проблеми здійснення факторного аналізу результатів діяльності регіону в процесі моніторингу його економічної безпеки / **А.О. Семенець, Д.М. Тюріна** // Актуальні проблеми економіки : наук. екон. журн. / Нац. акад. упр. – Київ. – 2015. – №1. – С. 285 – 287.

11. **Брицький Р.М.** Взаємодія факторів у формуванні економічної безпеки України в умовах зовнішніх і внутрішніх загроз / **Р.М. Брицький, О.Б. Мних** // Актуальні проблеми економіки : наук. екон. журн. / Нац. акад. упр. – Київ. – 2014. – №12 (162). – С. 161 – 163.

12. **Вагонова А.Г.** Социально-экономические аспекты инвестиционной деятельности предприятий в сфере охраны труда / **А.Г. Вагонова, Л.В. Касьяненко** // Научный вестник Национального горного университета. – Днепропетровск. – 2014. – № 2. – С. 78-83.

Рукопись поступила в редакцію 13.03.15

УДК 330.341

В.В. БУХАНЕЦЬ, канд. економ. наук, доц., В.А. КОВАЛЬЧУК, д-р техн. наук, проф.
Криворізький національний університет

ГЕНЕЗИС КАТЕГОРІЇ «КАПІТАЛ» В ЕКОНОМІЧНІЙ ТЕОРІЇ

У статті здійснено дослідження генезису категорії «капітал» в економічній теорії. Вони дозволяють говорити про доцільність подальшої інтерпретації капіталу не тільки як самостійного фактору, а як певного сполучного елементу виробничої функції, що знаходиться в будь-якому стані (динамічному, ендогенному, екзогенному, матеріальному, віртуальному, тощо), параметри і характеристики якого виділяються в рамках визначених у часі і просторі контекстних відносин. Однак варто враховувати, що чим більше параметрів розглядається, тим більш високою є ступінь невизначеності і тим більш складним та неоднозначним є досліджуване явище. В такій ситуації методологічний апарат будь-якої наукової школи вже не здатний поодинці надати достатню аргументацію та теоретичну трансляцію реальних економічних процесів. Внаслідок цього виникає необхідність в більш глибокій методології дослідження метаморфоз практики сучасного господарювання на основі комплексної взаємодії різних наукових напрямків, тобто «контекстних відносин», які передбачають дослідження не тільки прямих процесів взаємодії суб'єктів господарювання (виробництво, продаж, закупівлі, тощо), але і супроводжуючий їх «контекст». В результаті категорія «капіталу» наповнюється якісно новими характеристиками та трансформується з фактору виробництва у фактор відносин. Такі характеристики капіталу як здатність до відтворення, накопичення та формування доданої вартості є елементом постійного, а його змінний аспект полягає в трансформації з фактору виробництва у фактор взаємодії та відносин. Дослідження проблем, що визначають поняття, зміст та сутність капітальних процесів як основи сучасної системи господарювання вже не вкладається в існуючі теорії капіталу, а для розкриття змісту та особливостей його сучасних форм необхідною стає нова методологічна платформа, яка набуває розвитку в теорії капіталізації.

Ключові слова: капітал, капіталізація, фактор виробництва, гроші, вартість, ресурси.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Тенденції постіндустріальної (знаннєвої, мережевої, клієнтоорієнтованої і, зрештою, просто «нової») економіки зумовлюють об'єктивні зміни в процесах розвитку сучасних підприємств. Еволюція відбувається у напрямі послаблення прямого протистояння учасників ринкових відносин. Якщо раніше конкуренцію сприймали як стан «війни» між конкурентами, то зараз спостерігається поступове зміщення акцентів з прямої конкурентної боротьби на виявлення можливостей розвитку підприємств за рахунок налагодження співпраці між потенційними конкурентами в різних формах. В сучасній науковій економічній літературі незаперечуваною є теза про те, що підвищення рівня суспільного виробництва, нарощення темпів економічного зростання, глобальна конкурентоспроможність національного господарства, суспільний добробут визначаються процесами капіталізації та їх динамічним розвитком у сучасному економічному просторі.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблематика дослідження економічної категорії «капітал» представлена у наукових працях К. Маркса, В. Стаффорда, П.Ж. Прудона, Дж. Міля, І. Заблодської, Р. Гільфердінга, Й. Шумпетера, Дж. Хікса, Л. Девіса, В. Гойло, Р. Капилюшникова, А. Колота, П. Бурдьє, Дж. Коулмана, Р. Патнема, П. Дасгупти, Ф. Фукуями О.Ю. Мирошниченко, І. Рєпіної, О. Федоніна, В.В. Зотова та інш.

Постановка завдання. Контекст дослідження як правило передбачає певний підхід до розкриття сутності капіталу або розгляд проблеми в аспекті його генезису. З урахуванням змін змістовного наповнення базових категорій, що формують сутність капіталізації підприємства та враховуючи системні ознаки розвитку як філософської та економічної категорії в статті представлена авторська концептуальна логіка дослідження економічної природи капіталу та впливу на функціонування підприємства.

Викладення матеріалу та результати. Перші трактування капіталу як економічної категорії були зроблені Аристотелем та зводилися до того, що це є наживання багатства та нагромадження грошей [1]. Основним джерелом формування та функціонування капіталу в початкових дослідженнях меркантилістів (до середини XVI ст.) була сфера торгового обігу; визначення капіталу (багатства) у грошовій (монетарній) формі; пріоритетний напрямок його розміщення – зовнішня і внутрішня торгівля [2]. Пізніше представники даного напрямку В. Стаффорд (*W. Stafford*), Г. Скаруффі (*G. Scaruffi*), Т. Мен, А. Монкретьєн, А. Серра основними ознаками капіталу (багатства) вважали: що це не що інше як нагромадження грошей; що передумови утво-

© Буханець В.В., Колвальчук В.А., 2015

рення багатства у виробництві, яке потребує постійного його заохочення та розвитку; що безпосереднім джерелом багатства є сфера обігу, де товари перетворюються на гроші.

Паралельно з меркантелізмом набуває розвитку класична політекономія, засновник якої У. Петті (*W. Petty*) по суті запропоновував модель факторів виробництва, на основі структурного ділення складових багатства на два елементи (земля + праця = багатство), що в свою чергу стало фундаментом формування майбутньої трудової теорії вартості. Дослідження У. Петті були розвинені в теорії Ф. Кене, в якій вчений не ототожнює багатство з грошима, а розглядає його у «витратній формі» [3]. В наукових працях Ф. Кене прослідковується процес усвідомлення економічної ролі капіталу та його динаміки; вперше використовується поняття відтворення, як постійний процес обороту елементів виробництва та споживання; та вводить у науковий оборот поняття вартості, а також поняття, які пізніше термінологічно закріпилися як «основний та оборотний капітал» [4].

Однією з перших глибоко систематизованих праць, де теоретично достатньо чітко було сформульовано статику та динаміку, а також окреслено принципові, структурні та функціональні межі капіталу є «Дослідження про природу та причини багатства» А. Сміта (*A. Smith*) [5]. Капітал за А. Смітом – це запас благ або грошей, від використання яких їх власник розраховує отримати дохід. В своїх дослідженнях А. Сміт визначив відправну точку формування капіталу, визначивши її як накопичення певного рівня запасів тимчасово вільних ресурсів (надлишків виробництва) [5]. Джерелом доходу А. Сміт визначає капітал, який знаходиться в русі, а саме з цього руху виникає можливість його прирощення. В даний спосіб вчений у неявній формі визначив існування інвестиційного ресурсу, який характеризується зміною власників і форм, а також зробив певний внесок у започаткування теорії товарно-грошових відносин. Якщо проводити паралель з сучасним понятійним апаратом, то саме А. Смітом було окреслено рамки поняття людського капіталу, але розвитку дана категорія не набула, так як людські навички досліджувалися як придаток до машин та засобів праці. При цьому праця, а відповідно і вміння людини А. Смітом розділені на продуктивні та непродуктивні [5]. В теорії капіталу науковець виділяє два важливіших фактори накопичення – бережливість та частку робітників, що зайняті продуктивною працею. Таким чином, А. Сміт розмежовує між собою поняття «капітал» і «багатство» та наділяє перше з них відтворювальними можливостями визначаючи його виробничу факторність [5].

Подальший розвиток теорія капіталу набула у представників класичної політекономії Д. Рікардо (*D. Ricardo*), Н. Сеніора, Дж. Міля, Т. Мальтуса та ін. Розвиваючи наукові ідеї А. Сміта Д. Рікардо трактував капітал як засіб виробництва, однак в своїх дослідженнях він значно просунувся у вивченні питань прибутку на капіталу та перерозподілу капіталу. Н. Сеніор дослідив капітал як поєднання трьох факторів виробництва - землі, праці та утримання. Дж. Міль під капіталом розумів «… раніше нагромаджений суспільний продукт праці» [6, с. 240]. Капітал за Дж. Мілем авансується на придбання засобів виробництва та робочої сили [7, с. 116], тобто основною умовою започаткування виробництва визнається капітал. Дж. Міль виділяє два стани капіталу: статичний – представлений величиною минулої накопиченої праці; динамічний, що виражений інвестиційним ресурсом накопичених збережень. При цьому вартість інвестиційних активів є більшою їх статичного стану щонайменш на величину процентної ставки.

Інший ракурс дослідження проблематики капіталу зроблено К. Марксом, який розглядав капітал не як річ, а як суспільні виробничі відносини, які втілені у речі та надають їй специфічний характер [8, с. 96]. Вчений наголошував на вартісній природі капіталу, а його ознакою вважав те, що в процесі руху вартість змінює свої форми: «…вартість стає… саморушійною вартістю, саморушійними грошами, і як така вона – капітал. Вона виходить із сфери обігу, знову вступає в неї, зберігає та примножує себе в ній, повертається назад у збільшеному вигляді і знову і знову починає один і той же кругообіг» [9]. Тобто, ознакою капіталу за К. Марксом, є те, що вартість в процесі свого руху постійно змінює свої форми: «Якщо фіксувати окремі форми прояву, які зростаюча вартість поперемінно приймає в своєму життєвому кругообігу, то правомірним є таке визначення: капітал це гроші, капітал це товар» [9]. Однак капітал не є тотожнім тим формам, що приймає. Рух по ним, як раз і є необхідним для того, щоб сам капітал міг існувати. Тобто капітал – це є процес руху вартості за різними предметними формами [9].

К. Маркс відокремлюють капітал від його матеріального втілення. Самі по собі засоби виробництва, в які вкладається капітал він не вважав капіталом. Вони можуть бути використані

лише за своїм безпосереднім призначенням – для виробництва продукції, або реалізовані в обмін на гроші, а відтак підприємець знову стане володарем капіталу, який може бути витрачений на придбання засобів виробництва. Аналогічної позиції дотримувався і Й. Шумпетер, однак розстановка акцентів при дослідженні капіталу була іншою. Якщо для К. Маркса важливим є сам процес руху вартості, її перехід в різні форми, то для Й. Шумпетера капітал представляє інтерес як засіб, який дозволяє підприємцю досягти своїх цілей та забезпечити ефективний розвиток [10, с. 25]. Варто зазначити, що К. Маркс найбільш фундаментально підійшов до розуміння процесів формування, руху та розподілу капіталу і, не дивлячись на спірність багатьох його висновків (на які не акцентовано увагу у даній науковій роботі) ним закладений вагомий теоретичний фундамент становлення не тільки теорії капіталу, а і економічної теорії в цілому. Йому вдалося виявити та представити на вівтар науки колосальне коло проблем, що пов'язані з дослідженням господарських процесів та надати їм адекватного наукового тлумачення у просторі діалектики матеріалізму.

В цілому щодо розвитку теорії капіталу в рамках класичної школи, то можна говорити про притаманність впевненості її представників в тому, що в ринковому господарстві домінують універсальні та об'єктивні економічні закони, а, відтак, відбувається ігнорування суб'єктивно-психологічних факторів господарської діяльності та недооцінюється роль грошей та вплив сфери обігу на виробничу сферу та, відповідно, капітал.

Важливу роль у розвитку теорії капіталу відіграли дослідження представників неокласицизму Л. Вальраса, У. Джевонса, Дж. Кларк, А. Маршала, К. Менгера (*C. Menger*), І. Фішера (*I. Fisher*), Й. Шумпетера. Вже на початкових стадіях зародження даної течії зміст поняття «капітал» зводився до його тлумачення як блага, використання якого дозволяє збільшити майбутні блага, при цьому вартісні характеристики визначаються взаємною вигідністю, а не еквівалентністю. В теорії Л. Вальраса капітал представляє собою кількісний показник, який виражений у формі грошей такий, що розподіляється на прямо пропорційні складові: інвестиції та збереження [11, с.505]. А. Маршал, наголошував, що в реальному житті не існує чіткого розмежування між речами, які є капіталом та не являються ним, як і між продуктивною так і непродуктивною працею [12]. Дж. Кларк розглядав капітал як де стабілізатор економіки, при цьому виділяв його динамічні здатності (трансформації), які сприяли еволюції суспільних відносин та впливали на соціальну структуру суспільства. В свою чергу і суспільство через еволюційний процес є здатним трансформувати капітал [13, с.84-90]. І. Фішер визначає, що поняття «капіталу» є похідним від тієї віддачі, яка ним і породжується; він є дисконтованим потоком доходів. З одного боку, процент на капітал є виразом його корисності, з іншого – компенсацією «витрат очікування» [14]. На основі аналізу різних підходів до визначення капіталу Дж. Хікс об'єднує їх у дві групи. До першої групи відносяться визначення капіталу як грошової суми, що використовується в господарських операціях з метою отримання доходу. Другу групу представляють визначення капіталу, як сукупності предметів, що на думку Дж. Хікса є лише фіксацією ex-post процесів накопичення у натуральній формі. Вчений відкидає трактування капіталу як статичного фактору виробництва та наголошує на дослідженні природи капіталу в рамках моделей економічної динаміки [15].

Представлені трактування капіталу вченими представлених економічних шкіл відображають ступінь економічного розвитку суспільства та в сучасній науковій літературі об'єднані в такі підходи: предметно-функціональний (економічна школа фізіократів, класична школа політекономії); грошовий (меркантилізм, неокласична економічна школа); соціально-економічний (марксистська економічна школа, неокласична економічна школа); часовий (австрійська економічна школа, неокласична економічна школа). Щодо правомірності застосування даних підходів, то слід говорити про вибір ракурсу дослідження проблеми, а загальне розуміння капіталу є поняттям інтегральним, так як, за словами Г.Н. Богачової та Б.А. Денисова, «…економічні школи розглядають капітал з різних позицій, кожна з яких дає частину істини. Капітал досліджується і з точки зору його суті, і – форми, і – руху (динаміки)» [16]. З розвитком та ускладненням господарських відносин постулати класичної школи виявилися нездатними надати адаптивну інтерпретацію мінливим умовам економічної практики та піддалися критиці з боку інших економічних шкіл. На противагу діалектичному матеріалізму класиків, сформувалися економічні вчення, що мають більш соціальну спрямованість та поглибленість в області дослідження суб'єктивних та суспільних відносин як у виробництві так і споживанні економічних

благ.

Нові школи та напрямки, методологія яких базується на дослідженнях «неекономічних» (з точки зору класики) характеристик ринкової системи (соціальне середовище, правове поле, ефективність адміністративної системи тощо) розширили контекстні рамки вивчення капіталу. Тобто, в процесі дослідження капіталу відбувається перехід від аналізу вартісної та структурної побудови в сторону дослідження ендогенного та екзогенного середовища його функціонування, розгляду динаміко-статичних характеристик під впливом мінливих параметрів ринкової системи. Відбувається перехід в інтерпретації «капіталу» з позиції діалектичного матеріалізму в сторону кон'юнктурного прагматизму (практицизму) в результаті чого спостерігається функціонально-структурна трансформація даної категорії, а в дослідницький апарат вводяться системи «контекстних відносин» (інтелектуальний капітал, соціальний капітал, знаннєвий капітал, політичний капітал, тощо). Фундаментальні елементи загальної теорії капіталу, такі, як приватна власність на засоби виробництва, органічна будова капіталу набувають суттєвих змін, що пов'язано з деформацією суспільної свідомості та ускладненням ендогенних та екзогенних факторів сучасних економічних процесів.

Подальше змістовне наповнення сутності капіталу відбулося в контексті переходу світових країн-лідерів до постіндустріального типу розвитку економіки, що зумовило зміщення акценту від виробничої сфери до інформаційної та стало додатковим стимулом зростання наукового інтересу до досліджуваної проблематики. Економічна теорія форм капіталу, що склалася до середини XX ст. не давала вичерпного визначення даному факту. Одним із факторів пояснення даного феномену є введення в науковий оборот концепцій, що визначають існування та пріоритетний розвиток в умовах формування постіндустріальних моделей економічних систем так званих не речових (нематеріальних) форм капіталу. Орієнтація ряду ведучих економічних систем на побудову постіндустріальних моделей суспільного економічного розвитку зумовлено низкою факторів, що визначили розвиток теорії не речових форм капіталу:

визнання перспективними в наукових пошуках системних методів дослідження, а також міждисциплінарного підходу, що сприяє взаємному збагаченню та більш багатоаспектному аналізу капіталу;

усвідомлення актуальності в сучасній економічній теорії інституційних підходів в процесі дослідження поведінки економічних суб'єктів, становлення інституційного середовища як однієї з невід'ємних реалій життєдіяльності.

В економічній теорії нового контексту набула проблематика функціональних форм капіталу в інституційному напрямку. З точки зору інституціоналізму матеріально-речової та фінансової форми капіталу недостатньо, для адекватного дослідження економічних процесів. Усі економічні трансакції необхідно розглядати без відриву від інституційного середовища, яке за Л. Девісом і Д. Нортом визначається як «…набір фундаментальних політичних, соціальних і правових установок, що утворюють основу виробництва, обміну та розподілу…» [17]. Тобто, обґрунтовується доцільність введення третьої форми капіталу – інституційного, так як за версією інституціоналізму, економічна поведінка індивіду в значній мірі визначається соціально-правовим устроєм суспільства та існуючими неформальними відносинами.

Визначальним поняттям інституціоналізму є системний розвиток суспільства в рамках існуючих інститутів, економічне поняття яких визначається як «суспільно визнані функціонально-організаційні форми колективної економічної діяльності, через які реалізуються системні функції економіки» [18, С. 10]. Під інституційним капіталом розуміється одна з конкретних форм капіталу, що відображає можливість отримання доходу тими чи іншими суб'єктами господарювання за рахунок придбання статусу, що зумовлений їх приналежністю до певних інститутів [18]. В рамках дослідження інституційного капіталу розмежовуються соціальна та організаційна складові частини.

Значне розширення та ускладнення сучасного середовища господарювання спричинило розширення змістовного наповнення капіталу, в результаті чого виникли такі категорії як людський та соціальний капітал. Відображення суті даних визначень є наслідком появи нових інституційних форм, які в прямому або опосередкованому значенні задіяні в господарських процесах, у тому числі процесах утворення та перерозподілу вартості, власності, трудових ресурсів. «Інтелектуальна економіка» перетворила людину в головну продуктивну силу суспільства, а її творчий потенціал – в капітал, від обсягу та якості якого, в першу чергу, залежить економі-

чний прогрес. Нова якість продуктивних здатностей людини знайшла відображення в доктрині «людського капіталу», яка базується на двох самостійних теоріях: теорії «інвестицій в людину» (Ф Махлуп, Л. Туроу, Р. Уікста, С. Боулс, М. Блауг, Б. Фляйшер, Р. Кемпбел, Б. Сиджел) і теорії «відтворення людського капіталу» (Т. Шульц, І. Бен-Порет, Г. Беккер, Дж. Мінцер, Р. Пелмен) та потужно розвивається в наукових працях вчених пострадянського періоду В. Гойло, Р. Капилюшникова, М. Критського, А. Добриніна, А. Колота та інш. Саме теорії людського капіталу «…дозволили пояснити та більш глибоко дослідити такі кардинальні проблеми, як розвиток людства, економічне зростання, розподіл доходів, роль і значення освіти, мотиваційні стимули… Ці теорії стали ідеологією інвестицій у людський розвиток на всіх рівнях, так як вони розглядаються як ефективне джерело економічного зростання» [19, с. 103].

Продовженням розвитку теорії не речових форм капіталу є концепція соціального капіталу, що отримала сучасне наукове оформлення у 80-90-ті роки ХХ ст. після публікації робіт П. Бурдьє, Дж. Коулмана, Р. Патнема, П. Дасгупти, Ф. Фукуями, що в сучасній теорії суспільствознавства названо однією з самих дискусійних концепцій. Значущість концепції соціального капіталу при побудові постіндустріального суспільства можна визнати епохальною: «…подібному тому як Маркс в період становлення індустріалізму писав «Капітал», так в період постіндустріалізму колективно пишеться «Соціальний капітал».

Формування економічних концепцій людського та соціального капіталу безумовно потребує більш глибокого дослідження даних наукових феноменів на відповідність конституційним ознакам поняття «капітал» як економічної категорії. Наведені підходи до визначення капіталу дозволяють говорити про те, що по мірі розвитку та появи нових напрямків економічної теорії внаслідок тиску реалій і тенденцій сучасних господарських процесів відбувається зменшення визначеності та контекстно ускладнюється зміст досліджуваної категорії, яка динамічно еволюціонує в сучасній економічній науці.

Дослідження проблематики, що визначає понять, зміст та сутність капіталу як основи сучасного суспільства в рамках кон'юнктури сучасних ринкових процесів вже не вкладається в класичну теорію факторів виробництва. Сучасне представлення капіталу в якості фактору виробничої функції ускладнюється в силу контекстної поліформності його визначення. Тобто, капітал як фактор виробництва, втратив своє єдине змістовне значення, яке відводилося йому в класичних та неокласичних моделях виробничої функції (Ж. Сея, А. Маршалла, Ч. Кобба, П. Дугласа) і трансформувався в контекстні відношення. Відбувається глибока взаємоінтеграція «класичних» факторів виробництва (праця, земля, капітал), внаслідок чого, в якості змінних одного фактору виробничої функції можуть виступати інші фактори, що порушує загальну логічну структуру. Враховуючи складність та новизну, що притаманна сучасним економічним відносинам, вважаємо за необхідне розширити рамки дослідження категорії «капітал» та розглядати його в просторі теорії факторів, де капітал не є окремим елементом виробничої функції, а є присутнім в тій чи іншій контекстній формі в кожному її елементі; виступає як екзогенним так і ендогенним ланцюгом та здійснює взаємодію як всередині окремого фактора так і в глобальній економічній системі. Рівень розвитку факторів та їх ефективної комбінації в межах виробничого процесу визначають продуктивність останнього та відображають рівень цивілізації людського буття та нерозривно пов'язані із взаємодіючими системами, які в умовах сучасної ринкової економіки набувають особливої загальної форми капіталу. Вони (фактори, авт.) стали новим варіантом тієї «…основної форми капіталу, тією його формою, в якій капітал визначає собою економічну організацію сучасного суспільства…» [9, с. 174]. Усі фактори стають капіталом не внаслідок їх власних природних властивостей, а в силу необхідності їх участі в процесі суспільного буття, як освоєних в тій чи іншій мірі людьми, такими, що є привласненими в різних індивідуальних та загальних формах і залученими в цей процес. Жоден з факторів сам по собі не є капіталом, але усі вони набувають цієї суспільної форми у відносинах між людьми, які поєднали їх в процесах відтворення та забезпечення доходу в різних специфічних, відповідно до їх змісту, формах та створюючи умови приросщення, накопичення основних елементів, якостей і процесів розвитку суб'єктів господарювання.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведені дослідження дозволяють говорити про доцільність подальшої інтерпретації капіталу не тільки як самостійного фактору, а як певного сполучного елементу виробничої функції, що знаходиться в будь-якому стані (динамічному, ендогенному, екзогенному, матеріальному, віртуальному, тощо), параметри і харак-

теристики якого виділяються в рамках визначених у часі і просторі контекстних відносин.

Однак варто враховувати, що чим більше параметрів розглядається, тим більш високою є ступінь невизначеності і тим більш складним та неоднозначним є досліджуване явище. В такій ситуації методологічний апарат будь-якої наукової школи вже не здатний поодинці надати достатню аргументацію та теоретичну трансляцію реальних економічних процесів.

Унаслідок цього виникає необхідність в більш глибокій методології дослідження метаморфоз практики сучасного господарювання на основі комплексної взаємодії різних наукових напрямків, тобто «контекстних відносин», які передбачають дослідження не тільки прямих процесів взаємодії суб'єктів господарювання (виробництво, продаж, закупівлі, тощо), але і супроводжуючий їх «контекст» (що саме і як виробляється; як, коли і за яких умов продається і покупається; яким чином це впливає на ендогенне та екзогенне оточення, тощо).

У результаті категорія «капіталу» наповнюється якісно новими характеристиками та трансформується з фактору виробництва у фактор відносин. Отже, можна говорити про такі характеристики капіталу як здатність до відтворення, накопичення та формування доданої вартості є елементом постійного, а його змінний аспект полягає в трансформації з фактору виробництва у фактор взаємодії та відносин.

Дослідження проблем, що визначають поняття, зміст та сутність капітальних процесів як основи сучасної системи господарювання вже не вкладається в існуючі теорії капіталу, а для розкриття змісту та особливостей його сучасних форм необхідною стає нова методологічна платформа, яка набуває розвитку в теорії капіталізації.

Список літератури

1. **Квасницька Р.С.** Управління капіталом підприємства через призму еволюції його визначення та змісту як економічної категорії / **Р.С. Квасницька** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. Вип. 56. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – С. 223-229

2. **Шумпетер И.** История экономического анализа / **Й. Шумпетер**. – М.: Истоки, 1989.

3. **Кенэ Ф.** Избранные экономические произведения / **Ф. Кенэ.** – М.: Соцэгиз, 1960. – 551 с.

4. История экономических учений: Учеб. пособие / Под ред. **В. Автономова, О. Ананьина, Н. Макашовой**. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 784 с.

5. **Смит А.** Исследование о природе и причинах богатства народов. [Текст] / **А. Смит** // Мировая экономическая мысль. Сквозь призму веков. Т.1: От зари цивилизации до капитализма / отв. ред. Г.Г. Фетисов. – М.: Мысль, 2004. – 718 с.

6. Основи економічної теорії: політ економічний аспект. Підручник / За ред.. **Г.Н. Климка, В. П. Нестеренка**. – К.: Вища школа Знання, 1997. – 743 с.

7. Історія економічних вчень: підручник / **Л. Я. Корнійчук, Н.О. Татаренко, А.М. Поручник** та інш.; за ред.. Л.Я. Корнійчук, Н.О. Татаренко. – К.: КНЕУ, 1999. – 564 с.

8. **Мирошниченко О.Ю.** Подходы к трактовке сущности категории «капитал». / **О.Ю. Мирошниченко** // Управление в социальных и экономических системах: м-лы XXI междунардной научно-практической конференции, г. Минск, 15 мая 2012 г. / Минский ин-т управления; редкол.: Н.В. Суша [и др.]. – Минск: 2012. – С. 96–97.

9. **Маркс К.** Капитал. Критика политической экономии, т.1 Книга I: Процесс производства капитала / **К.Маркс.** – М.:Политиздат, 1983. – 905 с.

10. **Рябикіна К.Г.** Капітал підприємства як об'єкт економічного управління / **К.Г. Рябикіна** // Бізнес-Інформ. – 2014. - № 10. – С. 23 – 29

11. **Блауг М.** Экономическая мысль в ретроспективе / **М. Блауг**. – М.: Дело Лтд, 1994. – 720 с.

12. **Маршалл А.** Принципы экономической науки / **А. Маршалл**. – М.: Издательская группа «Прогресс», 1993. Т.1. – 415 с.

13. **Кларк Дж. Б.** Распределение богатства / **Дж.Б. Кларк.** – М.: Экономика, 1992. – 447 с.

14. **Блауг М.** Теория процента Фишера / **М. Блауг** // Экономическая мысль в ретроспективе. – М.: Дело, 994. — с. 488–499.

15. **Хикс Дж. Р.** Стоимость и капитал. [Текст] / **Дж. Р. Хикс**; пер. с англ.; общ. ред. и вступительная статья Р.М. Энтова. – М.: Прогресс, 1993. – 488 с.

16. **Богачева Г.Н.** О многообразной трактовке категории «капитал» / **Г.Н. Богачева, Б.А. Денисов** // Менеджмент в России и за рубежом [Электронный ресурс]. – 2000. - № 1. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/press/management/2000-1/02.shtml

17. Институциональная экономика / Под общ. ред. **А. Олейника**. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 704 с.

18. **Зотов В.В.** Институциональные проблемы функционирования и преобразования экономики России / **В.В. Зотов, В.Ф. Пресняков, В.О. Розеналь** // Экономическая наука современной России. – 1999. - № 1. – С. 7 – 21

19. **Раков А.А.** Теоретические основы исследования человеческого капитала в условиях глобализации / **А.А. Раков, Ю.А. Раков** // Демографический потенциал, человеческий и социальный капитал в условиях глобализации. – Минск: 2006. – С. 102 – 166

Рукопись поступила в редакцію 13.03.15

УДК 338.45:621:005.21

В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., Г.О. БАШУК, старший викладач
Криворізький економічний інститут

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ МАШИНОБУДІВНОГО КОМПЛЕКСУ РЕГІОНУ

В статті розглянуто стратегії розвитку машинобудівного комплексу регіону до 2020 року. Доведено, що для подальшого розвитку регіону с потужним гірничо-металургійним кластером необхідно розвивати машинобудування та приладобудування які призначені для обслуговування і розробки високих технологій у робототехнологічних системах виробництва продукції на підприємствах промислового комплексу регіону. Інноваційний розвиток машинобудування на межі п'ятого і шостого укладів генерує інтелектуальні ресурси, нові знання, компетенції, щодо впровадження нанотехнологій в розробку продукції для майбутніх поколінь. Розроблена модель кластера КБ «Індустріальні системи автоматики». Обгрунтовано підвищення ефективності виконання портфеля замовлень підприємств гірничо-металургійного кластера. Головним завданням управління машинобудівним кластером є подальше удосконалення портфеля компетенції і технологій з метою управління брендом і стратегічними активами щодо виробництва і впровадження інтелектуальних робото технологічних комплексів, дробарного і збагачувального обладнання нового покоління для підприємств гірничо-металургійного комплексу.

Ключові слова: управління, криза, розвиток, стратегія, машинобудування, комплекс, регіон.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Удосконалення ринкових відносин в машинобудівній галузі України вимагає нових форм розвитку інноваційно-інвестиційних механізмів управління приватними акціонерними товариствами. Антикризовий етап управління підприємствами машинобудування дніпропетровського регіону у 2015-2016 рр. вимагає розробки стратегічних програм інноваційного розвитку до 2020 р.

Економічний регіональний розвиток машинобудування пов'язаний з нарощенням обсягів продукції високотехнологічних виробництв насамперед гірничого машинобудування для гірничо-металургійного кластера, точного машинобудування для виробництва робототехнологіних комплексів видобутку аглоруди, виробництва суперконцентрату, обкотишів, сталі та прокату, системи контролю автоматики і ІТ-технологій тощо.

Підвищення інвестиційної привабливості регіону також тісно пов'язане з диверсифікацією економіки, розвитком конкурентноспроможнього промислового комплексу з потужним машинобудівельним кластером, які обслуговують ряд галузей області та створюють умови для інноваційних промислових зон та технопарків. Дніпропетровський регіон є одним із провідних наукових центрів вищої освіти, академічної та прикладної науки, завданням якої є розробка інноваційно-інтелектуальних сценаріїв розвитку промислового комплексу і його підприємств та розробка концепцій управління їх ефективним інноваційними розвитком.

Аналіз досліджень та публікацій. У програмі розвитку України до 2020 р., розробленої Президентом П. Порошенко, інновації визначено головним фактором економічного зростання в усіх секторах економіки і національної конкурентоспроможності в цілому. Стратегічними цілями інноваційного розвитку промислових комплексів регіонів є зростання частки інноваційної продукції до 20-30%, при кардинальному підвищенні результативності фундаментальних і прикладних досліджень і розробок [1]. Питанням стимулювання інноваційної діяльності і формування ефективних форм її організації на національному і регіональному рівнях розглянуті в публікаціях В.М. Гейця, В.П. Семиноженка, Б.Є. Кваснюка [2], М.М. Мартиненко, І.А. Ігнатьєвої [3], В.О. Василенко [4], в яких проаналізовані засади інноваційно-технологічного розвитку та наведені парадигми технологічної конкурентоспроможності підприємств машинобудування на стратегічному періоді до 2020 року. Проблемам визначення інноваційних стратегій присвячені роботи закордонних вчених Й. Шумпетера [5], М. Мескона, М. Альберта, Ф. Хедоурі [6], І. Ансоффа [7], вітчизняних вчених С.В. Валдайцева [8], П.Н. Завліна, [9], Ю.У. Бажала [10], З.Є. Шершньової, С.В. Оборської [11], В.П. Хорольського [12].

Інноваційний розвиток галузей машинобудування на межі п'ятого і шостого укладів супроводжується створенням інтелектуальних ресурсів, нових знань у процесах використання нанотехнологій, які підвищують ефективність роботи суміжних промислових кластерів шляхом

© Хорольський В.П., Башук Г.О., 2015

створення продукції для майбутніх поколінь [2]. Незважаючи на велику кількість публікацій щодо інноваційного розвитку українського машинобудування пов'язаного з гірничо-металургійним комплексом маловивченою залишається проблема формування інноваційних систем розвитку регіону, в якому працюють підприємства машинобудування, приборобудування, продукція яких необхідна для розробки інтелектуальних підприємств ГМК [13].

Постановка завдання. Розробка сучасних технологій проектування і впровадження інноваційної продукції на стратегічному періоді розвитку машинобудування до 2020 р. вимагають від менеджменту підприємств пошуків інноваційних напрямків та принципів виконання портфеля замовлень щодо обслуговування підприємств ГМК дніпропетровського регіону [14,15].

Метою статті є розробка теоретичних і методологічних положень управління стратегією інноваційного розвитку машинобудівного кластеру, який забезпечує лідерство гірничо-металургійному комплексу за рахунок інноваційних технологій нових поколінь.

Викладення матеріалу та результати. В процесі експертного оцінювання стратегії розвитку машинобудівного комплексу регіону група вчених КНУ прийшла до висновку про необхідність створення зони машинобудування – промислового парку щодо виробництва високотехнологічної продукції для підприємств гірничо-металургійного комплексу регіону та проектування систем автоматики і АСУТП для підприємств промислового комплексу регіону.

В цьому випадку підприємства машинобудування в регіоні набувають чинника лідерів щодо створення економічної зони – кластера з виробництва продукції високих технологій. Світова практика доводить результативність використання механізмів особливих економічних зон, як в національному, так і в регіональному аспекті, в умовах інновацій і створення інвестиційного клімату в регіоні.

Тому промислові комплекси регіонів України зацікавлені в активному використанні механізму особливих економічних зон з виробництва продукції високих технологій.

Стосовно України, механізмом комплексного рішення проблем і запобігання виявлених кризових факторів може бути створення в країні особливої економічної зони інноваційно-впроваджувального типу за напрямком енергетичного машинобудування, приладобудування, АСУТП, робототехнологічних комплексів інтелектуальних виробництв, інтелектуальних підприємств.

Вибір даного типу створеної особливої економічної зони обумовлений наявністю в Дніпропетровській області наукового, кадрового, виробничого потенціалу в сфері створення енергоефективних газових приладів, досліджень, розробок нанотехнологій у машинобудуванні і металообробці. В той же час інший інноваційний аспект – напрямок розвитку регіону буде пов'язаний із створенням українського ринку інтелектуальних технологій, автоматизованих систем управління технологічними процесами для підприємств гірничо-металургійного комплексу України.

Еволюційний процес розвитку автоматизованих систем управління і АСУТП, починаючи з кінця 80-х років XX-го століття пройшов значний шлях від накопичення знань і умінь у виробництві нестандартних АСУТП, а потім – в сфері розробки необхідних програмних продуктів для АСУ-АСУТП металургійних заводів, АСУ-кар'єр, АСУ-шахта, АСУ-збагачувальна шахта тощо в подальшому – проектуванні і впровадженні інтелектуальних АСУТП з нечіткою логікою і робототехнологічними комплексами управління процесами флотації, виробництва прокату [15].

Вчені багатьох кафедр Дніпропетровських національних університетів за останні 10-15 років розробили проекти АСУ-АСУТП на основі теорії штучних нейромереж, робастності та адаптації, цифрового управління складними технологічними процесами та робототехнологічні комплекси для гірничих, для гірничо-збагачувальних і металургійних процесів.

Виникає питання про створення на базі ВНЗ Дніпропетровського регіону і ПАТ машинобудівного кластеру інжинірингової компанії, інноваційного таксона - КБ - компанії виробників програмних продуктів для гірничо-збагачувальних комбінатів України, Казахстану і Узбекистану.

Така інжинірингова компанія стане виробником новітніх АСУТП для паливно-енергетичного, гірничо-металургійного, хімічного та інших комплексів України, які розвиваються, і на думку авторів, може через 5-10 років вийти на світовий ринок АСУТП ЄС, Азії, Африки тощо.

До факторів які визначають успіх інжинірингової компанії до складу якої можуть входити криворізькі підприємства ПАТ «Констар», АТ «Корум Криворізький завод гірничого обладнання (КЗГО)», ЗАТ Криворізький завод гірничого машинобудування (КЗГМ) та інші, які тісно пов'язані з підприємствами ГМК, можна віднести високу технічну компетенцію персоналу, розроблену до 2020 р. стратегією розвитку, досвід роботи з вченими КНУ, ДНУ тощо.

Отже управління розвитком інжинірингової компанії буде проводитися за напрямками створення інноваційних бізнесів шляхом обліку: галузевого аспекту інвестування; визначення розміру інвестицій на основі виявлених закономірностей розвитку інвестиційних і інноваційних процесів; напрямки інвестування в залежності від розміру інвестицій; стадій інноваційного процесу; співвідношення час-затрати у процесі створення інновацій; оцінки реалізації проектів; оцінки ефективності інвестиційних проектів. Експрес-аналіз інвестиційних проектів виконується на основі теорії нечітких множин і штучних нейронних мереж [16].

В той же час інвестиції підприємств гірничо-металургійного комплексу в технології виробництва конкурентоспроможної продукції до 2030 р. свідчать про зрілість ринку АСУТП і про бажання підприємств купувати більш дорогі і якісні системи автоматики та обладнання для робототехнологічних комплексів, виробництва концентрату і обкотишів [15].

Розвиток українського ринку АСУТП також залежить від макроекономічних показників і об'ємів інвестицій в основні фонди промислових підприємств України.

За прогнозами Мінекономіки України лише у 2018-2020 роках зростання інвестицій і споживчого попиту на продукцію машинобудування забезпечить стійкі темпи зростання промисловості від 15-20 %. Заміна обладнання вимагає значних капітальних вкладень, тому споживачі АСУТП у великій мірі зацікавлені в продовженні термінів служби існуючого обладнання і покращення його експлуатаційних характеристик за рахунок модернізації, яка часто включає в себе заміну автоматики на більш сучасну цифрову, і впровадження робототехнологічних комплексів «Гірник», «Бульдозерист», «Флотаторщик».

У період виведення підприємств гірничо-металургійного комплексу із кризи, 2014-2015 років, попит на спеціалізовану автоматику і АСУТП різко збільшиться.

Тому ПАТ «Констар» будемо позиціонувати як інжинірингову і дистриб'юторську компанію, яка має свої конкурентні переваги у наявності і закріплені їх довгострокових партнерських зв'язках з клієнтами і партнерами. Шляхом розробки і реалізації оптимального портфеля брендів і продуктів ПАТ «Констар», АТ «Корум КЗГО», ЗАТ «КЗГМ» буде утворено таксон КБ «Індустріальні системи автоматики з матричною структурою управління і мережею незалежних виробничих і/або сервісних відділів КБ», та відділів щодо генерування новітніх технологій і ноу-хау, зв'язуючих ринкові інститути і споживачів.

Головним завданням управління кластером є подальше удосконалення портфеля компетенцій і технологій компетенцій з метою зміни положення ПАТ «Констар», АТ «Корум КЗГО», ЗАТ «КЗГМ», у стратегічно важливих позиціях впровадження робото технологічних комплексів на підприємствах ГМК.

Сильні сторони портфеля кластеру з'являються тоді, коли поєднуються компетенції різних бізнес відділень, щодо розробки і впровадження інтелектуальних робото технологічних комплексів і АСУТП, як виробників концентратів і обкотишів, які відповідають запитам портфеля замовлень металургійних підприємств ЄС.

При цьому створені компетенції у системній інтеграції, технологічних ноу-хау, реалізації індивідуальних споживчих рішень відносяться до корпоративного бренду.

Для ефективного розвитку кластеру необхідно сформулювати механізм управління з виокремленням блоків планування, організації, мотивації, координації, контролю і стратегічного аналізу, зв'язків з партнерами ПАТ кластеру, акціонерами, кредиторами, постачальниками, впливу зовнішнього і внутрішнього середовищ та проектного менеджменту, які створять умови для ефективної наукової роботи фундаментальних і прикладних досліджень.

Модель кластеру техніко-упроваджувального типу КБ «Індустріальні системи автоматики» представлена на рис. 1.

До структури такого кластеру, крім наведених на рисунку, входять блоки: маркетинговий, науково-інноваційний, виробничий, сертифікаційно-винахідницький, підготовки кадрів, прикладних і фундаментальних наукових досліджень.

Важливо відмітити, що результати функціонування особливої економічної зони машинобудування виходять за рамки проектування і виробництва систем автоматики, АСУТП, програмних продуктів та робототехніки.

Цей кластер є системоутворюючою формацією для багатьох галузей регіональної промисловості, так як в процесі утворення кластеру відбудеться розвиток існуючих і створення нових компетенцій.

Накопичені знання та вміння постійно ініціюють розвиток в інших сферах, тобто кластер КБ «Індустріальні системи автоматики» має єдину освітню, наукову і технологічну платформу, а також компетенцію для розвитку суміжних галузей (станкобудування, моторобудування, виробництво автомобільних компонентів тощо).

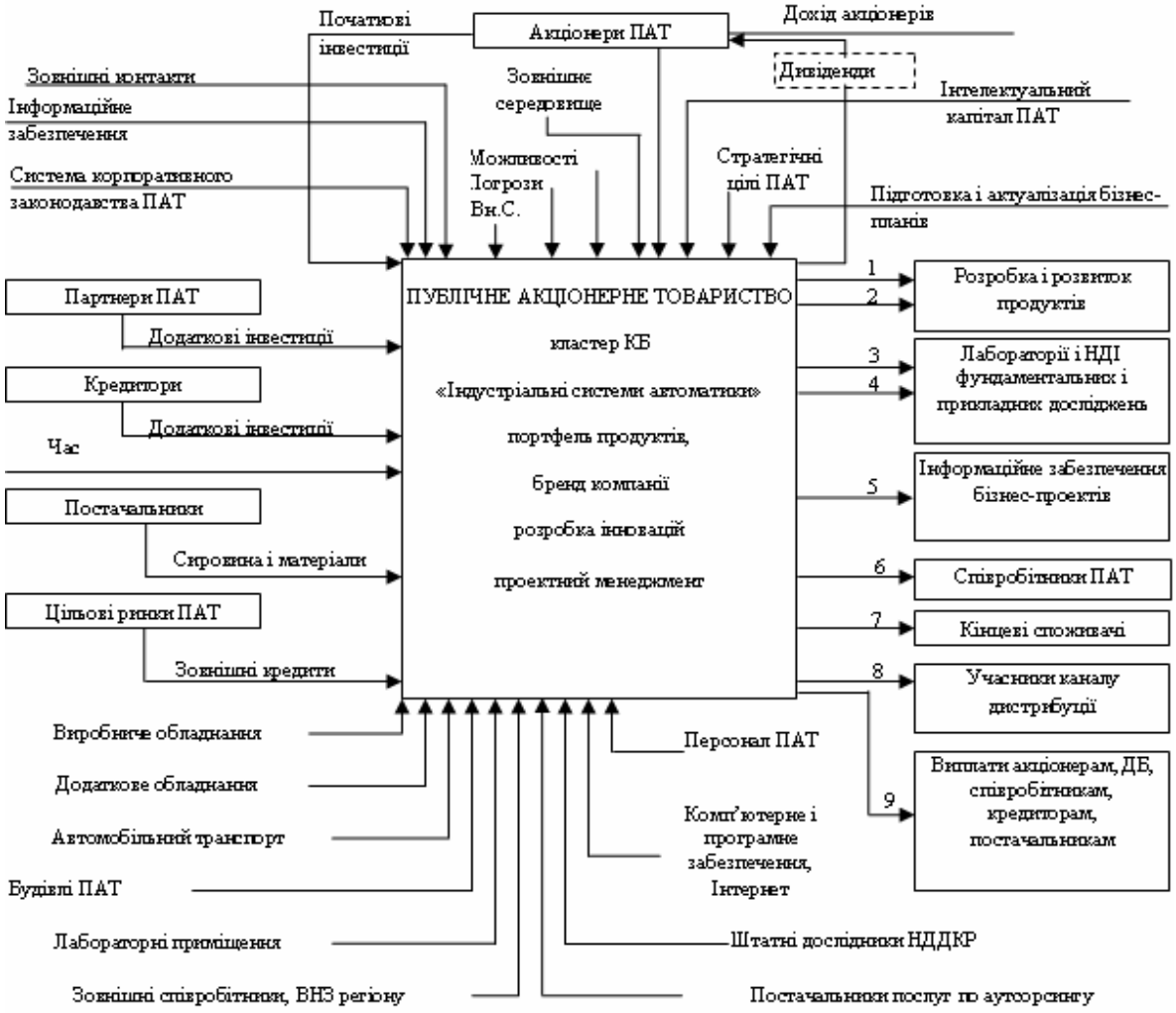

Рис. 1. Зовнішнє і внутрішнє середовище підприємств кластеру КБ «Індустріальні системи автоматики»
1 – прототипи інноваційних продуктів; *2* – прототипи інноваційних технологій; *3* – завдання на фундаментальні НДДКР; *4* – завдання на прикладні НДДКР; *5* – запит на необхідну інформацію; *6* – виплати премій за наукові розробки; *7* – бренди і продукти для кінцевих споживачів; *8* – послуги для учасників каналу дистрибуції; *9* – виплати: акціонерам, ДБ – державний, регіональний, місцевий бюджети; співробітникам, кредиторам, постачальникам продуктів і послуг. Вн.С. – внутрішнє середовище

Отже, створення особливої економічної зони буде сприяти, з одного боку, попередженню кризових тенденцій, а з іншого створює потенціал для довгострокового розвитку важливого сегменту промислового комплексу регіону-машинобудування тісно пов'язаного з гірничо-металургійним кластером і його підприємствами.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблено стратегію інноваційно-інвестиційного розвитку машинобудівного комплексу регіону, інноваційна продукція якого на-

цілена на підвищення конкурентоспроможності підприємств гірничо-металургійного кластеру регіону.

Розроблена модель зовнішнього і внутрішнього середовищ підприємств такосну КБ «Індустріальні системи автоматики» та обґрунтована необхідність інноваційного розвитку як фактора підвищення ефективності виконання портфеля замовлень підприємств ГМК.

Доведено, що головним завданням управління кластером є подальше удосконалення портфеля компетенцій і технологій з метою зміни його бренду і стратегічного положення щодо виробництва і впровадження інтелектуальних робототехнологічних комплексів, дробарного і збагачувального обладнання нового покоління для підприємств гірничо-металургійного комплексу.

У подальшому буде розроблена методика формування оптимального інвестиційного портфеля проектів за допомогою теорії нечітких множин і штучних нейронних мереж, що дозволить одержати економію інвестиційних коштів і знизити інвестиційні ризики підприємств машинобудівного комплексу.

Список літератури

1. **Порошенко П.** http://www.president.gov.ua/ru.

2. Стратегічні виклики XXI століття суспільству та економіці України: В 3 х т./ За ред. акад. НАН України **В.М. Гейця**, акад. НАН України **Б.Є. Кваснюка**. – К.: Фенікс, 2007.

3. **Мартиненко М.М., Ігнатьєва І.А.** Стратегічний менеджмент: підручник – К.: Каравела, 2006 – 320 с.

4. **Василенко В.О.** Інноваційний менеджмент / **В.О. Василенко, В.Г. Шматько** / За редакцією **В.О. Василенка**. – Київ. ЦУЛ, Фенікс, 2003. - 44 с.

5. **Шумпетер Й.** Теория экономического развития / **Й. Шумпетер**. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.

6. Основы менеджмента / **М. Мескон, М. Льберт, Ф. Хедоури.** М.: Дело, 1992. – 702 с.

7. **Ансофф И.** Стратегическое управление / Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1989.

8. **Валдайцев С.В.** Оценка бизнеса и управление стоимостью предприятия: Учебн. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-Дана, 2001. – 720 с.

9. Инновационный менеджмент / Под редакцией **П.Н. Завлина, А.К. Казанцева, Л.Э. Миндели** Справочное пособие – С.П.: Наука, 1997. – 560 с.

10. **Бажал Ю.М**. Економіка інноваційних процесів // Вісник інституту економічного прогнозування. – 2002 (1). – с. 3 – 17.

11. **Шершньова З.С.** Стратегічне управління :Навч. Посібник / **З.С. Шершньов, С.В. Оборська**. – К.: КНЕУ, 1999 – 320 с.

12. **Хорольський В.П.** Інноваційний менеджмент корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу / **В.П. Хорольський, С.А. Харін** // Монографія – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2008 – 406 с.

13. **Хорольський К.Д.** Технологічно-інноваціна стратегія розвитку гірничо-металургійного кластеру регіону // Інвестиції: Практика та досвід. 2014-№7 – с. 135 – 143.

14. **Хорольський К.Д.** Сценарний аналіз соціально – економічного розвитку регіону з гірничо-металургійним кластером в умовах переходу до інноваційної моделі розвитку // Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки 2015 №1. С. 199-204.

15. **Хорольський В.П.** Інтегроване інтелектуальне управління технологічними процесами в економічних системах корпоративних підприємств гірничо-металургійного комплексу // Під ред. **В.П. Хорольського**. Монографія – Дніпропетровськ: Січ, 2008. – 448 с.

Рукопись поступила в редакцію 13.03.15

АНОТАЦІЇ

УДК 662.341.012: 662.85

Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Современная практика выщелачивания металлов из отходов горного производства

Приведены краткие сведения о теории выщелачивания металлов из руд. Охарактеризованы способы повышения активности минералов, в том числе механоактивацией. На примере промышленного использования технологий на предприятиях России и Казахстана систематизированы и приведены результаты вариантов технологий. Сделан вывод о технологической возможности и экологической целесообразности выщелачивания металлов с ликвидацией хранилищ на земной поверхности. Приведены краткие сведения о теории выщелачивания металлов из руд. Охарактеризованы способы повышения активности минералов, в том числе механоактивацией. На примере промышленного использования технологий на предприятиях Казахстана систематизированы и приведены результаты вариантов технологий. Сделан вывод о технологической возможности и экологической целесообразности выщелачивания металлов с ликвидацией хранилищ на земной поверхности. Указано, что развитие этого направления разработки может принести прибыль, сравнимую с базовым производством. Доказано, что традиционные технологии обогащения ограничены пределом извлечения, поэтому рекомендовано использование механохимической технологии, где извлечение металлов в раствор происходит одновременно с разрушением кристаллов. Сформулированы задачи развития механохимической технологии и указаны защищенные патентами направления решения проблемы.

Ключевые слова: железные руды, металлы, кристаллы, разрушение, обогащение, механоактивация, минеральное сырье, технология добычи, твердеющая закладка, прибыль.

Голік В. І., Комащенко В. І., Моркун В. С. Сучасна практика вилуговування металів з відходів гірничого виробництва

Наведено короткі відомості про теорію вилуговування металів з руд. Зхарактеризовано способи підвищення активності мінералів, у тому числі механоактивацией. На прикладі промислового використання технологій на підприємствах Росії і Казахстану систематизовано й приведено результати варіантів технологій. Зроблено висновок про технологічну можливість і екологічну доцільність вилуговування металів з ліквідацією сховищ на земній поверхні. Наведено короткі відомості про теорію вилуговування металів з руд. Зхарактеризовано способи підвищення активності мінералів, у тому числі механоактивацией. На прикладі промислового використання технологій на підприємствах Казахстану систематизовані і приведені результати варіантів технологій. Зроблено висновок про технологічну можливість і екологічну доцільність вилуговування металів з ліквідацією сховищ на земній поверхні. Вказано, що розвиток цього напряму розробки може принести прибуток, порівнянний з базовим виробництвом. Доведено, що традиційні технології збагачення обмежені межею витягання, тому рекомендовано використання механохимической технології, де витягання металів в розчин відбувається одночасно з руйнуванням кристалів. Сформульовано завдання розвитку механо-хімічної технології і вказано захищені патентами напрями вирішення проблеми.

Ключові слова: залізна руда, метали, кристали, руйнування, збагачення, механоактивация, мінеральна сировина, технологія видобутку, тверднуча закладка, прибуток**.**

Golik Vladimir, Komashchenko Vitaly, Morkun Vladimir The current practice of metal leaching from mining waste production

Brief information about the theory of the metal leaching from ores. Described ways to improve activity of minerals, including mechanical activation. For example, industrial use of technology for enterprises in Russia and Kazakhstan are systematized and summarized the results of the technology options. It is concluded about the technological capabilities and environmental feasibility of the leaching of metals with the liquidation storage on the earth's surface. Brief information about the theory of the leaching metals from ores. Characterized ways of increasing the activity of minerals, including mechanical activation. On example of industrial use of technologies in the enterprises in Kazakhstan systematized the results of the technology options. The conclusion about the technological possibilities and environmental feasibility of leaching metals with the liquidation of the repositories on the earth's surface. It is indicated that the development of this direction can make a profit comparable to the base production. It is proved that traditional technologies of enrichment are constrained by the limit of extraction, therefore, recommended the use of mechanochemical technology where the extraction of metals occurs simultaneously with the destruction of the crystals. Formulated the development objectives of mechanochemical technology and identified the patented ways of solving the problem.

Keywords: iron ore, metals, crystals, destruction, processing, mechanical activation, mineral raw materials, mining technology, solid stowing, profit, technology development, extraction of metals.

УДК 622 – 032. 35: 502. 7

Повзун О.І., Вірич С.О., Кононихін С.В. Горілі породи, укріплені кам’яновугільним в’яжучим, - ефективний конгломерат в основах автомобільних доріг

Показано можливість використання відходів вугільної промисловості — горілих порід шахтних териконів - як техногенної сировини у дорожньому будівництві. Відповідно до значення силікатного модуля горілу породу можна застосовувати як будівельний матеріал. Згідно з величиною глинисто – залізистого модуля вона є високоактивною. Горіла порода відповідає Нормам радіаційної безпеки України НРБУ - 97 і може бути використана в будівництві без обмежень. Горілі породи шахтних териконів доцільно укріплювати кам’яновугільним в’яжучим. Досліджено кам’яновугільне в’яжуче для укріплення горілопородних основ автомобільних доріг. Кам’яновугільним в’яжучим є кам’яновугільний дьоготь, модифікований відходами полістиролу — полістирольним пилом. Калориметричні дослідження в режимі сканування показали, що процес взаємодії дьогтів з полістирольним пилом є екзотермічним. Це доводить суміщеність полістиролу з кам’яновугільним в’яжучим. На підставі залежностей відносного розміру частинки полістиролу та питомого об’ємного електричного опору дисперсій полістирольного пилу в розчинниках

кам'яновугільного походження від температури визначено температуру розчинення полімеру, яка становить 105 – 110° С. Аналіз залежностей еластичності і розтяжності при 0°С двопроцентної полістирольної кам'яновугільної композиції, а також коефіцієнта тривалої водостійкості, границі міцності на стиск при 20°С і водонасичення дьогтеполістиролбетону від часу приготування в'яжучого показав, що оптимальний термін суміщення полістирольного пилу з кам'яновугільним дьогтем становить 50-60 хв/

Ключові слова: горілі породи, кам'яновугільне в'яжуче, відходи промисловості.

Повзун А.И., Вирич С.А., Кононыхин С.В. Горелые породы, укрепленные каменноугольным вяжущим, - эффективный конгломерат в основаниях автомобильных дорог. Показана возможность использования отходов угольной промышленности – горелых пород шахтных терриконов – в качестве техногенного сырья в дорожном строительстве. В соответствии со значением силикатного модуля горелую породу можно использовать как строительный материал. Согласно величине глинисто- железистого модуля она является високоактивной. Горелая порода соответствует Нормам радационной безопасности Украины НРБУ – 97 и может быть использована в строительстве без ограничений. Горелые породы целесообразно укреплять каменноугольным вяжущим. Исследовано каменноугольное вяжущее для укрепления горелопородных оснований автомобильных дорог. Каменноугольным вяжущим является каменноугольный деготь, модифицированный отходами производства полистирола – полистирольной пылью. Калориметрические исследования в режиме сканирования показали, что процесс взаимодействия дегтей с полистирольной пылью является экзотермическим. Это доказывает совместимость полистирола с каменноугольным вяжущим. На основе зависимостей относительного размера частицы полистирола и удельного объемного электрического сопротивления дисперсий полистирольной пыли в растворителях каменноугольного происхождения от температуры определена температура растворения полимера, которая составляет 105-110 °С. Анализ зависимостей эластичности и растяжимости при 0 °С двухпроцентной полистирольной каменноугольной композиции, а также коэффициента длительной водостойкости, предела прочности при сжатии при 20 °С и водонасыщения дегтеполистиролбетона от времени приготовления вяжущего показал, что оптимальное время совмещения полистирольной пыли с каменноугольным дегтем составляет 50-60 минут.

Ключевые слова: горелые породы, каменноугольное вяжущее, отходы промышленности

Povzun A.I.. Virych S.A., Kononykhin S. Burning breeds, a fortified coal-tar binder, effective conglomerate in the foundations of roads.

Presented the possibility of using waste coal industry - burned breeds of mine waste heaps– as man-made materials in road construction. In accordance with a value of silicate modulus burnt breed can be used as a building material. According to the amount of clay– ferrous module it is highly active. Burnt breeds match Norms of radiation safety of Ukraine NRBU– 97 and can be used in construction without restrictions. Burning rocks is advisable to reinforce with the coal-tar binder. Investigated coal-tar binder for strengthening base of highways. Coal binder is a stone-coal tar, modified waste polystyrene production– polystyrene dust. Calorimetry-coal studies in scan mode showed that the process of interaction of tars with polystyrene dust is exothermic. This proves the compatibility of polystyrene with coal tar binder. On the basis of dependencies of the relative size of the polystyrene particles and the volume electrical resistance dispersions of polystyrene dust in solvents of coal origin on the temperature determined the temperature of dissolution of the polymer, which is 105 – 110 C. Analysis of flexibility and extensibility at 0C two percent polystyrene coal composition and ratio of long water resistance, compressive strength at 20 ° C and water saturation from coal-tar binder cooking time has shown that the optimum time of alignment polystyrene dust from coal tar is 5 - 60 minutes.

Key words: burnt breeds, coal tar binder, waste industry

УДК 622.235

Бритвин Ю.А., Фролов О.О. Дослідження впливу тріщинуватості гірських масивів на результати руйнування скельних порід вибухом

Висвітлено проблему математичного опису руйнування тріщинуватих скельних гірських порід вибухом. Відзначено, що процес руйнування гірських порід вибухом можна віднести до квазікрихкого руйнування з точки зору механіки руйнування. Проведено аналіз досліджень і публікацій в області руйнування тріщинуватих гірських порід вибухом. Для описання процесу руйнування тріщинуватих гірських порід вибухом обгрунтована правомірність використання коефіцієнту інтенсивності напружень, який вважається основним параметром тріщиноутворення. Аналіз досліджень в області механіки руйнування показав, що використання критеріїв міцності, які обираються в залежності від типу матеріалу та умов його руйнування, при розрахунках тіл на міцність недостатньо. Рішення проблеми крихкого і квазікрихкого руйнування може бути надійним лише тоді, коли враховуються в породі існуючі початкові тріщини.

Отримано узагальнену залежність для розрахунку критичних значень коефіцієнту інтенсивності напружень, що впливають на формування полів напружень у вершині тріщини при прикладенні вибухового навантаження. Розроблено алгоритм визначення об'єму руйнування тріщинуватих скельних порід вибухом системи свердловинних зарядів. Для найпоширеніших порід Україні досліджено вплив тріщинуватості гірського масиву на об'єм його руйнування при вибуховому навантаженні. За результатами розрахунків побудовані графіки залежності об'єму зруйнованого гірського масиву від відстані між тріщинами в досліджуваному об'ємі порід. Встановлені закономірності зміни об'єму руйнування вибухом залежно від різної ступені тріщинуватості гірських порід. За характером змін об'ємів руйнування породи, які досліджувалися, умовно поділено на дві групи.

Бритвин Ю.А., Фролов А.А. Исследование влияния трещиноватости горного массива на результаты скальных пород взрывом

Освещена проблема математического описания разрушения трещиноватых скальных горных пород взрывом. Отмечено, что процесс разрушения горных пород взрывом можно отнести к квазихрупкому разрушению с точки зрения механики разрушения. Проведен анализ исследований и публикаций в области разрушения трещиноватых горных пород взрывом. Для описания процесса разрушения трещиноватых горных пород взрывом обоснована правомерность использования коэффициента интенсивности напряжений, который считается основным параметром трещино-

образования. Анализ исследований в области механики разрушения показал, что использование критериев прочности, которые избираются в зависимости от типа материала и условий его разрушения, при расчетах тел на прочность недостаточно. Решение проблемы хрупкого и квазихрупкого разрушения может быть надежным лишь тогда, когда учитываются в породе существующие начальные трещины.

Получена обобщенная зависимость для расчета критических значений коэффициента интенсивности напряжений, влияющих на формирование полей напряжений в вершине трещины при приложении взрывной нагрузки. Разработан алгоритм определения объема разрушения трещиноватых скальных пород взрывом системы скважинных зарядов. Для наиболее распространенных пород Украины исследовано влияние трещиноватости горного массива на объем его разрушения при взрывном нагрузке. По результатам расчетов построены графики зависимости объема разрушенного горного массива от расстояния между трещинами в исследуемом объеме пород. Установлены закономерности изменения объема разрушения взрывом в зависимости от различной степени трещиноватости горных пород. По характеру изменений объемов разрушения исследуемые породы условно разделены на две группы.

Y.A. Britvin, A.A. Frolov A study of the influence of fracturing on the rock mass by explosion. Highlighted the problem of mathematical description of the fractured rock destruction by explosion. It is noted that the process of rock destruction by explosion can be attributed to quasi-brittle fracture from the point of view fracture mechanics. Investigated and analyzed the publications in the field of fractured rock destruction by explosion. To describe the process of destruction of fractured rocks by explosion is justified the legitimacy of the use of the stress intensity factor, which is considered the main parameter of the crack-formation. Analysis of research in the field of fracture mechanics has shown that the use of strength criteria, which are elected depending on the type of material and conditions of its destruction, in the calculations of the bodies for strength is not enough. Offered the solution to the problem of brittle and quasi-brittle fracture can be reliable only when breed accounted for in the existing initial cracks. Obtained the generalized dependence for the calculation of critical values of stress intensity factor, influencing the formation of stress fields in the crack tip under the explosive loading. Developed the algorithm of determining the scope of the destruction of the fractured rock by explosion of borehole charge system. For the most common breeds in Ukraine was studied the influence of fracturing rock mass on the volume of its destruction by an explosive load. By the results of calculations are presented the graphics depending on the volume of the destroyed rock mass from the distance between cracks in the studied volume of rock. Set the regularities of changes in the volume of the destruction by explosion depending on the different degree of fracturing of rocks. By the nature of the changes in the destruction volume the investigated breeds are divided into two groups.

УДК 622.831

Сдвижкова Е.А., Солодянкин А.В., Бабец Д.В., Машурка С.В., Кузяева О.А. Обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1»

Целью исследований является обоснование решений по обеспечению устойчивости подготовительных выработок для повторного использования. Приведены результаты исследования геомеханических процессов в приконтурном массиве выработки выемочного участка в условиях ШУ «Южнодонбасское №1». Визуальные наблюдения и численное моделирование напряженно-деформированного состояния породного массива показали, что традиционный способ поддержания выработки не обеспечивает их надежную устойчивость. Рассмотрен способ крепления выработки с применением, помимо металлической крепи, анкеров. На основе метода конечных элементов выполнено моделирование этапов эксплуатации выработки вне и в зоне влияния очистных работ. Выполнена оценка эффективности анкерного крепления для повышения устойчивости породных обнажений.

Ключевые слова: ходок, лава, численное моделирование, критерий прочности, анкер.

Сдвижкова О.О., Солодянкін О.В., Бабець Д.В., Машурка С.В., Кузяєва О.О. Обґрунтування параметрів кріплення дільничних виробок в умовах ДП «Шахтоуправління «Південнодонбаське №1»

Метою досліджень є обґрунтування рішень щодо забезпечення стійкості підготовчих виробок для повторного використання. Наведені результати дослідження геомеханічних процесів в приконтурному масиві виробки виїмкової дільниці в умовах ШУ «Південнодонбаське №1». Візуальні спостереження та чисельне моделювання напружено-деформованого стану породного масиву показали, що традиційний спосіб підтримки виробки не забезпечує їх надійну стійкість. Розглянутий спосіб кріплення виробки із застосуванням, крім металевого кріплення, анкерів. На основі методу скінчених елементів виконано моделювання етапів експлуатації виробки поза і в зоні впливу очисних робіт. Виконана оцінка ефективності анкерного кріплення для підвищення стійкості породних оголень.

Ключові слова: ходок, лава, чисельне моделювання, критерій міцності, анкер.

Sdvyzhkova O., Solodyankin O., BabetsD., Mashurka S., Kuziaieva O. Justification of local workings fastening parameters in conditions of Mine office "Yuzhnodonbasskaya №1 "

The aim of research is to justification of the solutions to ensure the sustainability of development workings for re-use. Offered the results of geomechanical processes research in the marginal array generating excavation area in terms of the Mining office "Yuzhnodonbasskaya №1". Visual observations and numerical modeling of stress-strain state of rock breeds have shown that the traditional way of maintaining production doesn't ensure reliable stability. Considered the way of production fixing, in addition to the metal roof supports, anchors. On the basis of the finite element method were simulated the operation stages of the production out and in the zone of influence of the sewage treatment works. Evaluated the effectiveness of anchors to increase the stability of rock outcrops.

Keywords: Walker, long wall, numerical modeling, failure criterion, anchor

---

УДК 622. 268.2

Шашенко А.М., Кравченко К.В., Прокудин А.З., Смирнов А.В. Методика решения задачи об устойчивости выработки с комбинированной крепью АСН-А

Анализ существующего состояния горных выработок показал, что для обеспечения их длительной устойчивости наиболее эффективными мероприятиями являются полное или частичное заполнение закрепного пространства, глу-

бинное или приконтурное упрочнение массива вяжущими веществами. При сооружении комбинированной крепи АСН-А (арка+сетка+набрызгбетон+анкер) такие мероприятия производятся за счет проникновения сквозь металлическую сетку в образовавшиеся трещины породного массива набрызгбетонного раствора. Основываясь на известную модель развития деформаций в окрестности выработок шахт Западного Донбасса, разработана методика численного моделирования одиночной горной выработки с применением крепления АСН+А, для рассматриваемых горно-геологических условий. Полученные результаты моделирования позволили обосновать оптимальные технологические и конструктивные параметры применяемой крепи. Установлены закономерности влияния последовательности формирования элементов крепления на величину поднятия пород почвы и состояние выработки.

Ключевые слова: напряжённо деформированное состояние, капитальная выработка, численная модель, комбинированная крепь, устойчивость выработки

Шашенко А.М., Кравченко К.В., Прокудін О.З., Смирнов А.В. Методика вирішення задачі про стійкість виробки з комбінованим кріпленням АСН-А

Аналіз існуючого стану гірничих виробок показав, що для забезпечення їх тривалої стійкості найбільш ефективними заходами є повне або часткове заповнення закріпного простору, глибинне або при контурне зміцнення масиву в`яжучими речовинами. При спорудженні комбінованого кріплення АСН-А (арка+сітка+набризкбетон+анкер) такі заходи здійснюються за рахунок проникнення крізь металеву сітку в утворенні тріщини породного масиву набризкбетоного розчину. Спираючись на відому модель розвитку деформацій навколо виробок Західного Донбасу, розроблена методика чисельного моделювання поодинокої гірничої виробки з застосуванням кріплення АСН-А, для гірничо-геологічних умов, що розглядаються. Отримані результати моделювання дозволили обґрунтувати оптимальні технологічні та конструктивні параметри застосованого кріплення. Встановлено закономірності впливу послідовності формування елементів кріплення на величину здимання підошви і стан виробки.

Ключові слова: напружено деформований стан, капітальна виробка, чисельна модель, комбіноване кріплення, стійкість виробки

Shashenko A.N., Kravchenko K.V., Prokudin A.Z., Smirnov A.V. The methodology of solving the problem of production stability with the combined support of AMS- A.

Analysis of the current state of the mine workings showed that, to ensure their long-term sustainability, the most effective measures are full or partial filling of the clamping space, deep or near contour hardening array binders. In the construction of a combined lining AMS-A (arch+ mesh+ shotcrete+ anchor) such activities are performed by penetration through a metal mesh in cracks of rock mass, application of the shotcrete mortar. Based on the known model of deformations in the vicinity of mine workings in Western Donbass mines, developed a methodology of numerical simulation of a single mine working with the use of fastening AMS+A for the given mining and geological conditions. The obtained simulation results allowed to justify the optimal technological and constructive parameters of the applied lining. The regularities of the influence of the sequence of formation of the fastening elements on the magnitude of uplift of rocks, soil condition and production.

Keywords: stress-strained conditions, capital working, numerical model, combined support, the sustainability of production.

УДК 624.137

Шаповал В.Г., Причина Е.С., Булич И.Ю. К вопросу совершенствования расчета устойчивости грунтовых откосов и склонов

Выполнен анализ применения усовершенствованного метода расчета устойчивости грунтовых откосов и склонов для оценки устойчивости грунтовой плотины в рамках работ по берегоукреплению территории г. Днепропетровска. Проанализированы наиболее опасные для города Днепропетровска виды грунтовых откосов. Получены результаты расчета устойчивости грунтового откоса по стандартной методике на основе круглоцилиндрической поверхности скольжения. Применен усовершенствованный метод расчета, учитывающий формирование наиболее невыгодной ситуации загружения за счет сочетания минимальных и максимальных характеристик грунтов, который позволил получить более достоверные результаты, чем упрощенный подход, применяемый в практике проектирования. На основе полученных данных разработаны рекомендации для внедрения в проект локальной береговой защиты.

Ключевые слова: откос, склон, грунтовая плотина, расчет устойчивости, коэффициент устойчивости, оползень.

Шаповал В. Г., Причина Е.С., Булич И.Ю. До питання вдосконалення розрахунку стійкості грунтових укосів і схилів

Виконано аналіз застосування вдосконаленого методу розрахунку стійкості грунтових укосів і схилів для оцінки стійкості грунтової греблі у рамках робіт по берегоукреплению території м. Дніпропетровська. Проаналізовано найбільш небезпечні для міста Дніпропетровська види грунтових укосів. Отримано результати розрахунку стійкості грунтового укосу за стандартною методикою на основі круглоцилиндрической поверхні ковзання. Застосовано вдосконалений метод розрахунку, що враховує формування найбільш невигідної ситуації завантаження за рахунок поєднання мінімальних і максимальних характеристик грунтів, який дозволив отримати достовірніші результати, ніж спрощений підхід, вживаний в практиці проектування. На основі отриманих даних розроблено рекомендації для впровадження в проект локального берегового захисту.

Ключові слова: укіс, схил, грунтова гребля, розрахунок стійкості, коефіцієнт стійкості, зсув.

Shapoval V., Prychyna K., Bulich I. Ragarding the problem of improving the calculation of ground slopes stability

The analysis of the applicating improved calculation method of ground slopes stability applied for subsurface dam sustainability assessment as part of the shoreline reinforcement in Dnipropetrovsk is carried out. The most dangerous and unstable types of ground slopes located in the city are analyzed. The results of the study conducted concerning the calculation of the soil slope stability by a standard method based on the circular cylindrical slide surface are obtained. The improved calculation method taking into account the case of the most disadvantageous loading situation through a combination of minimal and maximum possible soil characteristics has been applied, thus allowing to get more reliable results than the simplified approach generally used in design practice. Recommendations regarding the implementation in the project of the local coastal protection are carried out.

Keywords: slope, dam, stability calculation, stability factor, landslide:

Shapoval V., Prychyna K., Bulich I. Regarding the issue of calculation improving the stability of soil slopes and slopes

Given the analysis of application of improved method for calculating the stability of soil slopes and slopes to evaluate the stability of earth dams as part of bank protection works on the territory of Dnipro. Analyzed the most dangerous kinds of soil slopes in the city Dnipro. Obtained the calculation results of stability of soil slope by the standard method based on circular cylindrical sliding surface. Applied advanced calculation method regarding the formation of the most unfavorable loading situation due to a combination of minimum and maximum soil characteristics, which allowed us to obtain more reliable results than the simplified approach used in the design practice. Based on the data were developed recommendations for implementation in the project local coastal defense.

Key words: slope, dam, calculation of stability, stability factor, landslide.

УДК 622.2:550.83

Дубицкая М.С., Клименко Д.В. Геоакустический прогноз мелкоамплитудной тектоники углепородного массива при отработке угольных пластов струговыми комплексами

В статье решена актуальная научно-техническая задача повышения эффективности прогноза малоамплитудных геологических нарушений угольных пластов методом неразрушающего контроля. Приведены результаты шахтных исследований распространения акустических колебаний в сложноструктурном углепородном массиве с геологическими нарушениями при использовании различных способов генерации зондирующего акустического сигнала. Приведенные результаты обработки акустической информации, полученной на основании экспериментов по прозвучиванию целика неотработанной части 165 лавы на шахты «Степная» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» основаны на использовании ранее известных в технике радиолокации принципов анализа отраженных от объектов сигналов, принятых на приемной стороне. При этом учитывалось доплеровское смещение частот в спектре сигналов, вызванное одно-двух и более кратным их отражением от границ возможных внутренних поверхностей, характерных для рассматриваемого объекта исследований. Предложенная методика обработки волнового пакета, отличается от известных тем, что в ее основу заложена фазовая демодуляция функции спектральной плотности мощности с применением метода низкочастотного эквивалента. Методика позволяет определить геометрические параметры неоднородностей при прохождении выработок в зонах геологических нарушений. На основе сравнительного анализа установлено, что разработанная методика проведения исследований подтвердила свою работоспособность в условиях отработки угольного пласта струговым комплексом. На основании этого был сделан вывод о необходимости комплексного подхода к оперативному прогнозу структуры углепородного массива при внедрении струговой технологии добычи в условиях угольных шахт Украины.

Ключевые слова: акустическая геолокация, малоамплитудные геологические нарушения, зондирующий сигнал, модуляционные характеристики сигнала, амплитудно-фазовая модуляция, низкочастотный эквивалент, фазовая демодуляция.

Дубицька М.С., Клименко Д.В. Геоакустичний прогноз мілкоамплітудної тектоніки вуглепородного масиву при відпрацюванні вугільних пластів струговими комплексами

У статті вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення ефективності прогнозу мілкоамплітудних геологічних порушень вугільних пластів методом неруйнівного контролю. Наведено результати шахтних досліджень поширення акустичних коливань в складноструктурному вуглепородному масиві з геологічними порушеннями при використанні різних способів генерації зондуючого акустичного сигналу. Наведені результати обробки акустичної інформації, отриманої на основі експериментів щодо «прозвучування» цілику невідпрацьованої частини 165 лави шахти «Степова» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» засновані на використанні раніше відомих в техніці радіолокації принципів аналізу відбитих від об'єктів сигналів, зареєстрованих на приймальній стороні. При цьому враховувався доплерівський зсув частот в спектрі сигналів, викликаний одно-двох і більше кратним відбиттям від границь можливих внутрішніх поверхонь, характерних для даного об'єкту досліджень. Запропонована методика обробки хвильового пакету, відрізняється від відомих тим, що в її основу закладена фазова демодуляція функції спектральної щільності потужності із застосуванням методу низькочастотного еквіваленту. Методика дозволяє визначити геометричні параметри неоднорідностей при проходженні виробок в зонах геологічних порушень. На основі порівняльного аналізу встановлено, що розроблена методика проведення досліджень підтвердила свою працездатність в умовах відпрацювання вугільного пласта струговим комплексом. На підставі цього був зроблений висновок про необхідність комплексного підходу до оперативного прогнозу структури вуглепородного масиву при впровадженні стругової технології видобутку в умовах вугільних шахт України.

Ключові слова*:* акустична геолокація, мілкоамплітудні геологічні порушення, зондуючий сигнал, модуляційні характеристики сигналу, амплітудно-фазова модуляція, низькочастотний еквівалент, фазова демодуляція.

Dubytska M.S., Klimenko D.V. Geoacoustic forecast of low-amplitude rock mass tectonics in coal mining by plow complexes

The actual scientific and technical problem of raising efficiency of low-amplitude geological disturbances forecast in coal layers by the method of non-destructive testing is solved in the article. The comprehensive mine and analytical research concerning propagation of acoustic oscillations in the complex structured rock massif with geological faults by using different methods of probing acoustic signal generation are organized and conducted. The mathematical model of spreading acoustic wave packet in the dispersion medium based on the information and amplitude-phase modulation of carrying frequencies of the probing signal is proposed and justified. An effective method of the forecasting hidden disjunctives in coal layers by the method of non-destructive testing is developed. The method is based on the analysis of characteristic emergencies of geological faults in the functions of a signal modulation parameters obtained by acoustic probing of coal-rock massif. The regularities obtained from the research results are used to develop recommendations regarding the tectonic structure of coal layers for "Stepova" mine.

Keywords: acoustic geolocation, low-amplitude geological fault, probing signal, signal modulation characteristics, amplitude and phase modulation, low frequency equivalent, phase demodulation.

УДК 624:014.2.074.433

Соколова А.С. Дослідження крайового ефекту в уторному вузлі сталевих циліндричних резервуарів при однобічному зв'язку днища з основою та за наявності під'йомної сили

Методом скінчених елементів виконано аналіз напружено-деформованого стану уторного вузла оболонки, яка по геометричним параметрам (висота стінки та радіус) відповідає резервуару об'ємом 100000 м^3. Розрахунок проводився з урахуванням однобічного зв'яжу днища з основою. Були розглянуті випадки спирання резервуара на м'яку (С1=0,05 кН/см^3) та жорстку (С1=1 кН/см^3) основу. Розрахунок проводився з урахуванням гідростатичного навантаження від заповнення резервуара до позначки 17 м. Також враховувався вплив висхідної сили, виникаючої від власної ваги стінки та покрівлі, ваги снігу та надлишкового тиску у пароповітряному середовищі. Така сила може бути як довантажу вальною, так і підйомною. Отримані результати виявили, що при певних умовах робота вузла зєднання циліндричної оболонки з плоским днищем може супроводжуватися виникненням крайових та прихованих відривів днища від основи, що у свою чергу приводить до змінення напружено-деформованого стану й збільшенню згинаючого моменту.

Ключові слова: сталевий резервуар, скінчено-елементні моделі, уторний вузол, напружено-деформований стан.

Соколова А.С. Исследование краевого эффекта в уторном узле стальных вертикальных цилиндрических резервуаров при одосторонней связи днища с основанием и наличии подъемной силы

Методом конечных элементов выполнен анализ напряженно деформированного состояния уторного узла оболочки, по геометрическим параметрам (высота стенки и радиус) соответствующей резервуару объемом 100 тыс. м^3. Расчет проводился с учетом односторонней связи днища с основанием. Рассматривались случаи установки резервуара на мягком (С1=0,05 кН/см^3) и жестком (С1=1 кН/см^3) основании. Расчет проводился с учетом гидростатической нагрузки при заполнении резервуара до отметки 17 м. Также учитывалось влияние результирующей силы, возникающей от собственного веса стенки и кровли, веса снега и избыточного давления в паровоздушной среде. Такая сила может быть как догружающей, так и подъемной. Полученные результаты показали, что при определенных условиях работа узла сопряжения цилиндрической оболочки с плоским днищем может сопровождаться возникновением краевых и скрытых отрывов днища от основания, что в свою очередь приводит к изменениям напряженно-деформированного состояния и увеличению изгибающего момента.

Ключевые слова: стальной резервуар, конечно-элементные модели, уторный узел, напряженно-деформированное состояние, односторонняя связь днища с основанием.

Sokolova A.S. The study of boundary effect in node of a steel vertical cylindrical reservoir with unilateral connection of the bottom base and the availability upward force.

The finite element method the analysis intense the deformed condition node shell, Geometric parameters of used model (shell height and radius) confirm to parameters of tank which have capacity of 100000 m3. The design model was created assuming tank bottom as a plate on the Winkler foundation using modulus of foundation (C1=0.05 kH/cm 3 and C1=1 kH/cm3) with unilateral bottom-base constraint. The calculation was carried out considering the hydrostatic pressure when filling the tank to отметки17 M. Also considered the influence of the resultant force arising from the self-weight of walls and roof, weight of snow and pressure in air-steam environment. This force can be both additional load as well as lifting. The results showed that under certain conditions of operation of the node interface of a cylindrical shell with a flat bottom may be accompanied by the emergence of regional and implicit separation of the bottom from the base, which in turn leads to changes in the stress-strain state and the increase in bending moment.

Key words: steel tank, finite element model, atorny node, the stress-strain conditions, single-sided connection of the bottom with the base.

УДК 622.78

Пильщиков И. В., Губин Г.Г. Влияние высокой степени минерализации оборотной воды и солей жесткости на показатели технологического процесса окомкования

Основными направлениями совершенствования технологии производства железорудных окатышей на горно-обогатительных комбинатах СНГ и Украины, которые обеспечат улучшение их качества при значительном снижении теплоэнергетических затрат на процесс и повышение экологической безопасности производства, являются: стабилизация и улучшение качества железорудного концентрата, упрочняющих и флюсующих добавок, а также сырых окатышей (влажность, прочность, гранулометрический состав). Одним из таких направлений может стать разработка научно-обоснованных технологических решений по созданию комплексных связующих композиций с целью снижения отрицательного влияния высокоминерализованных шахтных вод, сбрасываемых в хвостохранилища горно-обогатительных комбинатов Кривбасса, влияющих на качество окатышей и на формирование оптимальной структуры и металлургические свойства. Оптимизация на этой основе технологии подготовки шихты и термообработки окатышей на обжиговой конвейерной машине.

Комплексный реагент- активатор, в состав которого входит органическое полимерное связующее на основе Na-карбоксилметилцеллюлозы, применен для снижения влияния солей жесткости воды, улучшения связующих свойств шихты и ее комкуемости. Наиболее высокими свойствами умягчения воды, в составе реагента-активатора, обладают фосфаты: триполифосфат натрия (Na5P3O10, 6H2O) и тринатрийфосфат (Na3PO4.12H2O), которые образуют с солями жесткости достаточно труднорастворимые фосфаты кальция, а также применяется кальцинированная сода.

Все это изменяет ионный состав и физико-химические свойства технической воды, что дополнительно сказывается на комкующей способности железорудного концентрата, активирует нерудную составляющую концентрата, активирует бентонитовое связующее и используемый в некоторых случаях торф, который и сам обладает связующими

свойствами. За счет повышенной скорости миграции воды при окомковании усиливается процесс зародышеобразования, при значительном уменьшении расходов связующего.

Ключевые слова: активация бентонита, высокоминерализованная вода, полимерные связующие, кек концентрата, соли жесткости.

Пільщиков І. В., Губін Г.Г. Вплив високої міри мінералізації оборотної води і солей жорсткості на показники технологічного процесу грудкування

Основними напрямами вдосконалення технології виробництва залізорудних окотишів на гірничо-збагачувальних комбінатах СНД і України, які забезпечать поліпшення їх якості при значному зниженні теплоенергетичних витрат на процес і підвищення екологічної безпеки виробництва, є: стабілізація і поліпшення якості залізорудного концентрату, зміцнюючих і флюсуючих добавок, а також сирих окатишів (вологість, міцність, гранулометричний склад). Одним з таких напрямів може стати розробка науково-обгрунтованих технологічних рішень по створенню комплексних єднальних композицій з метою зниження негативного впливу високомінералізованих шахтних вод, що скидаються в хвостосховища гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу, окотишів, що впливають на якість, і на формування оптимальної структури і металургійні властивості. Оптимізація на цій основі технології підготовки шихти і термообробки окатишів на обпалювальній конвеєрній машині.

Комплексний реагент- активатор, до складу якого входить органічне полімерне єднальне на основі Na - карбоксилметилцелюлози, застосований для зниження впливу солей жорсткості води, поліпшення єднальних властивостей шихти і її комкуемости. Найбільш високими властивостями зм'якшування води, у складі реагенту-активатора, володіють фосфати: триполифосфат натрію (Na5P3O10, 6H2O) і тринатрийфосфат (Na3PO4.12H2O), які утворюють з солями жорсткості вистачає труднорастворимые фосфати кальцію, а також застосовується кальцинована сода.

Усе це змінює іонний склад і фізико-хімічні властивості технічної води, що додатково позначається на здатності залізорудного концентрату, що грудкує, активує нерудну складову концентрату, активує бентонитовое єднальне і використовуваний в деяких випадках торф, який і сам має єднальні властивості. За рахунок підвищеної швидкості міграції води при грудкуванні посилюється процес зародкоутворення, при значному зменшенні витрат єднального.

Ключові слова: активація бентонита, високомінералізована вода, полімерні єднальні, кек концентрату, соли жорсткості.

Pilchikov I.V., Gubin G.G. The effect of high degree of salinity of recycled water and of hardness salts on the indicators of the technological process of pelletizing

The main directions of improving the technology of production of iron ore pellets mining and processing plants in the CIS and Ukraine, which will improve their quality with a significant reduction of thermal power cost of process and increase of ecological safety of production, are: stabilizing and improving the quality of iron ore concentrate, fluxing and hardening additives and raw pellets (moisture content, durability, particle size distribution). One of such areas could be the development of science-based technological solutions to create a comprehensive binder composition with the aim of reducing the negative effects of highly mineralized mine water discharged to the tailings mining and processing plants of Kryvbass affecting the quality of pellets and the formation of the optimal structure and metallurgical properties. Optimization of the technology of batch preparation and thermal processing of the pellets on the kiln conveyor machine. Combined reagent - activator, which includes an organic polymer-based binder, Na-carboxymethylcellulose applied to reduce the impact of water hardness salts, improving the bonding properties of the charge and its dispersions. The highest properties of softening water, consisting of reagent-activator, have phosphate: sodium tripolyphosphate (Na5P3O10, 6H2O) and sodium phosphate (Na3PO4.12H2O), which form salts of rigidity quite sparingly soluble calcium phosphates, and also used soda ash. All of this changes the ionic composition and physical-chemical properties of technical water, which further affects the ability of iron ore concentrate, activates non-metallic component of the concentrate, activity plans and bentonite binder is used in some cases peat, which itself has binding properties. Due to the increased speed of migration of water during the pelletizing process increases the process of nucleation with a substantial reduction in cost of the binder.

Keywords: activated bentonite, highly saline water, a polymer binder, the filter cake concentrate hardness salts.

УДК 697.329

Чередник А.Д., **Редько А.А**., **Гвоздецкий А.В.** Эффективность систем лучистого отопления с низкотемпературными водяными панелями

В данной статье рассматривается проблема энергосбережения, которая является одной из важнейших для строительного комплекса Украины. Одним из вариантов энергосберегающих технологий является применение потолочного водяного панельно-лучистого отопления. Использование потолочных инфракрасных излучающих панелей является наиболее эффективным при отоплении: промышленных помещений; автосалонов; торговых залов; аэровокзалов; ангаров; спортивных залов; автомоек; бассейнов; влажных помещений; трибун; офисов; гостиничных номеров; коттеджей. В статье описана система потолочного лучистого водяного отопления, приведены основные преимущества данной системы. Так же был проведен анализ существующих публикаций, материалов, методик расчета водяных отопительных панелей. Были рассмотрены и приведены общие требования к проектированию систем панельно-лучистого отопления. На базе кафедры теплогазоснабжения вентиляции и использования вторичных энергоресурсов была спроектирована и смонтирована экспериментальная установка с использованием подвесной лучистой отопительной панели, которая позволяет смоделировать фрагмент системы радиационного водяного отопления. В результате экспериментально полученных данных и их дальнейшей математической обработки было получено уравнение регрессии радиационного потока в зависимости от температуры теплоносителя и высоты помещения. Результаты экспериментов и обработки данных показали эффективность использования потолочного лучистого водяного отопления в производственных и административных помещениях.

Ключевые слова: лучистое отопление, плотность теплового потока.

Чередник А.Д., **Редько А.А**., **Гвоздецький А.В.** Ефективність систем променевого опалення з низькотемпературними водяними панелями

У даній статті розглядається проблема енергозбереження, яка є однією з найважливіших для будівельного комплексу України. Одним з варіантів енергозберігаючих технологій є застосування стельового водяного панельно-променевого опалення. Використання стельових інфрачервоних випромінюючих панелей є найбільш ефективним при опаленні: промислових приміщень; автосалонів; торговельних залів; аеровокзалів; ангарів; спортивних залів; автомийок; басейнів; вологих приміщень; трибун; офісів; готельних номерів; котеджів. У статті описана система стельового променистого водяного опалення, наведені основні переваги даної системи. Так само був проведений аналіз існуючих публікацій, матеріалів, методик розрахунку водяних опалювальних панелей. Були розглянуті та наведені загальні вимоги до проектування систем панельно-променевого опалення. На базі кафедри теплогазопостачання вентиляції та використання вторинних енергоресурсів була спроектована і змонтована експериментальна установка з використанням підвісний променистою опалювальної панелі, яка дозволяє змоделювати фрагмент системи радіаційного водяного опалення. В результаті експериментально отриманих даних та їх подальшої математичної обробки було отримано рівняння регресії радіаційного потоку в залежності від температури теплоносія і висоти приміщення. Результати експериментів та обробки даних показали ефективність використання стельового променистого водяного опалення в виробничих та адміністративних приміщеннях.

Ключові слова: променисте опалення, щільність теплового потоку.

Cherednic A.D., Redko A.A., Gvozdeckiy A.V, The effectiveness of radiant heating systems with low-temperature water panels

This article considers the problem of energy saving, which is one of the most important building complex of Ukraine. One of the variants of energy-saving technologies is the use of ceiling water radiant panel heating. The use of overhead infrared radiant panels is the most efficient for heating industrial premises; trading rooms; airport terminals; hangars; gyms; car washes; pools; wet areas; stands; offices; hotel rooms; cottages. The article describes a ceiling system radiant hot water heating, the main advantages of this system. The same analysis was conducted of the existing literature, materials, methods of calculation of water heating panels. Considered the general requirements to the system design radiant panel heating. At the department of heat and gas supply, ventilation and secondary energy resources use was designed and installed an experimental setup with overhead radiant heating panels that allows to simulate a fragment of the system of radiation water heating. As a result of experimentally obtained data and their further mathematical processing it was obtained the regression equation in the radiation flux depending on the temperature of the coolant and height of the room. The results of the experiments and data processing have shown the efficiency of using ceiling radiant water heating in industrial and administrative buildings.

Keywords: radiant heating, the heat flux density.

УДК 622.257.1

Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Коваленко В.В., Гаркуша В.С., Прокудин А.З. Тампонажные и торкрет-бетонные смеси для крепления капитальных выработок угольных шахт

Предложено комплекс мероприятий относительно технологии подземной переработки шахтных пород Западного Донбасса. Приведено анализ строительных смесей, опыт использования которых имел место на шахтах Западного Донбасса. Выполнен подбор гранулометрического состава тампонажных и торкрет-бетонных материалов на основе шахтных пород исходя из классических рекомендаций для тяжелых бетонов. Сделаны выводы относительно степени дробимости использованных пород и приведены данные относительно выхода каждой фракции в процентах по массе. Выполнено подбор рациональных составов тампонажных и торкрет-бетонных смесей на основе слабых шахтных пород. Исследованы реологические свойства тампонажных смесей и физико-механические свойства тампонажного и торкрет-бетонного камня. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках тампонажных и торкрет-бетонных смесей на основе шахтных пород по сравнению с ранее использованными материалами (цементно-песчаный раствор, ангидрит, фосфогипс). Оценка качества тампонажных растворов на основе шахтных пород проводилось по степени устойчивости к процессу седиментации, прокачиваемости насосными установками, водоудерживающей способности. Получены закономерности относительно кинетики твердения тампонажных и торкрет-бетонных материалов. Даны рекомендации относительно оптимальных составов тампонажных и торкрет-бетонных смесей.

Ключевые слова: тампонаж, торкрет-бетон, шахтная порода, плотность, прочность при сжатии, прочность при изгибе

Солодянкін О.В., Вигодін М.О., Коваленко В.В., Гаркуша В.С., Прокудин О.З. Тампонажні та торкрет-бетонні суміші для кріплення капітальних виробок вугільних шахт

Запропоновано комплекс заходів щодо технології підземної переробки шахтних порід Західного Донбасу. Виконано аналіз будівельних сумішей, досвід використання яких мав місце на шахтах Західного Донбасу. Зроблено підбір гранулометричного складу тампонажних та торкрет-бетонних матеріалів на основі шахтних порід виходячи із класичних рекомендацій для важких бетонів. Зроблено висновки відносно ступеня подрібнення використаних порід та наведені дані відносно виходу кожної фракції в процентах по масі. Виконано підбір раціональних співвідношень тампонажних та торкрет-бетонних сумішей на основі слабких шахтних порід. Досліджені реологічні властивості тампонажних сумішей та фізико-механічні властивості тампонажного та торкрет-бетонного каменю. Зроблені висновки про переваги та недоліки тампонажних та торкрет-бетонних сумішей на основі шахтних порід у порівнянні з раніше використаними матеріалами (цементно-піщаний розчин, ангідрит, фосфогіпс). Оцінка якості тампонажних розчинів на основі шахтних порід була виконана за стійкістю до процесу седиментації, прокачуваності насосними установками, здатності утримувати воду. Отримані закономірності відносно кінетики твердіння тампонажних та торкрет-бетонних сумішей. Надані рекомендації відносно оптимальних співвідношень тампонажних та торкрет-бетонних сумішей.

Ключові слова: тампонаж, торкрет-бетон, шахтна порода, густина, міцність на стиск, міцність при згинанні

Solodyankin A.V., Vygodin M.A., KovalenkoV.V., Garkusha V.S., Prokudin A.Z. Grouting and sprayed concrete mix for fixing major workings of coal mines

Proposed the complex of measures concerning technologies of underground recycling of coal mine rocks of the Western Donbass. Completed the analysis of the construction compounds, used in the mines of Western Donbass. Made selection of particle size distribution of backfill and shotcrete-concrete materials based on mine wastes considering classical recommendations for heavy concretes. Conclusions concerning the degree of divisibility of the used breeds and shows data on the yield of each fraction in percent by weight. Made selection of the rational compositions of grouting and sprayed concrete mixes on the basis of weak mining rocks. Investigated the rheological properties of cement mixes and physical-mechanical properties of grouting and sprayed concrete stone. Made conclusions about the advantages and disadvantages of grouting and sprayed concrete mixes on the basis of coal mine rocks compared to the previously used aerially (cement-sand mortar, anhydrite, phosphor gypsum). Quality evaluation of cement slurries on the basis of mine breeds was conducted on the degree of stability to the process of sedimentation, pump ability pumping units, water-holding capacity. Obtained the regularities regarding the kinetics cement hardening and shotcrete materials. Given the recommendations on the optimum compositions of cement and sprayed concrete mixes.

Keywords: plugging, shotcrete, mine breed, density, compressive strength, flexural strength.

УДК 624.131.55

Рубан Н.Н. Оценка параметров динамических воздействий от транспортных источников в условиях г. Днепропетровска

Рассматривается проблема негативного влияния динамических воздействий на геологическую среду в условиях плотной городской застройки. Приводятся примеры техногенных источников динамических воздействий и параметры создаваемой ими вибрации. Приведены возможные негативные последствия динамического воздействия на грунты. Уделяется внимание динамическим воздействиям, создаваемым движением транспорта, а также факторы, влияющие на интенсивность этих воздействий. Рассматривается система «источник воздействия – путь распространения – объект воздействия». Выполнен анализ литературных источников и нормативных документов относительно параметров вибрации, создаваемых техногенными источниками, обоснована необходимость получения экспериментальным путем дополнительных данных о динамических воздействиях от движущегося транспорта на окружающий источник массив грунта. Приведена методика измерения вибрации с помощью прибора VM6360 в условиях г. Днепропетровск. Проведены дополнительные экспериментальные исследования в пределах города Днепропетровска с целью выявления доминирующих диапазонов параметров вибрации и последующего анализа свойств грунтов, подверженных этим воздействиям. Сделан вывод о значительном превышении экспериментально установленного уровня вибрации над данными, приведенными в литературе. В заключение, предлагаются причины актуализации рассматриваемой проблемы и пути дальнейших направлений исследований.

Ключевые слова: динамические нагрузки, вибрация, виброметр VM6360, виброускорение.

Рубан Н.М. Оцінка параметрів динамічних впливів від транспортних джерел в умовах м. Дніпропетровська

Розглядається проблема негативного впливу динамічних дій на геологічне середовище в умовах щільної міської забудови. Наводяться приклади техногенних джерел динамічних навантажень і параметри створюваної ними вібрації. Наведені можливі негативні наслідки динамічного впливу на ґрунти. Приділяється увага динамічним навантаженням, створюваним рухом транспорту, а також фактори, що впливають на інтенсивність цих впливів.. Розглядається система «джерело вібродинамічних навантажень – шлях розповсюдження вібрації – об’єкт впливу». Виконано аналіз літературних джерел та нормативних документів щодо параметрів вібрації, створюваних техногенними джерелами, обґрунтована необхідність отримання експериментальним шляхом додаткових даних про створюваний транспортом динамічний вплив на масив ґрунту навколо джерела. Наведена методика вимірювання вібрації за допомогою приладу VM6360 в умовах м. Дніпропетровська. Проведені додаткові експериментальні дослідження в межах м.Дніпропетровська з метою виявлення домінуючих діапазонів параметрів вібрації і наступного аналізу властивостей ґрунту, що схильні до цих впливів. Зроблено висновок про значне перевищення експериментально встановленого рівня вібрації над даними, наведеними в літературі. У висновку пропонуються причини актуалізації розглянутої проблеми і шляхи подальших напрямків досліджень.

Ключові слова: динамічні навантаження, вібрація, віброметр VM6360, віброприскорення.

Ruban N.M. Parameter estimation of dynamic effects from vehicle sources in the conditions in Dnipro

Considered the problem of negative influence of dynamic effects on the geological environment in dense urban areas. Given examples of anthropogenic sources of dynamic effects and settings they create a vibration. Considered the possible negative impact of dynamic effects on soils. Focused on the dynamic effects generated by traffic, as well as the factors influencing the intensity of these impacts. We consider the system "the source of the impact– pathway– object impact." The analysis of literary sources and normative documents regarding the parameters of the vibration generated by man-made sources, the necessity of obtaining experimentally more data about dynamic effects from traffic on the surrounding the source of the soil. The technique of vibration measurement device VM6360 the conditions in the Dnipro. Conducted additional experimental studies within the city center with the aim of identifying the dominant ranges of vibration parameters and subsequent analysis of soil properties, are subject to these influences. The conclusion about a significant excess of the experimentally established level of vibration on the data given in the literature. In conclusion, offered the reasons of actualization of the problem and further research directions.

Keywords: dynamic loads, vibration, vibration measurement 6360 VM , the vibration acceleration.

УДК 622.75

Иванченко А. Н. Об обезвоживании мелкого концентрата на углеобогатительных фабриках Украины

Приведены сравнительные характеристики технологических цепочек обезвоживания мелкого концентрата на ОФ Украины, таблица содержания влаги в продуктах обогащения по годам. Сравнительная характеристика технологиче-

ских показателей работы неподвижных и вибрационных грохотов. А так же показатели работы макета гидрогрохота ГГКИ-К на операции обезвоживания угольной мелочи.

Предложен путь интенсификации процесса обезвоживания с помощью цилиндроконического грохота с комбинированной ситовой(подвижной и неподвижной) рабочей поверхностью, сочетающего в себе достоинства неподвижных конусных грохотов, которые имеют большую производительность, и подвижных вибрационных грохотов, которые в свою очередь имеют высокую эффективность обезвоживания материалов.

Поскольку большинство углеобогатительных фабрик отказываются от применения термической сушки, резко возрастает необходимость разработки модернизированного, более экономичного обогатительного оборудования.

Іванченко А.М. Про зневоднення дрібного концентрату на вуглезбагачувальних фабриках України

У статті наведено порівняльні характеристики технологічних ланцюжків зневоднення дрібного концентрату на ЗФ України, таблиця вмісту вологи в продуктах збагачення за роками. Порівняльна характеристика технологічних показників роботи нерухомих і вібраційних грохотів. А також показники роботи макету гідрогрохоту ГГКІ-К на операції зневоднення вугільного шламу.

Запропоновано шлях інтенсифікації процесу зневоднення за допомогою циліндроконічного грохоту з комбінованою ситовою (рухомою та нерухомою) робочою поверхнею, що поєднує в собі переваги нерухомих конусних грохотів, які мають велику продуктивність, і рухливих вібраційних грохотів, які в свою чергу мають високу ефективність зневоднення матеріалу.

Оскільки більшість вуглезбагачувальних фабрик відмовляються від застосування термічного сушіння, різко зростає необхідність розробки модернізованого, більш економічного збагачувального обладнання.

Ivanchenko A. On the dehydration of fine concentrate in the coal preparation plants of Ukraine

The article presents the comparative characteristics of the production chains of dehydration small concentrate in Ukraine, and a comparative table of moisture content in the concentrates. Comparative technological characteristics of performance of fixed and vibrating screens. As well as performance work layout hydro equipment, GGCI TO the operations of dewatering of fine coal. The suggested way of intensification of dehydration process using a cylindrical-conical screen with a combined sieve:(mobile and fixed) working surface that combines the advantages of stationary conical screens that have better performance, and mobile vibrating screens, which turn have a high efficiency of dehydration of materials. Since most coal preparation plants refuse to use thermal drying, dramatically increases the need to develop a modernized, more efficient processing equipment.

УДК 662.341.012: 662.85

Голик В.И., Комащенко В.И., Моркун В.С. Инновационные технологии комплексного использования хвостов обогащения переработки руд

Показано, что радикальным способом охраны окружающей среды является ликвидация хранилищ отходов горного и обогатительного производств с полной утилизацией продуктов переработки. Дается характеристика инновационного направления использование хвостов обогащения для приготовления твердеющих смесей для заполнения техногенных пустот при подземной разработке полезных ископаемых, актуальность которого повышается при переходе от открытого способа разработки к подземному способу. Показано, что использование хвостов без извлечения из них металлов является паллиативом. Активация хвостов в установках типа дезинтегратор не только способствует извлечению металлов, но и улучшает свойства хвостов, создавая условия для применения их в качестве строительных и закладочных материалов. Определено, что закладочные смеси на основе хвостов обогащения обеспечивают необходимую прочность искусственных массивов. Приведены результаты исследований по утилизации хвостов твердеющей смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих компонентов после извлечения металлов. Доказано, что активация хвостов обогащения путем выщелачивания в дезинтеграторе существенно улучшает качество вторичных хвостов переработки и увеличивает прочность твердеющих смесей из них. Описываемая технология обеспечивает безотходную утилизацию хвостов обогащения, обладая преимуществами экономического и экологического характера по сравнению с традиционными технологиями.

Ключевые слова: хвосты обогащения, утилизация, переработка, твердеющие смеси, подземная разработка, металлы, активация, дезинтегратор, извлечение металлов, прочность, инертные заполнители, вяжущие.

Голік В. І., Комащенко В. І., Моркун В. С. Інноваційні технології комплексного використання хвостів збагачення переробки руд

Показано, що радикальним способом охорони довкілля є ліквідація сховищ відходів гірського і збагачувального виробництв з повною утилізацією продуктів переробки. Дається характеристика інноваційного напряму використання хвостів збагачення для приготування тверднучих сумішей для заповнення техногенних порожнеч при підземній розробці корисних копалини, актуальність якого підвищується при переході від відкритого способу розробки до підземного способу. Показано, що використання хвостів без витягання з них металів є паліативом. Активація хвостів в установках типу дезинтегратор не лише сприяє витяганню металів, але і покращує властивості хвостів, створюючи умови для застосування їх як будівельні і закладні матеріали. Визначено, що закладні суміші на основі хвостів збагачення забезпечують необхідну міцність штучних масивів. Наведено результати досліджень по утилізації хвостів тверднучої суміші не лише як інертні заповнювачі, але і терпких компонентів після витягання металів. Доведено, що активація хвостів збагачення шляхом вилуговування в дезинтеграторі істотно покращує якість вторинних хвостів переробки і збільшує міцність тверднучих сумішей з них. Описувана технологія забезпечує безвідходну утилізацію хвостів збагачення, маючи переваги економічного і екологічного характеру в порівнянні з традиційними технологіями.

Ключові слова: хвости збагачення, утилізація, переробка, тверднучі суміші, підземна розробка, метали, активація, дезінтегратор, вилучення металів, міцність, інертні заповнювачі, в'яжучі.

Golik Vladimir, Komashchenko Vitaly, Morkun Vladimir Innovative technology of the complex use of mill tailings ore processing

It is shown that the radical way of environmental protection is the elimination of waste mining and processing production with full utilization processing products. The characteristic of the innovative directions of the tailings use for the preparation of solid mixtures to fill the technological voids in underground mining, the relevance of which increases with the transition from open-cut method to underground method. It is shown that using tails without removing them metals is a palliative. Activation of tails in the disintegrator not only contributes to the extraction of metals, but also improves the properties of the tailings, creating conditions for their application as building and stowing materials. Determined that backfilling mixtures based on tailings and ensure the necessary strength of the artificial arrays. The results of research on utilization of tailings hardening mixtures not only as inert fillers, but binding components after the extraction of metals. It is proved that the activation of the tailings by means of leaching in the cage significantly improves the quality of the secondary tailings and increases the strength of solid mixtures of them. The described technology provides a waste-free disposal of tailings, with the benefits of economic and environmental nature in comparison with traditional technologies.

Key words: tailings, disposal of, processing, hardening mix, underground mining, metal, activation, disintegrator, extraction of metals, strength, inert fillers, and binders.

УДК [622.81:534.222.2]: 622.868.42

Налисько Н.Н. Численный анализ влияния объемов загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны

Представлено анализ влияния объемов и длины загазирования горных выработок на импульс ударной воздушной волны, передаваемый взрывозащитному сооружению при взрыве газа на изолированных аварийных участках. Анализ выполнен путем проведения численного эксперимента методом «крупных» частиц взрыва метановоздушной смеси в цилиндрическом канале.

Ключевые слова: ударная волна, метановоздушная смесь, импульс, горная выработка, численный расчет

Налисько М.М. Чисельний аналіз впливу об'ємів загазування гірничих виробок на імпульс ударної повітряної хвилі

Представлено аналіз впливу об'ємів і довжини загазування гірничих виробок на імпульс ударної повітряної хвилі, що передається вибухозахистної споруді при вибуху газу на ізольованих аварійних ділянках. Аналіз виконаний шляхом проведення чисельного експерименту методом «великих» часток вибуху газоповітряної суміші у циліндричному каналі.

Nalisko N. N. Numerical analysis of the influence of the volumes of gassy mine workings on the momentum of the shock air wave. Presented analysis of influence of volume and length gassy mining at the momentum of the air shock wave transmitted by explosion-proof structure of the explosion of gas in isolated disaster areas. The analysis is performed by conducting a numerical experimental method of "large" particle explosion of a methane-air mixture in a cylindrical channel.

Key words: shock wave, methane-air mixture, mining excavations, numerical calculation

---

УДК 621.316.53

Волкова А. Г. Метод зменшення перехідного опору розривних контактів комутаційних пристроїв

Теоретично обгрунтовано залежність перехідного опору електричних контактів від дотичної сили стискування без прослизання (величина дотичного зусилля до поверхні замкнутих контактів не перевищує 0,1 від нормального). Отримано ступеневі залежності довжини майданчика контакту і зміна перехідного опору від способу силового навантаження. Експериментально підтверджено для мідних (М1), латунних (ЛС- 59) і срібних контактів (КМК-А00) зменшення перехідного опору на 33 - 66%. Дано рекомендації по підвищенню працездатності розривних контактів. Запропоновано, як один з методів для забезпечення додатка дотичної складовою використовувати ексцентрикові осі в шарнірних вузлах для базової моделі - контактора перемикача відгалужень обмоток трансформатора КНОА 110/1000. Запропоновано ще на стадії проектування електричного апарату використання сучасних методів комп'ютерного моделювання на основі звичайно-елементного аналізу (наприклад ANSYS), які дозволяють оптимізувати конструкцію апарату за критерієм відносності пластичної пружної деформації, що гарантує збільшення фактичній пощаді контакту і скорочення витрат на розробку нової конструкції і удосконалення існуючих. Наведено результати моделювання взаємодії контактів при різних зусиллях стискування.

Ключові слова: перехідний опір, зусилля стискування, пластична деформація, розривні контакти, контактний матеріал.

Волкова А. Г. Метод уменьшения переходного сопротивления разрывных контактов коммутационных устройств

Теоретически обоснована зависимости переходного сопротивления электрических контактов от касательной силы сжатия без проскальзывания (величина касательного усилия к поверхности замкнутых контактов не превышает 0,1 от нормального). Получены степенные зависимости длины площадки контакта и изменение переходного сопротивления от способа силовой нагрузки. Экспериментально подтверждено для медных (М1), латунных (ЛС-59) и серебряных контактов (КМК-А00) уменьшение переходного сопротивления на 33 - 66%. Даны рекомендации по повышению работоспособности разрывных контактов. Предложено, как один из методов для обеспечения приложения касательной составляющей использовать эксцентриковые оси в шарнирных узлах для базовой модели - контактора переключателя ответвлений обмоток трансформатора КНОА 110/1000. Предложено еще на стадии проектирования электрического аппарата использовать современные методы компьютерного моделирования на основе конечно-элементного анализа (например ANSYS), которые позволяют оптимизировать конструкцию аппарата по критерию относительности пластической упругой деформации, что гарантирует увеличение фактической пощаде контакта и сокращения затрат на разработку новой конструкции и усовершенствование существующих. Приведены результаты моделирования взаимодействия контактов при различных усилиях сжатия.

Ключевые слова: переходное сопротивление, усилия сжатия, пластическая деформация, разрывные контакты, контактный материал.

Volkova O. Method of reducing transition resistance of discontinuous contacts on switching devices

Theoretically grounded dependence of transient resistance of electrical contacts on tangential compression without slippage (the value of shear stress to the surface of the closed contacts does not exceed 0.1 of normal). The received power depends on the length of contact area and the change of the transition resistance on the method weight loads. Experimentally confirmed for copper(M1), brass (LS-59) and silver contacts(KMK-A00) reducing the transitional resistance by 33 - 66%. Proposed as one method to ensure application for use the tangent component of the eccentric axis in the hinge nodes for base model - switch contactor winding branches of the transformer КНОА110/1000. Proposed at the stage of designing the electric apparatus to use modern methods of computer simulation based on finite element analysis (e.g. ANSYS) to optimize the design of the device according to the criterion of relativity, elastic plastic deformation, which guarantees the increase in the effective life of the contact, and reducing the cost of developing new designs and improving existing ones. The results modeling the interaction of the contacts at different compression forces

Keywords: contact resistance, compressive, plastic deformation, discontinuous contact, contact material.

УДК 544.77.052.22

Волобаєв І. І., Лавриненко О. М., Волобаєв І. В., Ліоно А., Ульберг З. Р. Біофлокулярне збагачення дисперсних бурозалізнякових руд

Роботу присвячено вирішенню актуальної проблеми сьогодення: створенню технологічної схеми збагачення тонкодисперсних бурозалізнякових руд, використання яких, на сьогоднішній час, ускладнено зазвичай низьким вмістом в них заліза та великою дисперсністю. Проте в ряді випадках, коли немає альтернативної, більш сприятливої сировини для металургійної промисловості, та доводиться залучати у виробництво цей тип руд, постає низка технологічних проблем, спроба вирішення яких наведена в данній статі. Розробку технології проведено на хвостах збагачення бурозалізнякових руд фабрики Омарська, які є єдиною залізорудної сировиною для металургійного комбінату Зениця (Боснія та Герцеговина), та яких за роки роботи гірничо-збагачувального комбінату накопичилась велика кількість. Головна залізовмісна мінеральна фаза, в руд, що досліджувалась, – гетит – характеризується слабомагнітними властивостями, що ускладнює збагачення матеріалу традиційними методами. На основі результатів лабораторних досліджень запропоновано екологічно чисту біотехнологію переробки бурозалізнякових руд, яка передбачає попередню біофлокуляцію сировини з клітинами мікроводоростей та подальшу магнітну сепарацію. Використання запропонованої технології дозволяє суттєво збільшити вилучення заліза з бурозалізнякових руд, та залучити до переробки лежалі хвости.

Ключові слова: бурозалізнякові руди, флокуляція, залізні руди, біологічні методи збагачення.

Волобаев И. И., Лавриненко А. М., Волобаєв И. В., Лионо А., Ульберг З. Р. Биофлокулярное обогащение дисперсных бурожелезняковых руд

Работа посвящена решению актуальной проблемы настоящего: созданию технологической схемы обогащения тонкодисперсных бурожелезняковых руд, использование которых, на сегодняшнее время, усложнено обычно низким содержанием в них железа и большой дисперсностью. Однако в ряде случаев, когда нет альтернативного, более благоприятного сырья для металлургической промышленности, и приходится привлекать в производство этот тип руд, появляется ряд технологических проблем, попытка решения которых приведена в данной статье. Разработка технологии проведена на хвостах обогащения бурожелезняковых руд фабрики Омарская, которые являются единственным железорудным сырьем для металлургического комбината Зениця (Босния и Герцеговина), и которых за годы работы горно-обогатительного комбината накопилось большое количество. Главная железосодержащая минеральная фаза, у руд, которые исследовались, – гетит – характеризуется слабомагнитными свойствами, что усложняет обогащение материала традиционными методами. На основе результатов лабораторных исследований предложена экологически чистая биотехнология переработки бурожелезняковых руд, которая предусматривает предыдущую биофлокуляцию сырья с клетками микроводорослей и последующую магнитную сепарацию. Использование предложенной технологии позволяет существенно увеличить извлечение железа из бурожелезняковых руд, и привлечь к переработке лежалые хвосты.

Ключевые слова: бурожелезняковые руды, флокуляция, железные руды, биологические методы обогащения.

Volobaev I.I., Lavrynenko A.M., Volobaev I.V., Liono A., Ylberg Z.R. Bioflocculation of disperse brown iron ore

The work is devoted to solution of this urgent problem: the creation of technological schemes of enrichment of the disperse brown iron ores, the use of which is currently complicated by the low content of iron and a large dispersion. However, when there are no more favorable raw materials for the metallurgical industry, and you have to attract this type of ores, there is a number of technological problems, the solution of which is given in this article. Development of the technology was conducted on the tailings brown iron ore enterprise Omarska which are the only iron ore raw material for metallurgical plant Zenica (Bosnia and Herzegovina), and that over the years, mining and processing plant has accumulated a large number. The main iron-bearing mineral phase, ores that were studied, goethite is characterized by weakly magnetic properties, which complicates beneficiation material with traditional methods. Based on the results of laboratory studies was proposed environmentally clean biotechnology processing brown iron ores, which includes the previous bioflоccular raw materials with cells of microalgae and subsequent magnetic separation. The use of the proposed technology allows to significantly increase the extraction of iron from brown iron ores, and to involve the processing of tailings.

Key words: limonite ore, flocculation, iron ore, biological methods of enrichment

---

УДК 624:620.193

Иванова А.П., Феськова Л.В., Труфанова О.И. Повышение эффективности решения задач напряженно-деформированного состояния и долговечности корродирующих балочных элементов металлоконструкций

Балочные и стержневые элементы широко применяются в различных металлоконструкциях, которые эксплуатируются в агрессивной среде. Основной характеристикой коррозионного процесса является скорость его протекания, на которую большое влияние оказывает напряженное состояние конструкции или ее элементов. Применительно к таким конструкциям, понятие «дефектность материала» напрямую связано с коррозионным износом. Существующие

подходы к решению задач прогнозирования долговечности корродирующих элементов металлоконструкций, испытывающих деформацию изгиба, имеют ряд недостатков. Использование упрощенных моделей корродирующей поверхности приводит к увеличению размерности задачи метода конечных элементов (МКЭ) и размерности системы дифференциальных уравнений (СДУ), описывающих коррозионный процесс, также существует проблема точности решения, так как отсутствуют обоснованные рекомендации по выбору параметров численных процедур. При прогнозировании безаварийной работы корродирующих конструкций задача долговечности решается на каждой итерации поиска оптимального решения. В данной работе проведено моделирование поведения элементов балочных конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных условиях. Уделено внимание влиянию вида деформации на коррозионный износ элементов. Предложены пути повышения эффективности решения задач напряженно - деформированного состояния и долговечности корродирующих балочных элементов металлоконструкций. Рациональные параметры численных процедур определены с применением нейронных сетей, что позволяет получить решение с погрешностью, не превышающей предельно допустимую величину с минимальными вычислительными затратами.

Ключевые слова: коррозионный износ, напряжение, модель, прочность, балочный конечный элемент, параметр поврежденности, нейронная сеть.

Іванова А.П., Феськова Л.В., Труфанова О.І. Підвищення ефективності рішення задач напружено-деформованого стану та довговічності кородуючих балочних елементів металевих конструкцій

Балочні й стержневі елементи широко застосовуються в різних металоконструкціях, які експлуатуються у агресивному середовищі. Основною ознакою корозійного процесу є швидкість її протікання, на яку великий вплив має напружений стан конструкції або її елементів. Стосовно до таких конструкцій, поняття «дефектність матеріалу» прямо пов'язане з корозійним зносом. Існуючі підходи до вирішення завдань прогнозування довговічності кородуючих елементів металоконструкцій, що зазнають деформацію вигину, мають ряд недоліків. Використання спрощених моделей кородуючої поверхні приводить до збільшення розмірності задачі методу кінцевих елементів (МКЕ) і розмірності системи диференціальних рівнянь (СДУ), що описують корозійний процес, також існує проблема точності рішення, оскільки відсутні обґрунтовані рекомендації щодо вибору параметрів чисельних процедур. При прогнозуванні безаварійної роботи кородуючих конструкцій завдання довговічності вирішується на кожній ітерації пошуку оптимального рішення. У даній роботі проведено моделювання поведінки елементів балочних конструкцій, що експлуатуються в агресивних умовах. Приділено увагу впливу виду деформації на корозійний знос елементів. Запропоновано шляхи підвищення ефективності вирішення завдань напружено-деформованого стану та довговічності кородуючих балочних елементів металоконструкцій. Раціональні параметри чисельних процедур визначені із застосуванням нейронних мереж, що дозволяє отримати рішення з похибкою, які не перевищують гранично допустиму величину з мінімальними обчислювальними витратами.

Ключові слова: корозійний знос, напруга, модель, міцність, балочний кінцевий елемент, параметр пошкодженості, нейронна мережа.

Ivanova A.P., Feskova L.V., Trufanova O.I The efficiency of solving tasks stress-strain state and durability of corroding beam elements of metal

Beam and rod elements are widely used in various steel structures that operate in aggressive environments. The main characteristic of the corrosion process is the rate of its flow, which is greatly influenced by the stress state of the structure or its elements. In relation to the designs, the concept of "defective material" is directly related to corrosion wear. Existing approaches to solving the problems of forecasting of durability of corroding metal elements of experiencing the strain of bending, have several disadvantages. The use of simplified models of corroding the surface leads to an increase in the dimension of the problem the finite element method(FEM) and the dimension of the system of differential equations(sde) describing the corrosion process; there is also the issue of accuracy of the solution, as there are no well-grounded recommendations on the choice of parameters for numerical procedures. When anticipating trouble-free operation of corroding structures, the problem of durability is solved at each iteration of finding the optimal solution. In this paper, a behavior modeling of elements of beam structures operated in aggressive conditions. Attention is paid to the influence of deformation on corrosion resistant wear items. Suggested ways to improve the efficiency of solving tasks stress - strain state and durability of corroding beam elements of metal. The rational parameters of the numerical procedures are defined with the use of neural networks, which allows to obtain a solution with error not exceeding the maximum allowable value with a minimum of computational cost.

Key words: corrosion, stress-strain state, model, durability, beam finite element, damage parameters, neural network.

УДК 622.7.09:620.113

Дацун С. Н. Принципы формирования пробы при покусковом опробовании

В статье представлен новый метод нахождения минимальной массы пробы, таким образом, вопрос минимизации пробы влечет за собой минимизацию расходов на опробование и контроль технологических показателей обогатительных процессов. В данной работе осуществлена попытка учесть показатели раскрытия ценного компонента и текстурно-структурных признак руды для определения минимальной массы пробы руды. Как следует из анализа работ по опробованию массивов полезных ископаемых, одним из важнейших показателей опробования является количество кусков массива, которые необходимо отобрать в пробу. Это количество, в первую очередь, зависит от соотношений точности, которую требуется обеспечить и точности отбора, или неоднородности распределения компонентов. Найдены зависимости минимально и максимально возможного содержания ценного минерала в частицах определенного размера и определенной формы. Форма учета этой зависимости представлена в виде отношения погрешности измерения к заданной погрешности. В формулу это отношение вошло как произведение. Особое внимание уделяется точному определению минимального объема минерала. Таким образом, на основании расчетов по раскрытию ценного компонента и по распределению Бернули можно найти требуемое количество частиц в пробе в зависимости от показателей обогатимости сырья, то есть можно найти минимальную массу пробы.

Дацун С. М. Принципи формування проби при покусковом випробуванні

У статті представлений новий метод знаходження мінімальної маси проби, таким чином, питання мінімізації проби спричиняє за собою мінімізацію витрат на випробування і контроль технологічних показників збагачувальних процесів. У цій роботі здійснена спроба врахувати показники розкриття цінного компонента і структурних для текстури ознака руди для визначення мінімальної маси проби руди. Як випливає з аналізу робіт по випробуванню масивів корисних копалини, одним з найважливіших показників випробування є кількість шматків масиву, які необхідно відібрати в пробу. Ця кількість, в першу чергу, залежить від співвідношень точності, яку вимагається забезпечити і точності відбору, або неоднорідності розподілу компонентів. Знайдені залежності мінімально і максимально можливого змісту цінного мінералу в частках певного розміру і певної форми. Форма обліку цієї залежності представлена у вигляді відношення погрішності виміру до заданої погрішності. У формулу це відношення увійшло як твір. Особлива увага приділяється точному визначенню мінімального об'єму мінералу. Таким чином, на підставі розрахунків по розкриттю цінного компонента і по розподілу Бернуллі можна знайти необхідну кількість часток в пробі залежно від показників збагачуваності сировини, тобто можна знайти мінімальну масу проби. Розглянуто залежність маси проби від текстурно-структурних показників досліджуваного матеріалу, вплив розподілу по крупності на розподіл за змістом цінного компонента. Наведено формулу для розрахунку мінімальної маси проби при покусковому випробуванні.

Datsun S.M. Principles of sample formation during lumpy approbation.

The paper presents a new method of finding the minimum mass of the sample, thus, the question of minimizing the sample entails the minimization of costs of testing and monitoring the process indicators of concentration processes. In this paper we attempt to consider rates of disclosure of valuable component and textural and structural characteristic of the ore to determine the minimum mass of a sample of ore. As follows from the analysis work on the testing of arrays of minerals, one of the most important indicators of testing is the number of pieces of the array to be selected in the sample. This number primarily depends on ratios of the precision required to ensure the accuracy of the selection, or non-uniformity of component distribution. The dependences of the minimum and maximum possible content of valuable mineral in particles a certain size and a certain shape. The form of this dependence is presented in the form of the relationship for the measurement error to the specified error. In a formula this ratio is entered as a work. Special attention is paid to accurate determination of the minimum amount of mineral. Thus, on the basis of calculations of the disclosure of valuable component and the distribution Bernoulli you can find the desired number of particles in the sample in depending on the indicators of concentration of raw materials, it is possible to find the minimum sample mass.

УДК 622.016.001.891.55

Каргаполов Ю.В., Логунова А.О. Анализ текущего состояния протяженных горных выработок угольных шахт ГП «Селидовуголь»

Целью работы является обследование состояния горных выработок шахт в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь» и изучение факторов, влияющих на их устойчивость.

Выбраны объекты исследований (капитальные и подготовительные выработки шахт ГП «Селидовуголь»). Приведены результаты натурных обследований состояния протяжённых горных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь». Выявлены основные виды деформаций приконтурного массива и крепи, характерные для исследуемых выработок. Определены основные факторы, которые влияют на устойчивость выработок. Выполнено накопление и обобщение научно-практического опыта, который является последующей базой для обоснования и разработки эффективных способов обеспечения длительной устойчивости протяженных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новогродовская» и ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь». Намечены основные направления исследований для решения технических вопросов улучшения работы шахт, связанные с проведением, креплением и поддержанием капитальные и подготовительные выработки шахт ГП «Селидовуголь».

Каргаполов Ю.В., Логунова А.О. Аналіз поточного стану протяжних гірничих виробок вугільних шахт дп «селідоввугілля»

Метою роботи є обстеження стану гірських вироблень шахт в умовах ОП "Шахта 1/3 Новогродовская" і ОП "Шахта "Росія" ДП "Селідовугілля" і вивчення чинників, що впливають на їх стійкість.

Вибрані об'єкти досліджень (капітальні і підготовчі вироблення шахт ГП "Селідовугілля"). Приведені результати натурних обстежень стану протяжних гірських вироблень в умовах ОП "Шахта 1/3 Новогродовская" і ОП "Шахта "Росія" ГП "Селидовуголь". Виявлені основні види деформацій приконтурного масиву і крепи, характерні для досліджуваних вироблень. Визначені основні чинники, які впливають на стійкість вироблень. Виконано накопичення і узагальнення науково-практичного досвіду, який є наступною базою для обгрунтування і розробки ефективних способів забезпечення тривалої стійкості протяжних вироблень в умовах ОП "Шахта 1/3 Новогродовская" і ОП "Шахта "Росія" ГП "Селидовуголь". Намічено основні напрями досліджень для вирішення технічних питань поліпшення роботи шахт, пов'язані з проведенням, кріпленням і підтримкою капітальні і підготовчі вироблення шахт ДП "Селідовугілля".

Ключові слова: гірнича виробка, шахтні дослідження, кріплення, стійкість виробки.

Kargapolov Y.V., Logunova A.O. Analysis of the current conditions of extended coal workings in coal mines "SelidovUgol"

The aim of this work is to survey the conditions of the mining pits in terms of the "Mine1/3 Novogrodovka" and "Mine"Russia" Mining Enterprise "SelidovUgol" and study of the factors affecting their stability. Selected the research subjects: capital and preparatory development of the mines of "SelidovUgol" . Proposed the results of field surveys the state of the extensive mine workings in the conditions of "Mine1/3 Novogrodovka" and "Mine"Russia" ME"SelidovUgol". The basic types of deformations of the circuit array and the bolting characteristic for the examined support. The main factors affecting the stability of excavations. Made the accumulation and generalization of scientific and practical experience, which is as further basis for the study and development of effective ways to provide long-lasting stability of extended mine workings in the conditions of "Mine1/3 Novogrodovka" and "Mine"Russia" ME"SelidovUgol". Outlined the main directions for research to

solve the technical issues of improving the mine workings associated with holding, mounting and maintenance the capital and preparatory development of the mines of ME"SelidovUgol".
Keywords: mine working, mining research, support, working stability.

УДК 622.272: 697.956

Лапшин О.Є., Федусов І.А. Математичне моделювання процесів динаміки пилових потоків в гірничих виробках

Проаналізовано результати проб повітря на запиленість пристовбурових виробок шахти «Октябрська» та шахти «Родіна» ПАТ «КЗРК», які виконала промсанлабораторія цього підприємства в 2013-2015 роках. Мету роботи - математично дослідити та вивести залежність, яку можна використовувати при розрахунку ефективності осідання рудникового пилу різного дисперсного складу в гірничих виробках рудникових шахт, було досягнуто. Оскільки на дно гірничих виробок осідає значно більше пилу, чим на стінки і особливо покрівлю, то осідання пилу автори розглядали тільки під дією гравітаційних сил. В основу теорії процес осідання аерозолів в великій кількості робіт, авторами положена закономірність руху окремо взятої пилинки. Було описано математичну модель ефективності осідання рудникового пилу різного дисперсного складу в гірничій виробкі з урахування початкової концентрації пилу, та швидкості потоку повітря в гірничих виробках пристовбурових комплексів рудникових шахт. Отримані рівняння руху і осідання пилу в гірничих виробках орієнтовані на їх можливу експериментальну перевірку, усі параметри, необхідні для обчислень, що входять у ці рівняння, вимірюються сучасними приладами або стаціонарними датчиками які встановленні в пристовбуровому комплексі шахти.

Ключові слова: математичне моделювання, пил, осідання пилу, концентрація пилу, гірнича виробка, турбулентний рух, рівняння руху пилу, рівняння осідання пилу.

Лапшин А.Е., Федусов И.А. Математическое моделирование процессов динамики пылевых потоков в горных выработках

В статье проанализированы результаты проб воздуха на запиленность пристволовых выработок шахты "Октябрська" и шахты "Родина" ПАО "КЖРК", которые, выполненные промсанлабораторией этого предприятия в 2013-2015 гг. Цель, поставленная авторами, - математически исследовать и вывести зависимость, которую можно использовать при расчете эффективности оседания рудниковой пыли разного дисперсного состава в горных выработках рудниковых шахт, была достигнута. Поскольку на дно горных выработок оседает значительно больше пыли, чем на стенки и особенно кровлю, то оседание пыли рассматривалось только под действием гравитационных сил. В основу теории процесс оседания аэрозолей в большом количестве работ, положена закономерность движения отдельно взятой пилинки. Была описана математическая модель эффективности оседания рудниковой пыли разного дисперсного состава в горной виробкі из учета начальной концентрации пыли, и скорости потока воздуха в горных выработках пристовбурових комплексов рудниковых шахт. Полученные уравнения движения и оседания пыли в горных выработках ориентированы на их возможную экспериментальную проверку, все параметры. необходимые для вычислений, входящих в эти уравнения, измеряются современными приборами или стационарными датчиками, которые установлены в пристволовом комплексе шахты.

Ключевые слова: математическое моделирование, пыль, оседание пыли, концентрация пыли, горная выработка, турбулентное движение, уравнение движения пыли, уравнения оседания пыли.

Lapchin O. E., Fedusov I. A. Mathematical modeling of the dynamics of dust flows in mine workings

The article analyzes the results of air samples on dust levels of mine workings "Oktyabrsk Mine"Rodina", JSC"KZhRK",made by laboratory of this enterprise 2013-2015 .Goal, set by the authors, is to investigate and mathematically deduce the dependence used while calculating the effective mining dust deposition of different particle composition in ore mines, was achieved. Because at the bottom of mines accumulates much more dust than on the walls and especially the roof; the dust deposition was considered only under the influence of gravitational forces. The theory is based upon the process of sedimentation of aerosols in a great number of work on the regularity of the movements of taken separately dust particles. Was described the mathematical model of efficiency of mining dust deposition of different particle size distribution from a given initial dust concentration, and speed of air flow in mine workings of complexes ore mines. The equations of movement and settling of dust in mine workings focused on their possible experimental verification of all the parameters. necessary for the calculations included in these equations are measured with modern instruments and fixed sensors that are installed in the mine complexes.

Key words: mathematical modeling, dust, dust deposition, dust concentration, excavation, turbulent motion, equation of motion of a dust.

УДК 622.235

Шапурін О.В., Синичич П.М. Оптимізація комбінованого буріння свердловинз утворенням котловин великого діаметру

Наведено аналіз наукових досліджень щодо комбінованої технології оббурювання уступів у кар'єрі і аналіз практичного застосування такої технології. Встановлена закономірність зміни собівартості вибухової відбійки залізистих кварцитів Південного ГЗК у вигляді суми собівартостей основних процесів, а саме: механічного буріння піонерної свердловини, її термічного розширення, заряджання, з урахуванням видатку коштів на засоби ініціювання і вибухові речовини. Встановлено існування лінійної закономірності між радіусом піонерної свердловини і радіусом котлової порожнини. Проведено дослідження варіантів проходки піонерної свердловини діаметрами від 0,152 м до 0,203 м за допомогою верстата Roc L – 8 фірми Atlas Copco з подальшим їх термічним розширенням під заряд. При цьому кожному діаметру піонерної свердловини відповідає (із позицій економічної доцільності) свій оптимальний розмір котлового розширення. Так, для діаметра піонерної свердловини 171 м оптимальним є діаметр котла 0,32 м. Досліджено утворення котлових розширень для відомої технології з проходкою піонерної свердловини шарошковим долотом. Виявлено, що на відміну від застосовуваного діаметра котла 0,36 м, більш оптимальним у цьому випадку буде діаметр 0,4 м.

Шапурин А.В., Синичич П. М. Оптимизация комбинированного бурения скважин с образованием котловин большого диаметра

Приведен анализ научных исследований по комбинированной технологии оббуривания уступов в карьере и анализ практического применения такой технологии. Установлена закономерность изменения себестоимости взрывной отбойки железистых кварцитов Южного ГОКа в виде суммы себестоимостей основных процессов, а именно: механического бурения пионерной скважины, ее термического расширения, зарядка, с учетом расхода средств на средства инициирования и взрывчатые вещества. Установлено существование линейной закономерности между радиусом пионерной скважины и радиусом котловой полости. Проведено исследование вариантов проходки пионерной скважины диаметрами от 0,152 м до 0,203 м с помощью станка Roc L - 8 фирмы Atlas Copco с последующим их термическим расширением под заряд. При этом каждому диаметру пионерной скважины соответствует (с позиций экономической целесообразности) свой оптимальный размер котлового расширения. Так, для диаметра пионерной скважины 171 м оптимальным является диаметр котла 0,32 м. Исследовано образование котловых расширений для выше названой технологии с проходкой пионерной скважины шарошечным долотом. Выявлено, что в отличие от применяемого диаметра котла 0, 6 м, более оптимальным в этом случае будет диаметр 0,4 м.

Shapurin A.V., Synychych P.M. Optimization of a combined hole drilling with the formation of large diameter hollows.

The analysis of scientific researches on the combined technology of ledge drilling in the quarry and the analysis of practical application of such a technology. Set up the pattern of changes in the cost blasting of ferruginous quartzite of the southern mining as the sum of costs of main processes, namely mechanical drilling pilot wells, its thermal expansion, charging, the costs of the means of initiation and explosive. Set the existence linear patterns between the radius of the pilot bore and the radius of the hole cavity. A study of options for drilling the pilot holes with diameters 0.152 m to 0,203 m using the machine Roc L - 8 labeled Atlas Copco and their subsequent thermal expansion under charging. In this case, each diameter of the pilot bore corresponds to (economically) its optimal size of boiler expansion. So, for the diameter of the pilot bore 171 m is optimal diameter of the hole 0,32 m. Studied the formation of hole extensions for the above mentioned technology of diameter 0.6 m, more optimal in this case is the diameter 0.4 m the borehole roller cone bit.

УДК 622.271.4.012.3

Несмашный Е.А., Ткаченко Г.И., Болотников А.В., Романенко А.А. Определение коэффициента структурного ослабления скального массива Ингулецкого карьера на основании фрактального анализа

Разработана методика определения фрактальной размерности скальных массивов на основе анализа фотоизображений их откосов. Определена фрактальная размерность в откосах скальных уступов с природной трещиноватостью; после стандартного контурного взрывания; после контурного взрывания по методу В.М. Ратушного. Выполнен расчет коэффициента структурного ослабления скального массива в соответствии с изменением его фрактальной размерности. Установлены зависимости коэффициента структурного ослабления породного массива от величины его фрактальной размерности при различных значениях масштабного фактора. Полученные значения коэффициента структурного ослабления позволили конкретизировать информацию о степени нарушенности законтурного массива, образовавшейся при контурном взрывании, с целью дальнейшего определения степени устойчивости сдвоенных уступов в районе юго-западного борта Ингулецкого карьера при постановке их на предельный или временно нерабочий контур.

Несмашний Є.О., Ткаченко Г.І., Болотников А.В., Романенко А.О. Визначення коефіцієнта структурного ослаблення скельного масиву Інгулецького карєру на підставі фрактального аналізу

Авторами запропонована методика визначення фрактальної розмірності скельних масивів на підставі аналізу фотозображень укосів бортів Інгулецького кар'єру, на яких спостерігається хаотичний розподіл природних та техногенних порушень у вигляді складної системи тріщин, що мають фрактальну структуру. Фрактальна розмірність визначена для наступних умов: природної тріщинуватості; після стандартного контурного висаджування; після контурного висаджування за методом В.М. Ратушного. Виконано розрахунок коефіцієнта структурного послаблення скельного масиву з урахуванням його фрактальної розмірності. Встановлені залежності коефіцієнта структурного послаблення скельного масиву від величини його фрактальної розмірності при різних значеннях масштабного фактору. Це дозволило конкретизувати інформацію о ступені порушеності законтурного масиву, створеної при контурному висаджуванні, з метою подальшого визначення ступеня стійкості подвійних уступів в районі південно-західного борту Інгулецького кар'єру при постановці його на граничний або тимчасово неробочий контур.

Nesmashny EA, Tkachenko GI, Bolotnikov AV, Romanenko AA. Determination of the coefficient of structural weakening of the rock mass in Ingulets career on the basis of fractal analysis

The method of determining the fractal dimension of a rock mass on the basis of the analysis of the photograph images of their slopes. Defined fractal dimension in the slopes of the rocky ledges with the natural fracture; after the standard contour blasting; after blasting of a contour by V.M. Ratushny's method . The calculation of the coefficient of structural weakening of the rock mass in accordance with the change of its fractal dimension. The dependence of the coefficient of structural weakening of the rock mass from the value of its fractal dimension for different values of the scale factor. The obtained values of the coefficient of structural weakening allowed to specify information about the degree of disturbance of the peripheral array formed by contour blasting, to further determine the degree of stability of the double ledges in the area South-West side Ingulets career in setting their limit or temporarily inoperative circuit.

УДК 622.235

Тищенко С.В., Еременко Г.И., Гапоненко И.А. Исследование зоны разрушения скважинного заряда вв с воздушным промежутком в донной части скважины

Объективные причины роста глубины железорудных карьеров обуславливают увеличение удельного веса в разработке крепких обводненных горных пород, с одновременным увеличением себестоимости работ буровзрывного

комплекса. В сложившихся условиях ведения горных работ возникает проблема, связанная с качеством взорванной горной массы, не всегда удовлетворяющей требованиям дальнейшего технологического передела.
Реальным путем достижения повышения качества взрывоподготовки горных пород в сложившихся условиях разработки полезного ископаемого на железорудных карьерах, является разработка системы технологических методов взрывного разрушения, основанной на максимальной концентрации энергии взрыва и ее рациональном перераспределении в разрушаемом горном массиве. Возникает необходимость в разработке новых технологий взрывных работ, позволяющих получать высокое качество дробления взрываемой горной породы.
На основе гидродинамической модели действия взрыва рассмотрен вопрос определения границ зоны разрушения и гранулометрического состава взорванной горной массы при взрыве скважинного заряда ВВ в неограниченной среде. Эта модель используется для инженерных расчетов и решений научно-технических задач при применении скважинных зарядов с воздушным промежутком в донной части заряда ВВ.

Тищенко С. В., Єременко Г. І., Гапоненко І.А. Дослідження зони руйнування свердловинного заряду вв з повітряним проміжком в донній частині свердловини

Об'єктивні причини зростання глибини залізорудних кар'єрів обумовлюють збільшення питомої ваги в розробці міцних гірських порід, що обводнюють, з одночасним збільшенням собівартості робіт буропідривного комплексу. В умовах ведення гірських робіт, що склалися, виникає проблема, пов'язана з якістю підірваної гірської маси, що не завжди задовольняє вимогам подальшого технологічного переділу.
Реальним шляхом досягнення підвищення якості взрывоподготовки гірських порід в умовах розробки корисної копалини, що склалися, на залізорудних кар'єрах, являється розробка системи технологічних методів вибухового руйнування, заснованій на максимальній концентрації енергії вибуху і її раціональному перерозподілі в руйнованому гірському масиві. Виникає необхідність в розробці нових технологій вибухових робіт, що дозволяють отримувати високу якість дроблення висаджуваної в повітря гірської породи.
На основі гідродинамічної моделі дії вибуху розглянуто питання визначення меж зони руйнування і гранулометричного складу підірваної гірської маси при вибуху свердловинного заряду ВВ в необмеженому середовищі. Ця модель використовується для інженерних розрахунків і рішень науково-технічних завдань при застосуванні свердловинних зарядів з повітряним проміжком в донній частині заряду ВВ.

Tychenko S.V., Eremenko G.I., Gaponenko I.A, Study of the damage zones in the borehole explosive charge with an air gap in the bottom of the bore

Objective reasons for the growth of the depth of iron ore pits cause an increase in the specific weight in the development of strong flooded rocks, with a simultaneous increase in the cost of drilling and blasting complex. In the current conditions of mining there is a problem with the quality of the blasted rock mass that do not always meet the requirements of the further process stages. The real way of improving the quality of preparation for blasting operations in rocks under the conditions of development of a mineral in iron ore quarries, is the system of technological methods of explosive destruction based on maximum concentrations of explosion energy and its efficient redistribution in destructible rock mass. There is a need in the development of new technologies of blasting operations, allowing to obtain high quality of crushing of the blasted rocks. On the basis of a hydrodynamic model of the explosion considered the question of determining the boundaries of the zone of destruction and the granulometric composition of blasted rock mass in the explosion of the explosive charge downhole in an unlimited environment. This model is used for engineering calculations and solutions of scientific and technical problems in the application of wells charges with an air gap at the bottom of the explosive charge.

УДК 622.271

Ткаченко Г.И., Герасимова Е.В. Биленко А.Е., Болотников А.В. Определение возможности увеличения результирующих углов наклона бортов карьера путем обратных расчетов прочностных свойств пород на примере Глеевatского карьера ПАО «ЦГОК»

В статье разработана вариация метода обратных расчетов прочностных свойств скальных пород на основании метода алгебраического сложения сил, определены усредненные показатели прочностных свойств скальных и полускальных массивов Глеевatского карьера. Выполнен расчет максимально-допустимых углов наклона бортов Глеевatского карьера ПАО «ЦГОК» на основании анализа текущего положения откосов с учетом текущих проектных решений по его углубке до глубины 500 метров.
В качестве исходных данных для расчета использовались: - стратиграфия строения массива горных пород в районе восточного борта Глеевatского карьера; - значения прочностных свойств вскрышных пород Глеевatского месторождения по результатам обратных расчетов и по данным Криворожского отделения института ВИОГЕМ с учетом величины коэффициента структурного ослабления.

Ключевые слова: устойчивость бортов, физико-механические свойства пород, обратные геомеханические расчеты, углы наклона бортов, текущее положение откосов.

Ткаченко Г.І., Герасимова К.В. Біленко А.Є., Болотников А.В. Визначення можливості збільшення результуючих кутів нахилу бортів кар'єру шляхом зворотних розрахунків міцнісних властивостей порід на прикладі Глеюватського кар'єру ПАТ "ЦГЗК"

У статті розроблена варіація методу зворотних розрахунків міцнісних властивостей скельних порід на підставі методу складання алгебри сил, визначені усереднені показники міцнісних властивостей скельних і напівскельних масивів Глеюватського кар'єру. Виконано розрахунок максимально-допустимих кутів нахилу бортів Глеюватського кар'єру ПАТ "ЦГЗК" на підставі аналізу поточного положення укосів з урахуванням поточних проектних рішень по тій, що його поглибила до глибини 500 м
Як початкові дані для розрахунку використовувались:- стратиграфія будови масиву гірських порід в районі східного борту Глеюватського кар'єру; - значення міцнісних властивостей розкривних порід Глеюватського родовища за результатами зворотних розрахунків і за даними Криворізького відділення інституту ВІОГЕМ з урахуванням величини коефіцієнта структурного послаблення.

Ключові слова: стійкість бортів, фізико-механічні властивості порід, зворотні геомеханічні розрахунки, кути нахилу бортів, поточне положення укосів.

Tkachenko G.I., Gerasimova K.V., Bilenko A.E., Bolotnikov A.V. Determining the increase of the resulting angle of the pit by inverse calculation of rock strength properties on the example Glavatskyy career "Central Mining Enterprise"

The article elaborated the variation method of inverse calculation of the strength rock properties based on the method of algebraic addition of forces; determined the averages of the strength rock properties and semi arrays Glavatskyy career. The calculation of maximum permissible angles of the side inclination in Glavatskyy career "Central Mining Enterprise" based on the analysis of the current situation of slopes considering the current design solutions in his plant to a depth of 500 meters. The initial data were used for the calculation: - the stratigraphy of the rock mass structure in the area of East side Glavatskyy career; - the values of the strength properties of overburden rocks Glavatskih field according to the results of inverse calculations, and according to the Kryvyi Rih Institute Department VIAGEM given the magnitude of the coefficient of structural weakening.

Key words: stability of the boards, physical-mechanical properties of rocks, geomechanical inverse calculations, angles of ramps, position of slopes.

УДК 657:339.564

Ізмайлов Я.О. Експортні операції та їх відображення в системі бухгалтерського обліку на підприємствах України

Розглянуто відображення експортних операцій в системі обліку на підприємствах України на етапі євроконвергенції національних регламентів бухгалтерського обліку, тобто приведення їх у відповідність з Директивою Ради 2013/34/ ЄС. Охарактеризовано особливості і проблеми обліку відповідних операцій та їх вплив на формування доходів та фінансових результатів підприємств-експортерів. Уточнено теоретичні засади побудови системи бухгалтерського обліку експортних операцій з огляду на те, що сума доходу в іноземній валюті визначається шляхом перерахунку в гривні з використанням валютного курсу, який діє на дату здійснення операцій і не переараховується надалі у зв'язку зі зміною валютного курсу. Розроблено і викладено чітко визначений порядок обліку курсових різниць від експортної діяльності на умовах передоплати та відстрочення оплати для підприємств, що є резидентами України, встановлення моменту визнання доходів і витрат від здійснення експортних операцій. Запропоновано кореспонденцію рахунків з обліку експортних операцій на підприємствах України для випадків, коли першою подією є отримання оплати за експортну поставку та коли першою подією є відвантаження товару на експорт. Визначено напрями підвищення достовірності, прозорості та аналітичної спрямованості облікової інформації про експортні операції з урахуванням міжнародної практики та національних особливостей їх здійснення.

Ключові слова: облік, експорт, іноземна валюта, курсові різниці, попередня оплата, наступна оплата.

Измайлов Я.А. Экспортные операции и их отражение в системе бухгалтерского учёта на предприятиях Украины

Рассмотрено отражение экспортных операций в системе учёта на предприятиях Украины на этапе евроконвергенции национальных регламентов бухгалтерского учёта, то есть приведение их в соответствие с Директивой Совета 2013/34/ ЕС. Охарактеризованы особенности и проблемы учёта соответствующих операций и их влияние на формирование доходов и финансовых результатов предприятий-экспортёров. Уточнены теоретические основы построения системы бухгалтерского учёта экспортных операций с учётом того, что сумма дохода в иностранной валюте определяется путём пересчёта в гривны с использованием валютного курса, действующего на дату осуществления операций и не пересчитываемого в дальнейшем в связи с изменением валютного курса. Разработан и изложен чётко определенный порядок учёта курсовых разниц от экспортной деятельности на условиях предоплаты та отсрочки оплаты для предприятий, являющихся резидентами Украины, установление момента признания доходов и расходов от осуществления экспортных операций. Предложена корреспонденция счетов по учёту экспортных операций на предприятиях Украины для случаев, когда первым действием является получение оплаты за экспортную поставку и когда первым действием является отгрузка товара на экспорт. Определены направления повышения достоверности, прозрачности и аналитической направленности учётной информации об экспортных поставках с учётом международной практики и национальных особенностей её осуществления.

Ключевые слова: учёт. Экспорт, иностранная валюта, курсовые разницы, предварительная оплата, последующая оплата.

Izmaylov Y.A. Export operations and their reflection in the accounting system at the enterprises of Ukraine

Considered a reflection of the export transactions in the accounting system at the enterprises of Ukraine at the stage of European convergence national regulations of accounting, that is, bringing them into line with the Council Directive 2013/34/ EU. Outlined the features and problems of accounting related transactions and their impact on income generation and financial results of enterprises-exporters. Refined the theoretical foundations of the system of accounting of export transactions given the fact that the amount of income in foreign currency is determined by recalculation in UAH using the exchange rate prevailing on the date of transactions and not recalculated in the future in connection with exchange rate changes. Developed and presented a well-defined accounting exchange rate differences from export activities prepaid the deferred payment for businesses who are residents of Ukraine, establishing the moment of recognition of revenues and costs from the implementation of export operations. The proposed correspondence of accounts on accounting of export operations at the enterprises of Ukraine for the cases when the first action is obtaining payment for export supply and when the first action is the shipment of goods for export. The directions of increasing reliability of transparency and analytical focus of the registration information of export in line with international practice and national characteristics of its implementation.

Key words: accounting, exports, foreign currency, foreign exchange, prepayment, follow payment

---

УДК 339.138:339.564

Єгорова І.Г. Оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів гірничо-збагачувальних підприємств-експортерів

Уточнено трактування поняття економічної ефективності міжнародних маркетингових заходів, здійснено порівняння існуючих якісних та кількісних методів її оцінювання з точки зору прийнятності використання на гірничо-збагачувальних підприємствах. Визначено специфічні риси діяльності залізорудних підприємств-експортерів на міжнародних ринках в сучасних умовах, які потрібно враховувати в процесі створення єдиної універсальної методики оцінювання ефективності заходів міжнародного маркетингового спрямування. Запропоновано систематизовану методику визначення ефективності міжнародної маркетингової діяльності, яка пройшла апробацію на звітних матеріалах гірничо-збагачувальних підприємств України. В основу розробленої методики покладено розгляд економічної ефективності міжнародних маркетингових рішень як віддачі від витрат на проведення міжнародних маркетингових заходів. Обґрунтовано можливість обрання в якості результатів міжнародної маркетингової діяльності не лише одержаного прибутку, але й приросту обсягів поставок (реалізації) продукції гірничо-збагачувальних підприємств на міжнародний ринок в натуральному або вартісному вимірі. В рекомендованій до використання гірничо-збагачувальними підприємствами методичній базі проведення деталізованих розрахунків ефективності міжнародних маркетингових заходів передбачено розрахунок показників віддачі від витрат на маркетингові дослідження на ринку окремої країни, до якої здійснюються поставки залізорудної продукції, віддачі від витрат на реалізацію стратегічних маркетингових планів гірничо-збагачувальних підприємств на ринку цієї країни та віддачі від витрат на реалізацію комплексу маркетингу на зазначеному ринковому сегменті, які за потреби можуть бути узагальнені в єдиний показник ефективності міжнародного маркетингу. Визначено переваги і доведено коректність застосування розробленої методики оцінювання ефективності міжнародних маркетингових заходів для експортоорієнтованих гірничо-збагачувальних підприємств.

Ключові слова: ефективність, міжнародні маркетингові заходи, методика, експорт, віддача від витрат на міжнародний маркетинг.

Егорова И.Г. Оценивание эффективности международных маркетинговых мероприятий горно-обогатительных предприятий-экспортёров

Уточнена трактовка понятия экономической эффективности международных маркетинговых мероприятий, осуществлено сравнение существующих качественных и количественных методов её оценивания с точки зрения приемлемости использования на горно-обогатительных предприятиях. Определены специфические черты деятельности железорудных предприятий-экспортёров на международных рынках в современных условиях, которые нужно учитывать в процессе создания единой универсальной методики оценивания эффективности мероприятий международной маркетинговой направленности. Предложена систематизированная методика определения эффективности международной маркетинговой деятельности, прошедшая апробацию на отчётных материалах горно-обогатительных предприятий Украины. В основу разработанной методики положено рассмотрение экономической эффективности международных маркетинговых решений как отдачи от затрат на проведение международных маркетинговых мероприятий. Обоснована возможность выбора в качестве результатов международной маркетинговой деятельности не только полученной прибыли, но и прироста объёмов поставок (реализации) продукции горно-обогатительных предприятий на международный рынок в натуральном или стоимостном измерении. В рекомендованной к использованию горно-обогатительными предприятиями методической базе проведения детализированных расчётов эффективности международных маркетинговых мероприятий предусмотрен расчёт показателей отдачи от затрат на маркетинговые исследования на рынке отдельной страны, в которую осуществляются поставки железорудной продукции, отдачи от затрат на реализацию стратегических маркетинговых планов горно-обогатительных предприятий на рынке этой страны и отдачи от затрат на реализацию комплекса маркетинга на определённом рыночном сегменте, которые при необходимости могут быть обобщены в единый показатель эффективности международного маркетинга. Определены преимущества и доказана корректность применения разработанной методики оценивания эффективности международных маркетинговых мероприятий для экспортоориентированных горно-обогатительных предприятий.

Ключевые слова: эффективность, международные маркетинговые мероприятия, методика, экспорт, отдача от затрат на международный маркетинг.

Jegorova I.G, Estimation of efficiency of the international marketing actions mining and processing export enterprises

The treatment of concept of economic efficiency of the international marketing actions is specified, comparison of the existing qualitative and quantitative methods of its estimation from the view point of use acceptability at the mining and processing enterprises is carried out. Peculiar features of activity of the iron ore export enterprises in the international markets in modern conditions which need to be considered in the course of creation of a uniform universal technique of estimation of action efficiency of the international marketing orientation are defined. The systematized technique of efficiency determination of the international marketing activity which passed approbation on reporting materials of the mining and processing enterprises of Ukraine is offered. Consideration of economic efficiency of the international marketing decisions as returns from costs of carrying out the international marketing actions is the basis for the developed technique.

The possibility of the choice as results of the international marketing activity is proved not only the got profit, but also gain of volumes of deliveries (realization) of production of the mining and processing enterprises on the international market in natural or cost measurement. Calculation of indicators of return from costs of marketing researches in the market of the certain country to which deliveries iron ore production, returns from costs of implementation of strategic marketing plans of the mining and processing enterprises in the market of this country and return from costs of realization of a complex of marketing on a certain market segment which if necessary can be generalized in a uniform indicator of efficiency of the international marketing are carried out; provided in the methodical base of carrying out the detailed calculations of efficiency of the international marketing actions recommended for use by the mining and processing enterprises. Determined advantages and proved the correctness of application of the developed technique of estimation efficiency of the international marketing actions for the export-oriented mining and processing enterprises.

Keywords: efficiency, the international marketing actions, a technique, export, return from expenses on the international marketing.

УДК 336.7+338.4

Турило А.А. Взаємозв'язок інновацій з системою управління витратами підприємства

Встановлено зв'язок інновацій з системою управління витратами на промисловому підприємстві.

Досліджено сучасний стан розвитку суб'єктів господарювання і доведено тісний його зв'язок з використанням інновацій у виробництві. Доведено, що інновації і їх зростаюча роль в діяльності підприємств виступають техніко-економічною закономірністю.

Досліджено і розкрито зміст впливу інновацій, інноваційних заходів та інноваційного розвитку в цілому на управління та зниження витрат на підприємстві.

Визначено основні принципи переходу до формування інноваційного типу розвитку підприємства.

Розглянуто основні умови і шляхи конкурентного розвитку підприємства. Визначено періоди впливу інновацій на формування витрат підприємства.

Доведено, що система управління витратами на підприємстві буде результативною, якщо вона гармонійно поєднується з такими важливими аспектами діяльності підприємства в цілому по удосконаленню: економічних і соціально-психологічних методів управління виробництвом; фінансово-кредитних заходів щодо залучення інноваційних ресурсів; ціноутворення; маркетингових досліджень тощо.

Обґрунтовано, що система управління витратами підприємства в своїй основі повинна бути спрямована і постійно жорстко орієнтуватись на конкретного споживача, точніше на вимоги споживача щодо продукції, яку дане підприємство поставляє на ринок. Тільки комплексне і деталізоване дослідження ринку, попиту та вимог споживачів дозволить розробити ефективну систему взаємозв'язку між інноваційною політикою і політикою управління витратами на підприємстві, яка доорієнтована на ринок і забезпечить бажані для підприємства кінцеві результати його діяльності.

Ключові слова: ефективність, економічний та стратегічний розвиток, конкурентність.

Турило А.А. Взаимосвязь инноваций с системой управления расходами предприятия

Установлена взаимосвязь инноваций с системой управления расходами на промышленном предприятии.

Исследовано современное состояние развития субъектов хозяйствования и доказана тесная его взаимосвязь с использованием инноваций в производстве. Доказано, что инновации и их растущая роль в деятельности предприятий выступают технико-экономической закономерностью.

Произведены исследования и раскрыто содержание влияния инноваций, инновационных мероприятий и инновационного развития, в целом на управление и снижение расходов на предприятии.

Определены основные принципы перехода до формирования инновационного типа развития предприятия.

Рассмотрены основные условия и пути конкурентного развития предприятия. Определены периоды влияния инноваций на формирование расходов предприятия.

Доказано, что система управления расходами на предприятии будет результативной, если она гармонично совмещается с такими важными аспектами деятельности предприятия в целом по усовершенствованию: экономических и социально-психологических методов управления производством; финансово-кредитных мероприятий по привлечению инновационных ресурсов; ценообразование; маркетинговых исследований и тому подобное.

Обоснованно, что система управления расходами предприятия в своей основе должна быть направлена и постоянно жестко ориентироваться на конкретного потребителя, точнее по требованиям потребителя относительно продукции, которую данное предприятие поставляет на рынок. Только комплексное и детализированное исследование рынка, спроса и требований потребителей, позволит разработать эффективную систему взаимосвязи между инновационной политикой и политикой управления расходами на предприятии, которая ориентирована на рынок и обеспечит желаемые для предприятия конечные результаты его деятельности.

Ключевые слова: эффективность, экономическое и стратегическое развитие, конкурентность.

Turilo A.A. The relationship of innovation expenditure management system of the enterprise

Set the relationship of innovation expenditure management system at the industrial enterprise. Investigated the current state of development entities and proved its close correlation with the use of innovations in production. Proven that innovations and their growing role in the activities of enterprises

perform techno-economic pattern. Produced the research and disclosed the content of the impact of innovations, innovation activities and innovative development, overall management and lower costs in the enterprise. Determined the basic principles of transition to the formation of innovative development of the enterprise. Described the main conditions and ways of development of competitive enterprises. Defined periods of influence of innovations on the formation expenses of the enterprise. It is proved that the expenditure management system at the enterprise will be productive if it is harmoniously combined with important aspects of the enterprise as a whole to improve economic and socio-psychological methods of production management; financial and credit activities to attract innovation resources; pricing; marketing research and the like. Reasonably, that the system of management of enterprise charges are based must be directed constantly to focus hard on specific consumers, more precisely on the requirements of the consumer regarding the products which the company supplies to the market. Only a comprehensive and detailed study of market demand and customer requirements will develop effective communication between innovation policy and policies expense management in the enterprise, which is focused on the market and will provide to the enterprise the desired end results of its activities.

Key words: efficiency, economic and strategic development, competitiveness

---

УДК 338.486.5

Решотка Р.О. Прогнозування валютного курсу як один з елементів системи моделювання зовнішньоекономічної діяльності

Здійснено аналіз динаміки курсу купівлі долара США в Україні у період з 01.10.2014 по 04.03.2015. Виявлена стійка тенденція до зростання курсу в аналізованому періоді. Проведена попередня обробка статистичних даних, виявлена неможливість застосування основної найпростішої моделі наївного методу прогнозування. Проаналізовано місце

моделей прогнозування валютного курсу в системі моделювання зовнішньоекономічної діяльності підприємств. Зазначено, що ціна валюти певної країни визначається ринковими важелями, тобто, попитом і пропозицією, обґрунтована необхідність розробки і аналізу моделей прогнозування валютних курсів, виходячи зі взаємозв'язку валютного курсу з іншими індикаторами економічного середовища. Проведений аналіз найновіших наукових джерел з приводу виявлення останніх тенденцій в застосуванні прогнозних моделей для моделювання зовнішньоекономічної діяльності. Здійснена побудова і аналіз моделей кривих росту для прогнозування валютного курсу. Перелік побудованих у роботі моделей включає моделі на основі лінійного і логарифмічного трендів, експоненціальної кривої, а також поліномів 2-го, 3-го та 4-го порядків. Здійснена оцінка точності побудованих статистичних моделей за допомогою коефіцієнту детермінації, середнього статистичного відхилення, середнього квадрату похибок та середньої відносної похибки за модулем. Результати аналізу показують, що найбільш статистично точною моделюю для аналізу зазначених даних є модель на основі поліному четвертого порядку, що демонструє найнижчі серед аналізованих похибки та достатньо високий коефіцієнт детермінації. Окреслено напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: економічне прогнозування, курс валют, зовнішньоекономічна діяльність.

Решотка Р.А. Прогнозирование валютного курса как один из элементов системы моделирования внешнеэкономической деятельности

Произведен анализ динамики курса покупки доллара США в Украине в период с 01.10.2014 по 04.03.2015. Выявлена стойкая тенденция к возрастанию курса в анализируемом периоде. Проведена предварительная обработка статистических данных, выявлена невозможность применения основной простейшей модели наивного метода прогнозирования. Проанализировано место моделей прогнозирования валютного курса в системе моделирования внешнеэкономической деятельности предприятий. Указано, что цена валюты некоторой страны определяется рыночными механизмами, то есть, спросом и предложением, обоснована необходимость разработки и анализа моделей прогнозирования валютных курсов исходя из взаимосвязи валютного курса с другими индикаторами экономической среды. Произведен анализ новейших научных источников касательно выявления последних тенденций в применении прогнозных моделей для моделирования внешнеэкономической деятельности. Произведено построение и анализ моделей кривых роста для прогнозирования валютного курса. Перечень построенных в работе моделей включает одели на основе линейного и логарифмического трендов, экспоненциальной кривой, а также, полиномов 2-го, 3го и 4-го порядков. Произведена оценка точности построенных статистических моделей с помощью коэффициента детерминации, среднего статистического отклонения, среднего квадрата ошибок и средней относительной ошибки по модулю. Результаты анализа показывают, что наиболее статистически точной моделью для анализа указанных данных является модель на основании полинома четвертого порядка, которая демонстрирует самые низкие среди анализируемых ошибки и достаточно высокий коэффициент детерминации.

Ключевые слова: экономическое прогнозирование, курс валют, внешнеэкономическая деятельность.

Reshotka R.O. Forecasting the exchange rate as one of the elements of the modeling system of foreign economic activity

Analyzed the dynamics of the exchange rate of US dollar in Ukraine for the period from 01.10.2014 to 04.03.2015. Revealed a strong tendency to increase in rate in the analyzed period. Pre-processing of statistical data revealed the impossibility of applying the basis simplest model of a naive forecasting method. Analyzed the location patterns of forecasting exchange rates in the system modeling of foreign economic activity of enterprises. Stated that the currency price of a country is determined by market mechanisms, i.e. supply and demand, the necessity of developing and analyzing forecasting models of exchange rates based on the relationship of exchange rate with other indicators of the economic environment. The analysis of the latest scientific literature regarding the identification of recent trends in the application of predictive models for modeling of foreign economic activity. Produced by the construction and analysis of models of curves growth to predict the exchange rate. The list is built in the models based on the linear and logarithmic trends, exponential curve, as polynomials of 2nd, 3rd and 4th orders. The estimation precision built statistical models using the coefficient of determination, the average statistical deviations, mean square errors and mean relative errors in absolute value. The results of the analysis show that the most statistically accurate model for analysis of these data is a model based on the polynomial of the fourth order, which demonstrates the lowest among the analyzed error and a sufficiently high coefficient of determination.

Key words: economic forecasting, currency exchange rate, foreign economic activity

---

УДК 338.32: 622.34

Темченко О.А. Оптимізація виробничих потужностей групи гірничо-збагачувальних комплексів Кривбасу для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної залізорудної продукції

Розглянуто особливості формування виробничої потужності гірничозбагачувальних комбінатів виробництва з урахуванням обсягів видобутку руди у кар’єрі на конкретному родовищі корисних копалин та можливостей переробки відповідних обсягів залізорудної сировини на збагачувальних фабриках, а також визначенні гірничотехнічні та економічні фактори, що впливають на ефективність гірничозбагачувального виробництва. Встановлено, що виробнича потужність залежить від типу, кількості й складу устаткування, прийнятого режиму роботи підприємства, продуктивності устаткування та трудомісткості продукції. Визначені варіанти виробничої потужності підприємства, які передбачають: збереження існуючої потужності (обсяг випуску продукції, її якість, технічна оснащеність підприємства); підвищення обсягу випуску товарної продукції при незмінній якості; поліпшення якості продукції при незмінному її об'ємі; зменшення обсягу випуску продукції при одночасному поліпшенні її якості або покращення економічних показників; збереження обсягу випуску продукції та її якості при одночасному покращенні економічних показників за рахунок технічного переозброєння технологічного процесу.

Обгрунтована послідовність розрахунків та необхідність визначення раціональної виробничої потужності гірничозбагачувальних підприємств з позиції підвищення конкурентоспроможності вітчизняної залізорудної продукції. Запропонована економіко-математична модель оптимізації виробничої потужності підприємств, яка на основі фактичних даних формує систему обмежень і цільову функцію та дозволяє вирішити поставлену задачу методом лінійного програмування із застосуванням симплексного методу. Наведені результати експериментальної апробації запропо-

нованої моделі з використанням фактичних показників виробничо-господарської діяльності групи гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу, а також розрахунки можливої їх прибутковості за окремими варіантами при видобутку і переробці залізної руди.

Ключові слова: гірничо-збагачувальні підприємства, виробнича потужність, економіко-математична модель, критерії оптимальності, прибуток.

Темченко А.А. Оптимизация производственных мощностей группы горнообогатительных комбинатов Кривбасса для обеспечения конкурентоспособности отечественной железорудной продукции

Рассмотрены особенности формирования производственной мощности горнообогатительного производства с учетом объемов добычи руды в карьере на конкретном месторождении полезных ископаемых и возможностей переработки соответствующих объемов железорудного сырья на обогатительных фабриках, а также определении горнотехнических и экономических факторов, влияющих на эффективность горнообогатительного производства. Установлено, что производственная мощность зависит от типа, количества и состава оборудования, принятого режима работы предприятия, производительности оборудования и трудоемкости продукции. Определены варианты производственной мощности предприятия, которіе предусматривают: сохранение существующей мощности (объем выпуска продукции, ее качество, техническая оснащенность предприятия); повышение объема выпуска товарной продукции при неизменном качестве; улучшение качества продукции при неизменном ее объеме; уменьшение объема выпуска продукции при одновременном улучшении ее качества или улучшения экономических показателей; сохранение объема выпуска продукции и ее качества при одновременном улучшении экономических показателей за счет технического перевооружения технологического процесса.

Обоснована последовательность расчетов и необходимость определения рациональной производственной мощности горнообогатительных предприятий с позиции повышения конкурентоспособности отечественной железорудной продукции. Предложена экономико-математическая модель оптимизации производственной мощности предприятий, которая на основе фактических данных формирует систему ограничений и целевую функцию и позволяет решить поставленную задачу методом линейного программирования с применением симплексного метода. Приведены результаты экспериментальной апробации предложенной модели с использованием фактических показателей производственно-хозяйственной деятельности группы горно-обогатительных комбинатов Кривбасса, а также расчеты возможной их доходности по отдельным вариантам при добыче и переработке железной руды.

Ключевые слова: горно-обогатительные предприятия, производственная мощность, экономико-математическая модель, критерии оптимальности, прибыль.

Temchenko A.A. Optimization of the group production capacity of ore processing plants of Kryvbass to ensure the competitiveness of domestic iron ore products

Considered the features production capacity formation of the mining production taking into account production volumes of ore in the quarry on a specific mineral deposits and capability of processing of appropriate amounts of iron ore processing plants, and the mining and economic factors affecting the efficiency of mining production. Established that the production capacity depends on the type, quantity and composition of the equipment, the accepted mode of work of the enterprise, the productivity of equipment and labor intensity of production. Identified options for production power companies, which provide for: preservation of the existing capacity(the volume of production, quality, technical equipment of the enterprise); increase volume of commercial output at a constant quality; improvement of product quality, while its volume unchanged; decrease in volume of production while improving its quality or improvement of economic indicators; the preservation of volume of output and quality while improving economic performance at the expense of technical re-equipment of the technological process. Justified the sequence of calculations and the need to determine rational manufacturing capacity ore mining and processing enterprises from the perspective of improving the competitiveness of domestic iron ore products. Proposed the economic-mathematical model of optimization of production capacities of enterprises, which is based on the actual data forms a system of constraints and an objective function and allows to solve the problem using linear programming use the simplex method. The results of experimental testing of the proposed model with actual indicators of production and economic activities of the groups mining and processing enterprises of Kryvbass, and also the calculations of possible for the different cases in the extraction and processing of iron ore.

Key words: mining and processing enterprise, production capacity, economic-mathematical model, optimality criteria, profit.

УДК 658.15

Лысевич С.Г. Хозяйственный механизм предприятия через призму его функций и влияющих факторов

В статье рассматривается хозяйственный механизм предприятия с точки зрения его функций и влияющих факторов. Дана характеристика предложенным функциям, включающих разработку и выполнение стратегии предприятия; формирование и развитие контролинга; использование действующих экономических законов; всестороннее развитие человека; стимулирование научно-технического прогресса; разрешение социально-экономических противоречий; реализация отношений собственности и рациональное использование ресурсов. Классификацию факторов проведено за направлением их действия: внешние и внутренние. К внешним факторам, не зависящим от действия предприятия относятся: состояние законодательной базы в стране и ее изменения; политическая ситуация в стране; методы государственного влияния на деятельность субъектов хозяйствования; развитие научно-технического прогресса; состояние рыночной конъюнктуры. К внутренним факторам, зависящим от действия предприятия, относятся: уровень менеджмента; уровень развития производительных сил и производственных отношений; противоречия между производительными силами и производственными отношениями; социальное и экологическое состояние предприятия; конкурентоспособность продукции. Предложено классифицировать влияющие факторы на хозяйственный механизм предприятия за такими признаками: за уровнем влияния; за временем действия; за уровнем охватывания; за характером вовлечения ресурсов; за характером действия. Предложенная классификация функций хозяйственного механизма предприятия и факторов, влияющих на него, позволяет более глубоко понять роль и значение хозяйственного

механизма в современных условиях хозяйствования. Это будет способствовать формированию эффективного хозяйственного механизма на уровне предприятия.

Ключевые слова: хозяйственный механизм предприятия; функции хозяйственного механизма; факторы, влияющие на хозяйственный механизм.

Лисевич С. Г. Господарський механізм підприємства через призму його функцій і впливаючих чинників

У статті розглядається господарський механізм підприємства з точки зору його функцій і впливаючих чинників. Дана характеристика запропонованим функціям, включаючу розробку і виконання стратегії підприємства; формування і розвиток контролинга; використання чинних економічних законів; усебічний розвиток людини; стимулювання науково-технічного прогресу; вирішення соціально-економічних протиріч; реалізація стосунків власності і раціональне використання ресурсів. Класифікацію чинників проведено за напрямом їх дії : зовнішні і внутрішні. До зовнішніх чинників, не залежних від дії підприємства відносяться, : стан законодавчої бази в країні і її зміни; політична ситуація в країні; методи державного впливу на діяльність суб'єктів господарювання; розвиток науково-технічного прогресу; стан ринкової кон'юнктури. До внутрішніх чинників, залежних від дії підприємства, відносяться: рівень менеджменту; рівень розвитку продуктивних сил і виробничих стосунків; протиріччя між продуктивними силами і виробничими стосунками; соціальний і екологічний стан підприємства; конкурентоспроможність продукції. Запропоновано класифікувати впливаючі чинники на господарський механізм підприємства за такими ознаками: за рівнем впливу; за часом дії; за рівнем охоплення; за характером залучення ресурсів; за характером дії. Запропонована класифікація функцій господарського механізму підприємства і чинників, що впливають на нього, дозволяє більш глибоко зрозуміти роль і значення господарського механізму в сучасних умовах господарювання. Це сприятиме формуванню ефективного господарського механізму на рівні підприємства.

Ключові слова: господарський механізм підприємства; функції господарського механізму; чинники, що впливають на господарський механізм**.**

Lysevich S.G, Economic mechanism of enterprise through its functions and influencing factors

Discussed the economic mechanism of the enterprise in terms of its features and influencing factors. Proposed functions are characterized, including the development and implementation of company strategy; control of the formation and development; the use of existing economic laws; comprehensive human development; encouraging scientific and technological progress; resolution of socio-economic contradictions; realization of property relations and rational use of resources. Classification of factors is carried out according to the direction of their actions: external and internal. The external factors beyond the control of the action of the enterprise include: the state of the legal framework in the country and its changes; the political situation in the country; methods of state influence on the activity of economic entities; development of scientific and technological progress; the state of the market situation. The internal factors, depending on the actions of the company include: the level of management; the level of development of the productive forces and relations of production; the contradiction between the productive forces and relations of production; social and environmental condition of the enterprise; competitiveness of products. It is suggested to classify influencing factors on the economic mechanism of the enterprise according to: the level of influence; time for action; the level of overcome; the nature of resource involvement; character of action. The proposed classification of the enterprise economic mechanism functions and the factors influencing it, allows a deeper understanding of the role and importance of the economic mechanism in the contemporary economy. This provides creating an effective economic mechanism at the enterprise level.

Key words: economic mechanism of the enterprise; function of the economic mechanism; factors affecting the economic mechanism

---

УДК 331.108:005.934

Нусінов В.Я., **Міщук Є.В.**, **Литвинов В.В.** Бізнес-процес управління персоналом у системі кадрової безпеки

У статті поєднано дослідження бізнес-процесу управління персоналом з кадровою безпекою, а також зосереджено увагу на таких її складових, як безпека здоров`я, фізична і технологічна безпека та показано, що ці складові залежать від стану охорони й безпеки праці на підприємстві; при недотриманні норм останніх зростає відсоток звільнених. Показано також, що одними із ключових завдань кадрової безпеки є забезпечення підприємства необхідними співробітниками, їх утримання та розвиток. Обґрунтовано, що ці завдання неможливо виконати, якщо працівники не задоволені умовами праці з точки зору їх охорони та безпеки. Крім цього, зауважено, що підґрунтям для застосування механізмів збереження кадрової безпеки є не тільки задоволеність умовами праці та робочим місцем, а й низька імовірність професійного захворювання або виробничого травматизму. У статті вказано на імовірність ризику професійного захворювання не лише представників «шкідливих» професій, а й адміністративно-управлінського персоналу. Відмічено, що такі професійні захворювання не обліковуються, проте вони, як і захворювання робітників виробництва, впливають на рішення про звільнення та, тим самим, збільшують плинність кадрів. Плинність кадрів погіршує багато виробничих та економічних показників. Виявлено, що плинність кадрів є показником результативності для бізнес-процесу управління персоналом. Показано, що поліпшення умов і впровадження заходів по забезпеченню безпеки праці скорочують плинність кадрів. Удосконалено показник оцінки економії від плинності кадрів. Запропоновано плинність кадрів вважати спільним результативним показником для бізнес-процесу управління персоналом та рівня кадрової безпеки.

Ключові слова: безпека праці, кадрова безпека, бізнес-процес, охорона праці, персонал, управління

Нусинов В.Я., **Мищук Е.В.**, **Литвинов В.В.** Бизнес-процесс управления персоналом в системе кадровой безопасности

В статье объединены исследования бизнес-процесса управления персоналом с кадровой безопасностью, а также сосредоточено внимание на таких ее составляющих, как безопасность здоровья, физическая и технологическая безопасность и показано, что эти составляющие зависят от состояния охраны и безопасности труда на предприятии; при несоблюдении норм последних растет процент уволенных. Показано также, что одними из ключевых задач кадровой безопасности является обеспечение предприятия необходимыми сотрудниками, их содержание и развитие. Обосно-

вано, что эти задачи невозможно выполнить, если работники не довольны условиями труда с точки зрения их охраны и безопасности. Кроме этого, отмечено, что основой для применения механизмов сохранения кадровой безопасности является не только удовлетворенность условиями труда и рабочим местом, но и низкая вероятность профессионального заболевания или производственного травматизма. В статье указано на вероятность риска профессионального заболевания не только представителей «вредных» профессий, но и административно-управленческого персонала. Отмечено, что такие профессиональные заболевание не учитываются, однако они, как и заболевания рабочих производства, влияют на решение об увольнении и, тем самым, увеличивают текучесть кадров. Текучесть кадров ухудшает многие производственные и экономических показателии. Выявлено, что текучесть кадров является показателем результативности для бизнес-процесса управления персоналом. Показано, что улучшение условий и внедрение мероприятий по обеспечению безопасности труда сокращают текучесть кадров. Усовершенствован показатель оценки экономии от текучести кадров. Предложено текучесть кадров считать общим результативным показателем для бизнес-процесса управления персоналом и уровняя кадровой безопасности.

Ключевые слова: безопасность труда, кадровая безопасность, бизнес-процесс, охрана труда, персонал, управление

Nusynov V., Mischuk E., V. Litvinov Business process of personnel management in safety

Combined the study of business process of personnel management with personnel security, as well as focus on its components such as the safety of health, physical and technological security. Shown that these components depend on the state of security and safety in the workplace; non-compliance with the rules increases percentage of the fired personnel. It is also shown that one of the key objectives is to ensure the safety of personnel at the enterprise, their maintenance and development. It is proved that these tasks cannot be performed if workers are not satisfied with the working conditions in terms of their safety and security. In addition, it is noted that the basis for the application of mechanisms for preserving the safety of personnel is not only meet the conditions of work and the workplace, but also a low probability of occupational diseases or occupational injuries. Indicated the likelihood of the risk of occupational diseases are not only representatives of "bad" professions, but also administrative staff. Noted that such occupational diseases are not counted, but they are working and disease production, affect the decision to dismiss and, thereby, increase staff turnover. Staff turnover worsens many industrial and economic indicators. Revealed that staff turnover is a measure of performance for business process management personnel. It is shown that the improvement of conditions and the introduction of measures to ensure the safety reduce staff turnover. Improved estimator for economies of turnover. Asked to consider the overall turnover figure for effective business process management personnel and the level of personnel security.

Keywords: safety, personnel security, business process, labor, personnel, management

---

УДК 330.341.1

Буханець В.В., Ковальчук В.А. Генезис категорії «капітал» в економічній теорії

У статті здійснено дослідження генезису категорії «капітал» в економічній теорії. Вони дозволяють говорити про доцільність подальшої інтерпретації капіталу не тільки як самостійного фактору, а як певного сполучного елементу виробничої функції, що знаходиться в будь-якому стані (динамічному, ендогенному, екзогенному, матеріальному, віртуальному, тощо), параметри і характеристики якого виділяються в рамках визначених у часі і просторі контекстних відносин. Однак, варто враховувати, що чим більше параметрів розглядається, тим більш високою є ступінь невизначеності і тим більш складним та неоднозначним є досліджуване явище. У такій ситуації методологічний апарат будь-якої наукової школи вже не здатний поодинці надати достатню аргументацію та теоретичну трансляцію реальних економічних процесів. Внаслідок цього виникає необхідність в більш глибокій методології дослідження метаморфоз практики сучасного господарювання на основі комплексної взаємодії різних наукових напрямків, тобто «контекстних відносин», які передбачають дослідження не тільки прямих процесів взаємодії суб'єктів господарювання (виробництво, продаж, закупівлі, тощо), але і супроводжуючий їх «контекст». У результаті категорія «капіталу» наповнюється якісно новими характеристиками та трансформується з фактору виробництва у фактор відносин. Такі характеристики капіталу як здатність до відтворення, накопичення та формування доданої вартості є елементом постійного, а його змінний аспект полягає в трансформації з фактору виробництва у фактор взаємодії та відносин. Дослідження проблем, що визначають поняття, зміст та сутність капітальних процесів як основи сучасної системи господарювання вже не вкладається в існуючі теорії капіталу, а для розкриття змісту та особливостей його сучасних форм необхідною стає нова методологічна платформа, яка набуває розвитку в теорії капіталізації.

Ключові слова: капітал, капіталізація, фактор виробництва, гроші, вартість, ресурси.

Буханец В.В., Ковальчук В.А. Генезис категории «капитал» в экономической теории

В статье проведено исследование генезиса категории «капитал» в экономической теории. Оно позволяют говорить о целесообразности дальнейшей интерпретации капитала не только в качестве самостоятельного фактора, но и как определенного связующего элемента производственной функции, находящегося одном из состояний (динамичном, эндогенном, экзогенном, материальном, виртуальном и т.д.), параметры и характеристики которого выделяются в рамках контекстных отношений, определенных во времени и пространстве. Однако, следует учитывать, что чем больше параметров рассматривается, тем более высока степень неопределенности и тем более сложным и неоднозначным является изучаемое явление. В такой ситуации методологический аппарат любой научной школы уже не способен в одиночку предоставить достаточную аргументацию и теоретическую трансляцию реальных экономических процессов. Возникает необходимость в более глубокой методологии исследования метаморфоз практики современного хозяйствования на основе комплексного взаимодействия различных научных направлений, то есть «контекстных отношений», которые предусматривают исследование не только прямых процессов взаимодействия субъектов хозяйствования (производство, продажа, закупка), но и сопровождающего их «контекста». В результате категория «капитала» наполняется качественно новыми характеристиками и трансформируется из фактора производства в фактор отношений. Такие характеристики капитала как способность к воспроизводству, накоплению и формированию добавленной стоимости являются постоянным элементом. Его переменная составляющая заключается в трансформации из фактора производства в фактор взаимодействия и отношений. Исследование проблем, определяющих

понятие, содержание и сущность капитальных процессов как основы современной системы хозяйствования, уже не укладывается в существующие теории капитала. Для раскрытия содержания и особенностей его современных форм необходимым становится новая методологическая платформа. Она свое развитие в теории капитализации.
Ключевые слова: капитал, капитализация, фактор производства, деньги, стоимость, ресурсы.
Bukhanets VV, Kovalchuk VA. The Genesis of the category "capital" in economic theory
Studied the genesis of the category "capital" in economic theory. It allows to talk about expediency of the further interpretation not only of capital as a separate factor, but as a certain binding element of the production function, which is one of the State (dynamics endogenous, exogenous, material, virtual, etc.), parameters and characteristics of which are highlighted within the context of relationships that are defined in time and space. However, keep in mind that the more parameters considered, the higher the degree of uncertainty and the more complex and controversial is the phenomenon under study. In such a situation is the methodological apparatus of any scientific school is not able alone to provide sufficient argument and theoretical stream of real economic processes. There is a need for more comprehensive research methodology metamorphosis of modern management practices on the basis of the complex interaction of different scientific areas, i.e., "contextual relations", which involve the study not only direct the processes of interaction of economic entities (production, sales, purchase), but the accompanying "context". As a result, the category "capital" is filled with qualitatively new characteristics and transformations factors of production in factor relationships. Such characteristics of capital as the ability to reproduce, accumulation, and value added are a constant element. It is the variable component in the transformation of factors of production in factor interactions and relationships. Study of the problems of defining the concept, content and essence of the capital process as the basis for the modern economic system, not fit into existing theories of capital. For disclosure of the contents and the characteristics of its contemporary forms becomes necessary a new methodological platform. Its development is in the theory of capitalization.
Key words: capital, capitalization, factor of production, money, cost, resources.

УДК 338.45:621:005.21
Хорольський В.П., Башук Г.О. Розробка інноваційно-інвестиційної стратегії розвитку машинобудівного комплексу регіону
Розглянуто стратегії розвитку машинобудівного комплексу регіону до 2020 р. Доведено, що для подальшого розвитку регіону с потужним гірничо-металургійним кластером необхідно розвивати машинобудування та приладобудування які призначені для обслуговування і розробки високих технологій у робототехнологічних системах виробництва продукції на підприємствах промислового комплексу регіону. Інноваційний розвиток машинобудування на межі п'ятого і шостого укладів генерує інтелектуальні ресурси, нові знання, компетенції, щодо впровадження нанотехнологій в розробку продукції для майбутніх поколінь. Розроблена модель кластера КБ «Індустріальні системи автоматики». Обґрунтовано підвищення ефективності виконання портфеля замовлень підприємств гірничо-металургійного кластера. Головним завданням управління машинобудівним кластером є подальше удосконалення портфеля компетенції і технологій з метою управління брендом і стратегічними активами щодо виробництва і впровадження інтелектуальних робото технологічних комплексів, дробарного і збагачувального обладнання нового покоління для підприємств гірничо-металургійного комплексу.
Ключові слова: управління, криза, розвиток, стратегія, машинобудування, комплекс, регіон.
Хорольский В.П., Башук Г.О. Разработка инновационно-инвестиционной стратегии развития машиностроительного комплекса региона
Рассмотрены стратегии развития машиностроительного комплекса региона до 2020 г. Доказано, что для дальнейшего развития региона с мощным горно-металлургическим кластером необходимо развивать машиностроение и приборостроение предназначенные для обслуживания и разработки высоких технологий в робототехнологических системах производства продукции на предприятиях промышленного комплекса региона. Инновационное развитие машиностроения на грани пятого и шестого укладов генерирует интеллектуальные ресурсы, новые знания, компетенции, по внедрению нанотехнолгий в разработку продукции для будущих поколений. Разработанная модель кластера КБ «Индустриальные системы автоматики». Обоснованно повышение эффективности выполнения портфеля заказов предприятий горно-металлургического кластера. Главной задачей управления машиностроительным кластером является дальнейшее совершенствование портфеля компетенции и технологий в целях управления брендом и стратегическими активами по производству и внедрению интеллектуальных робототехнических технологических комплексов, дробильного и обогатительного оборудования нового поколения для предприятий горно-металлургического комплекса.
Ключевые слова: управление, кризис, развитие, стратегия, машиностроения, комплекс, регион.
Khorolskiy V.P., Bashuk G.O. Innovative-investment strategy of development of regional engineering complex
Reviewed the strategy of development of machine building complex of the region to 2020. Proved that for the future development of the region with a strong mining and metallurgical cluster, it is necessary to develop mechanical engineering and instrument engineering intended for maintenance and development of high technologies in robottechnology systems production enterprises in the industrial complex of the region. Innovative development of engineering on the edge of the fifth and sixth modes generates intellectual resources, knowledge, competence, introduction nanotechnology in product development for future generations. Developed the model of cluster "Industrial automation systems". Reasonably improved the performance of the portfolio enterprises of mining-metallurgical cluster. The main task of control engineering cluster management is further improvement of the portfolio of competencies and technologies for brand management and strategic assets for the production and implementation of intelligent robotic technological complex, crushing and mineral processing equipment of new generation for enterprises of mining and metallurgical complex.
Key words: management, crisis, development, strategy, engineering, complex, region

Збірник наукових праць

В і с н и к

Криворізького національного університету

Випуск 39
Редактор, коректор Кривенко Т.А., Наумова Н.В.
Комп'ютерний набір, верстка Самойлюк О.Г.

Здано в набір 21.03.15**.** Підписано до друку 27.05.15 за рекомендацією Вченої Ради
ДВНЗ «Криворізький національний університет», протокол № 9.
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 24 Тираж 100 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:
50027, Кривий Ріг, вул. XXII партз'їзду, 11

ДВНЗ «Криворізький національний університет»
2015. Вип. 39, С. 3-198.