

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

Вісник
Криворізького національного
університету

Збірник наукових праць

Випуск 38

Кривий Ріг 2014

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 екон. наук, проф.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Pias 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.; **Сапиґа С.Я.**, д-р екон. наук, проф.; **Самуся В.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф. (заступник відповідального редактора); **Стороженко Л.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Туріло 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 освіти і науки України № 455 від 15.04.2014 р.). Збірник надсилається до Національної бібліотеки України В.Л. Вернадського та провідних наукових бібліотек України. Збірник індексується у міжнародній наукометричній базі даних наукової електронної бібліотеки «eLIBRARY.ru»

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

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

Адреса редакції: 50002, Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 44.

ДВНЗ «Криворізький національний університет». Тел. 262 407.

Кривий Ріг
Зміст

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

<i>Шапурин А.В.</i> Взаимосвязи между параметрами расположения зарядов ВВ и кусковатостью горных пород во взрывном развале	3
<i>Азарян В.А.</i> Обоснование оптимального периода опробования забоев карьера	7
<i>Федоренко П.И., Чепурной В.И., Ляш С.И., Трохимец Н.Я.</i> Исследование эффективности электротермомеханического способа образования компенсационных полостей для проходки восстающих выработок при подготовке блоков к очистной выемке	12
<i>Ступник Н.И., Николец В.И., Калиниченко В.А., Калиниченко Е.В., Горбатенко И.А.</i> Совершенствование анкерной крепи для выработок, проводимых в глинистых породах	17
<i>Маланчук М.С., Мартинюк Т.В., Казанівська О.І.</i> Фактори впливу на нормативну оцінку землі в межах населених пунктів	21
<i>Харин С.А.</i> Разработка программного обеспечения и исследование структуры времени проходческого цикла при подземном строительстве	24
<i>Аблец В.В., Березовский А.А., Аблец Н.С.</i> Кирпич и черепица дореволюционного Криворожья. I. Общие положения	29
<i>Перович Л.М., Олесків Р.Є.</i> Моделювання напружено-деформованого стану покрівлі підземних сховищ газу	36
<i>Горбачев Ю.Г., Грамадский В.А.</i> Исследование упругодемпфирующих параметров канатов механизма подачи станков шарошечного бурения СБШ-250	39
<i>Рудь Ю.С., Кучер В.Г., Белоножко В.Ю.</i> Оптимизация технологических процессов производства агломерата на конвейерных машинах	44
<i>Рудь Ю.С., Радченко И.С., Белоножко В.Ю., Олейник С.Ю.</i> Определение физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества	49
<i>Степанкіна І.Б.</i> Аналіз функціонування конвеєрних систем Криворізького залізорудного басейну	54
<i>Валовой О.І., Валовой М.О., Єрьоменко О.Ю.</i> Закономірності поведінки сталей при складному деформуванні і навантаженні	58
<i>Козакевич И.А.</i> Анализ путей улучшения точности идентификации потокосцеплений двигателей в системах бездатчикового векторного управления	62
<i>Власенко В.А., Ільченко О.В.</i> Вплив взаємодії фаз вентиляно-індукторного двигуна на його характеристики	67
<i>Кондратець В.О., Сербул О.М.</i> Стохастична система керування співвідношенням тверде/рідке при подрібненні руди з циркулюючими пісками	69
<i>Філіпп Ю.Б., Максимов М.М., Коваль О.В.</i> Режимы энергопотребления субабонентов на подстанциях ПАТ “Кривбасалізорудком”	74
<i>Моркун В.С., Пикильняк А.В., Подгородецкий Н.С., Касаткина И.В.</i> Определение параметров ультразвуковой фазированной решетки для формирования управления распределением газовых пузырьков по размерам в процессе флотации железной руды	77
<i>Швагер Н.Ю., Домнічев М.В., Комісаренко Т.А., Нестеренко О.В.</i> Акмеологічні аспекти підготовки фахівців у сфері виробничої безпеки	82
<i>Білецький В.С., Потаненко С.Ю.</i> Технічні рішення по збереженню технологічних властивостей коксівного вугілля при його дальньому гідротранспорті	86
<i>Цыбуля Е.И.</i> Исследование процессов восстановления оксидов кремния и железа на формирование рабочего торца непрерывного самообжигающегося электрода мощных рудовосстановительных электропечей	89
<i>Верховская А.А., Головки В.И., Рыбальченко М.А., Папанов Г.А.</i> Принципы управления кислородно-конвертерной плавкой с применением данных об отражательной способности шлака	93
<i>Світлий Ю.Г., Білецький В.С.</i> Самопливний гідротранспорт при видобуванні і збагаченні корисних копалин	96
<i>Учитель А.Д., Дац Н.А.</i> Методика выбора типа дробилки, обеспечивающей снижение крупности частиц железной руды, подаваемой на измельчение	102
<i>Гирин В.С., Жуков С.А., Гирин И.В.</i> О целесообразности использования альтернативных видов автомобильных топлив в Украине	106
<i>Кузнецов Д.І., Купін А.І.</i> Інформаційна технологія групової спектр-струмової діагностики асинхронних електродвигунів ..	110
<i>Веснін А.В., Сістук В.О., Богачевський А.О.</i> Порівняльний аналіз залізорудного і вугільного пилу у контексті їх впливу на наробіток компонентів електромеханічної трансмісії кар’єрних самоскидів	114
<i>Ткаченко С.С.</i> Возможное расширение технологии применения эмульсионных взрывчатых веществ	121
<i>Єфименко В.І., Сухан О.П., Паливода О.А.</i> Аналіз напружено-деформованого стану стиснутих трубобетонних елементів зі зміцненими осердяма суцільного перерізу	125
<i>Орловський В.М.</i> Тампонажні матеріали зниженої густини	130
<i>Сидоренко В.Д., Шолох М.В., Сергеева М.П.</i> Методи визначення просторового положення об’єктів гірничого відводу	135
<i>Федотов А.Е., Бицюк В.П., Еременко Г.И., Мартынюк М.В., Мартынюк Б.В.</i> Анализ состояния и перспективы развития взрывных работ на карьере №3 ПАО «ЦГОК» с применением новых технологий	140
<i>Моркун В.С., Харламенко В.Ю.</i> Розробка методу визначенням пробуксовок робочих валків обтискної кліті блюмінга на базі системи нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено	144

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

<i>Осадчук Ю.Г., Крутов Г.В., Савицький О.І., Саприкін Є.Д., Кочубей О.І., Вольщиков В.В.</i> Економічне обґрунтування діапазону регулювання швидкості конвеєрних установок в умовах енергозберігаючої стратегії гірничо-збагачувальних комбінатів	150
<i>Перебудов В.В., Грицина А.Е., Драгун Б.Т., Гук А.Ю., Убиская Л.Ю., Егорова И.Г.</i> Актуальные вопросы эффективности и стимулирования повышения качества железорудного сырья	155
<i>Перебудов В.В., Драгун Б.Т., Гук Ан. Ю., Гук Ал. Ю.</i> Методологические аспекты определения полной стоимости владения для объектов основных средств горнодобывающих предприятий	160
<i>Лысевич С.Г.</i> Внутренний экономический механизм - важнейшее средство повышения конкурентоспособности горно-рудных предприятий	165
<i>Темченко О.А., Темченко Г.В., Голобородько Б.Ю.</i> Дослідження впливу стратегічних ресурсів гірничо-збагачувальних підприємств на формування перспективних бізнес-моделей	169
<i>Мных А.С.</i> Синтез трехмерной модели теплового режима процесса спекания агломерационной шихты	174
<i>Ніколайчук О.А.</i> Визначення ефективності управління інтелектуальним капіталом на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу	178
<i>Плаксієнко В.Я.</i> Оцінка фінансових результатів діяльності промислових підприємств	183
АНОТАЦІЇ	
<i>А н о т а ц і ї</i>	188
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА РЕКЛАМНІ МАТЕРІАЛИ	205
На здобуття Державної премії України	
<i>Учитель О.Д.</i> Інноваційні технології виробництва конкурентоспроможних марганцевих феросплавів	205
<i>Biletsky V.S., Gayko G.I.</i> Gorniczy skarby przeszlosci w nauce i edukacji Ukrainy	207

ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАРЯДОВ ВВ И КУСКОВАТОСТЬЮ ГОРНЫХ ПОРОД ВО ВЗРЫВНОМ РАЗВАЛЕ

Выполнены исследования расчетных формул для определения удельного расхода взрывчатых веществ (ВВ) и параметров расположения вертикальных удлиненных зарядов на уступе, в зависимости от свойств горных пород и ВВ, а также с учетом размера прогнозируемого куска в развале пород и среднего размера естественных блоков в массиве.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Кусковатость разрушенных взрывом горных пород формируется существующими паспортами буровзрывных работ, и их соблюдением, а также параметрами часто изменяющимися: линией сопротивления по подошве перед первым рядом (ЛСПП), завышениями по подошве, высотой уступа, а также вариацией свойств и параметров средств инициирования и ВВ. Все вместе взятое приводит к значительным колебаниям качества конечного результата [7]. Конечный результат оказывается неопределенным, размытым еще и потому, что изначально, в практике работы железорудных карьеров считается несущественным, второстепенным. В отчетных документах присутствует один показатель по кусковатости - выход негабарита по карьере в целом. В то же время есть экскаваторные забои где негабарита нет совсем, есть также такие, где его мало, а многие забои завалены негабаритными кусками. Последнее снижает производительность погрузки горных пород, их транспортирования и первичного механического дробления, иногда приводит к забитости дробилки, т. е. к аварийной ситуации. Интенсивно изнашивается также погрузочное оборудование – экскаваторы.

Затраты на их техническое обслуживание, плановые и аварийные ремонты резко возрастают, что в громадном информационном потоке формируемом работой карьера часто остается само собой разумеющимся, как обычная рабочая ситуация: ломается - будем ремонтировать. При этом возрастают потери предприятия связанные с аварийными простоями. Виной всему размытость, неопределенность информации о крупности дробления горных пород.

Та информация о выходе негабарита в отчетных документах также далека от точности, так как формируется на основе затрат на ликвидацию негабарита, а не на конкретных его измерениях. Практически мало формул и расчетных методик по определению показателей кусковатости.

Анализ публикаций. За рубежом создано много компьютерных программ по расшифровке фотографий поверхности развала для установления характера распределения раздробленного продукта по фракциям крупности. Известны, например: SPACS, TUCIPS, FRAGSCAN, SPLIT, FRAQUALYST, WIPFRAQ [1-6]. Характерно, что в описаниях для пользователя говорится о необходимости ручного редактирования с помощью мыши тех мест на цифровых изображениях, где один кусок переходит в другой. Необходимость подобной работы объясняется в основном широким диапазоном изменения условий фотографирования: освещенности в зависимости от времени года, суток, погодных условий, а также масштабным фактором и перспективностью изображения по его высоте.

Создана подобная программа также и в нашем университете. Не учитывается при этом, такой факт, что поверхность развала на 65-80 % представлена результатом работы первого ряда скважин, условия взрывания которого сильно усложнены и по этой причине результаты всегда хуже, чем в последующих рядах, потому возникает необходимость корректировки результатов полученных по поверхности развала по их сути. Кроме того, в крепких, но хрупких породах, под действием отраженной волны, поверхность развала представлена мелочью, а в более вязких - всегда крупными кусками. Получается, что сама поверхность развала часто не является представительной по информационной ценности.

Таким образом, компьютерный анализ требует методической доработки. Кроме того, на ГОКах Кривбасса в отчетных документах, самый ценный показатель кусковатости - выход негабарита всегда менее 1 %. Фактически в разных забоях он колеблется в пределах 0,1-1,5 %, иногда достигая 4-6 %. Чтобы найти эту «иголку» в «стоге сена», т.е. во взрывном развале, нужно перелопатить не мерянное количество фотоотпечатков, чтобы обеспечить точное определение столь малых величин, согласно теории вероятности и надежности [7].

Постановка задачи. Необходимо наладить постоянный поштучный учет негабарита, отнесенный, например, к 1000 м³ отгрузки по каждому экскаваторному забою силами работников рудника. Полученная конкретная информация о содержании одной фракции крупности - негабаритной, позволит расчетным методом, с помощью уравнения Розина-Раммлера, установить размер среднего куска в развале горных пород и остальных фракций крупности гранулометрического состава [8]. Сведения о конечном результате дробления позволят наладить обратную связь с параметрами буровзрывных работ, обеспечившими этот результат, а также с соблюдением этих параметров и навести порядок в этом участке работ [9]. Точная информация о выходе негабарита по каждому экскаваторному забою - та ниточка, потянув за которую можно повысить культуру производства. Делать это нужно силами карьера и ежедневно. Такой подход окажется менее трудоемким, чем установление кусковатости по фотографиям.

Изложение материала и результаты. Удельный расход - количество ВВ, приходящееся на единицу объема горных пород, обеспечивает достижение поставленных технологических целей, например, рыхление пород перед экскавацией, или доставка взрывом. В любом случае значение удельного расхода ВВ наиболее точно определяют экспериментально, т.е. по данным действующего промышленного предприятия, по которому выполняется проектирование БВР.

При отсутствии этих данных, или при освоении нового вида ВВ, удельный расход можно определить по формуле, предложенной автором совместно с П.Я. Кириком [10], кг/м³

$$q = (10,4 + 0,05f) \sqrt[4]{\Delta f^3 / Q^3}, \quad (1)$$

где $(10,4 + 0,05f)$, кДж^{0,75}/м^{2,25} - эмпирический и размерностный коэффициент; f - коэффициент крепости горных пород по шкале проф. М. М. Протоodyяконова; Δ - плотность ВВ, для широко применяемых эмульсионных ВВ находится в пределах 1100-1300 кг/м³, а для Анемикс-70-1220 кг/м³; Q - теплота взрыва (энергия), для того же ВВ - 3217 кДж/кг.

Расчетные значения удельного расхода ВВ для широкого диапазона крепости горных пород приведены в табл. 1

Таблица 1

f	5	8	11	14	17	20	23	26	29
q	0,505	0,728	0,937	1,138	1,334	1,527	1,719	1,909	2,098
q_1	0,506	0,727	0,938	1,138	1,336	1,527	1,719	1,910	2,143

При применении приведенных значений удельного расхода ВВ и минимальных отклонениях параметров расположения зарядов в массиве горных пород от проектных значений прогнозируемое значение линейного размера среднего куска в развале горных пород d_{cp} , может быть вычислено по эмпирической формуле разработанной со Е.Н. Швецом (2) [11], м

$$d_{cp} = ((0,6 + 0,9f) \cdot D^{0,61} \cdot \Delta^{0,25} \cdot f^{0,19}) / (q \cdot Q^{0,75}), \quad (2)$$

где D - размер среднего структурного блока в массиве горных пород, м. Расчетные значения линейного размера среднего куска приведены в табл. 2.

Таблица 2

f	5	8	11	14	17	20	23	26	29
q_{cp}	0,053	0,084	0,143	0,199	0,252	0,305	0,356	0,406	0,446

Формула (2) содержит трудно измеряемый с высокой точностью натурными измерениями параметр D . Для уточнения его значения на различных участках карьера предлагается проводить экспериментальные взрывы, а при экскавации горных пород полученных развалов тщательно устанавливать количество негабаритных кусков на 1000 м³ отгруженных пород. Результат, при этом, получается дробным, например, $N=5,38$, или 4,13 и др., таким его и следует использовать при вычислении выхода негабарита $Y_{\geq 1,2}$ по уравнению регрессии - формула 3

$$Y_{\geq 1,2} = 0,0026 \cdot N^3 + 0,018 \cdot N^2 + 0,02 \cdot N + 0,02, \% \quad (3)$$

Результаты расчетов по формуле 3 сведены в табл. 3.

Таблица 3

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y_{\geq 1,2}$	0,061	0,153	0,312	0,554	0,895	1,35	1,934	2,663	3,553	4,62

Нелинейный рост выхода негабарита объясняется наблюдаемым на практике увеличением размеров кусков при возрастании их количества в забое. Естественно, вычисления выхода не-

габарита могут быть выполнены при любом дробном значении N . Имея точное значение выхода негабарита, мы можем вычислить фактическое значение размера среднего куска в развале горных пород, используя уравнение Розина-Раммлера, %

$$\gamma_{\geq 1,2} = 100 \cdot e^{-\left(\frac{1,2}{d_{cp}}\right)^n}, \quad (4)$$

где e - основание натуральных логарифмов; n - показатель равномерности дробления пород, изменяющийся в пределах 1,0-1,7. Для вычисления этого показателя можно воспользоваться формулой Каннингема К.В.Б. [12]. Предлагается следующая эмпирическая формула

$$n = ((q \cdot \Delta^{0,125} \cdot Q^{0,215}) / (f \cdot D^{0,05})) - 0,01. \quad (5)$$

Расчетные значения показателя n содержатся в табл. 4

Таблица 4

f	5	8	11	14	17	20	23	26	29
n	1,535	1,363	1,262	1,189	1,137	1,092	1,063	1,038	1,018

В уравнении (4), при известном, точно установленном выходе негабарита и вычисленном показателе n , неизвестным оказывается фактический линейный размер среднего куска во взрывном развале, который мы и вычисляем. После этого, используя формулу (2), вычисляем фактические значения размеров структурных блоков в массивах горных пород на конкретных участках карьера D , которые другими способами определить с высокой точностью трудно, и применяем их при последующем выполнении здесь взрывных работ для выполнения вычислений по формулам, содержащим D .

Уравнение (2), кроме других величин содержит значение удельного расхода ВВ, которое, будучи решенным относительно этого показателя, примет вид, кг/м³

$$q_1 = ((0,6 + 0,9f) \cdot D^{0,61} \cdot \Delta^{0,25} \cdot f^{0,19}) / (d_{cp} \cdot Q^{0,75}). \quad (6)$$

В табл. 1 приведены значения удельного расхода ВВ, полученные по этой формуле. Они хорошо согласуются с вычисленными по формуле 1. Это не случайно, и только свидетельствует в пользу того и другого подхода к определению удельного расхода ВВ. Иерархически таким же важным показателем, как удельный расход ВВ, является параметр сетки скважин, назовем его W_2 , в отличие от W_1 - линии сопротивления по подошве перед первым рядом скважин. W_2 может быть определен по следующей формуле, м

$$W_2 = (1,42 - 0,11 \times \ln f) \times d_{zap} \times \sqrt[4]{\frac{\Delta \times Q}{f}}. \quad (7)$$

Расчетные значения параметра сетки скважин W_2 приведены в табл. 5

Таблица 5

f	5	8	11	14	17	20	23	26	29
W_2	9,25	7,9	7,06	6,5	6,07	5,74	5,46	5,23	5,0
W_{2a}	9,15	7,8	7,0	6,44	6,0	5,68	5,41	5,18	4,93

В табл. 5 под символом W_{2a} содержатся значения параметра сетки скважин, рассчитанные с учетом факторных признаков: d_{cp} ; D ; а также высоты уступа H_y и длины заряда L_{zap} по формуле, приведенной ниже, м

$$W_{2a} = d_{zap} \cdot \sqrt{\frac{0,785 \cdot \Delta^{0,75} \cdot Q^{0,75} \cdot d_{cp} \cdot L_{zap}}{(0,9 \cdot f^{1,19} + 0,6 \cdot f^{0,19}) \cdot D^{0,61} \cdot H_y}}. \quad (8)$$

Введение в формулу (7) значений размера структурного блока в массиве - D , а также размера среднего куска во взрывном развале d_{cp} , позволяет обеспечивать прогноз кусковатости в проектируемом к взрыву блоке с учетом структурных особенностей взрывааемых горных пород. Относительные отклонения рассчитанных параметров сетки скважин по варианту W_{2a} в сравнении с предыдущим вариантом не превышают 2%. В формуле (8) присутствует параметр - длина заряда L_{zap} , которую вычисляли по формуле, м

$$L_{zap} = W_2^2 \cdot H_y \cdot q / p, \quad (8)$$

где $p = \pi d_{zap}^2 \cdot \Delta / 4$.

Если в карьере применяется шахматная сетка скважин, то уравнения 6 и 7 могут быть использованы для определения расстояний между рядами скважин. Тогда расстояния между скважинами в ряду a определяются: $a=1,15 \cdot W_2=1,15 \cdot W_{2a}$.

В табл. 6 приводится пример измерения негабаритов в карьере ЮГОК.

Таблица 6

Измерение негабаритов в карьере ЮГОК

Горизонт, м	Экскаватор, номер	Количество бутов, шт.	Объем отгрузки, м ³	Количество бутов на 1000 м ³ , шт.	Выход негабарита, %
-180	16	405	76731	5,82	1,01
-195	6	190	21538	8,82	3,38
-180	12	221	25846	8,55	3,13
-225	10	312	46154	6,76	1,78
-180	16	164	26727	6,14	1,42
-195	5	589	72850	8,09	2,74
-195	6	610	78750	7,75	2,47
-150	15	125	15625	7,99	2,66

Приведенный учет негабарита выполнялся работниками геологической службы карьера по составленной нами методике. При этом по завершению учета у конкретного экскаватора, диспетчеру сообщали номер экскаватора, количество бутов и текущее время, формирующее объем отгрузки, а на последнем буге ставилась метка краской из баллончика, как ориентир для учета в последующее посещение. Такие замеры выполняются два раза в неделю (преимущественно).

Приведенный учет нужно четко соотносить с типами горных пород в отгружаемом блоке.

По мере накопления информации может быть составлена более полная таблица, как сведения о результатах взрывного дробления для всех работающих и как инструмент для пользования, например, начальниками участков, руководством карьера, для расчетов по оплате труда подрядчиков, для уточнения паспортов БВР.

Выводы. Приведены полученные новые формулы, представляющие взаимоувязанный расчетный пакет: для прогноза линейного размера среднего куска d_{cp} во взрывном развале, выхода негабарита $\geq 1,2$ м в нем по учету количества негабаритов на 1000 м^3 отгрузки, показателя равномерности дробления n в уравнении Розина-Раммлера, удельного расхода ВВ q и взаимосвязанного с ним параметра квадратной сетки скважин W_2 , обеспечивающих получение заданного линейного размера среднего куска d_{cp} , с учетом среднего размера структурного блока в массиве D .

Список литературы

1. Dahlhielm, S., Franklin, J.A., Katsabanis, P.D. Промышленное применение анализа изображений. Система IPACS для измерения фрагментации взрыва. Balkema, Rotterdam, 1996, pp 59-65.
2. Maerz, N.H., Palangio, T.C. and Franklin, J.A. WipFrag image based granulometry sistem. Proceedings of the FRAGBLAST 5 Workshop on Measurement of blast fragmentation. - Montreal, Quebec. - Canada. - 23-24 Aug., 1996.
3. Eden, D.J., and Franklin, J.A. Fusion and disintegration problems, 1996.
4. Cochrane, William G., Sampling Techniques. New York: John Wiley & Sons, inc, 1977.
5. Kemeny, J. M. Practical technique for determining the size distribution of blasted benches, waste dump and heap leach sites. Min. Engg., 1994. - PP. 1281-1284.
6. Spathis, A.T., 2004. Personal communication on paper to be published in Fragblast journal, 2005.
7. Ещенко А.А., Шапури́н А.В., Полищук Г.К., Грибенко Н.Г. К оценке кусковатости горных пород фотометрическими методами. Горный журнал. Изв. вузов. - 1972. - №11.
8. Шапури́н А. В., Васильчук Я. В. Качество дробления горных пород как результат комплексного влияния различных факторов // Весник КНУ. - 2013. Кривой Рог. - вып. 32.
9. В. М. Кузнецов Математические модели взрывного дела. - Новосибирск, 1977.
10. Шапури́н О.В., Кирик П.Я. Руйнування гірничих порід вибухом: Навч. Посібник. К. ІСДО, 1995. 280 с.
11. Швець С. М. Оптимізація вибухового подрібнення скельних порід на залізрудних кар'єрах / Автореф. дис. канд. техн. наук, 2013.
12. Каннингем К. В. Б. Модель Куз-Рам – 20 лет спустя. Европейская федерация инженеров взрывников : материалы брайтонской конференции. – Брайтон, 2005.- С. 201 – 210.

Рукопись поступила в редакцию 14.03.14

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРИОДА ОПРОБОВАНИЯ ЗАБОЕВ КАРЬЕРА

Период опробования, колебания качества, дискретный временной ряд, анализ выборочных нормированных спектров, динамика изменения содержаний полезного компонента. На сегодняшний день в железорудных карьерах Украины службы технического контроля производят замеры содержания полезного компонента как правило ежедневно, используя имеющуюся у них аппаратную базу и исходя прежде всего их технических возможностей устройств по контролю качества. Периодичность снятия информации о содержании полезного компонента математически не обоснована.

Обоснование оптимального периода опробования содержания полезного компонента в забоях является важной технологической задачей. Оптимальный период опробования позволит получать более достоверную информацию об изменении содержаний железа в забоях, на основании этих данных производить расчет сменно-суточного задания для добычных забоев и сформировать рудопоток с заданными параметрами по качеству. Погрешность измерения содержания полезного компонента, как и особенности технологических процессов при переработке руды, указывают на возможность учета изменения содержания железа с определенной дискретностью. Это приводит к выводу о возможности измерения содержания железа с определенной дискретностью во времени и рассматривать поток руды как дискретный временной ряд.

Данные опробования забоев карьера являются основными для оперативного управления качеством рудопотоков карьера. Анализ данных, выполненный математическими методами, позволил обосновать увеличение периода опробования с 12 до 40 часов без потери основных данных по содержанию полезного компонента.

Стабилизация колебаний содержания полезного компонента в рудопотоке карьера является весьма актуальной задачей, решение которой влияет непосредственно на качество концентрата. Колебания полезного компонента снижают эффективность работы обогатительного производства, негативно влияя на основные технико-экономические показатели работы горно-обогатительного комбината [1].

Проблема и ее связь с основными научными и практическими заданиями. Для первоначального формирования рудопотока выполняется расчет объемов руды, добываемых в забоях карьера с различным показателем качества, а для этого необходима информация о содержании полезного компонента в каждом забое [2].

Анализ исследований и публикаций. На сегодняшний день в железорудных карьерах Украины службы технического контроля производят замеры содержания полезного компонента, как правило, ежедневно используя имеющуюся у них аппаратную базу и исходя прежде всего их технических возможностей устройств по контролю качества. Периодичность снятия информации о содержании полезного компонента математически не обоснована.

Постановка задачи. Обоснование оптимального периода опробования содержания полезного компонента в забоях является важной технологической задачей. Оптимальный период опробования позволит получать более достоверную информацию об изменении содержаний железа в забоях, на основании этих данных производить расчет сменно-суточного задания для добычных забоев и сформировать рудопоток с заданными параметрами по качеству.

Погрешность измерения содержания полезного компонента, как и особенности технологических процессов при переработке руды, указывают на возможность учета изменения содержания железа с определенной дискретностью. Это приводит к выводу о возможности измерения содержания железа с определенной дискретностью во времени и рассматривать поток руды как дискретный временной ряд.

Изложение материала и результаты. Согласно общему подходу для численного анализа содержания железа в руде, замеры этого содержания $c(t)$ как непрерывного во времени необходимо производить через некоторый фиксированный интервал Δ , и полученные таким образом дискретизованные значения будут затем использоваться для вычислений. Дискретизованные значения можно рассматривать как результат умножения первоначального непрерывного временного ряда $c(t)$ на временной ряд $i(t)$, состоящий из бесконечного ряда дельта-функций

$$i(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - n\Delta), \quad (1)$$

где $\delta(t) = \begin{cases} 0, t \neq 0 \\ \infty, t = 0 \end{cases}$.

Это дает импульсно-модулированное содержание железа в руде

$$c_i(t) = c(t)i(t). \quad (2)$$

Тогда, пользуясь теоремой о свертке, находим представление формулы (2) в частотной области

$$C_i(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C(f-g)I(g)dg, \quad (3)$$

где $C(f)$, $I(f)$ - преобразования Фурье от $c(t)$ и $i(t)$, соответственно.

Учитывая, что

$$I(g) = \frac{1}{\Delta} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(g - \frac{n}{\Delta}\right), \quad (4)$$

формула (3) преобразуется к виду

$$C_i(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C(f-g) \frac{1}{\Delta} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(g - \frac{n}{\Delta}\right) dg = \frac{1}{\Delta} \sum_{n=-\infty}^{\infty} C\left(f - \frac{n}{\Delta}\right). \quad (5)$$

Равенство (5) показывает, что импульсно-модулированное содержание железа в руде $c_i(t)$ является преобразованием Фурье с периодом $1/\Delta$. Если $C(f)$ обращается в нуль при $|f| \geq 1/(2\Delta)$, то $C_i(f)$ является периодически повторяемой функцией $C(f)$. Это означает, что можно восстановить $C(f)$ по $C_i(f)$, умножив $C_i(f)$ на $H(f)$, где

$$H(f) = \begin{cases} \Delta, |f| \leq 1/2\Delta \\ 0, |f| > 1/2\Delta \end{cases}. \quad (6)$$

Функция (6) является спектральным окном и находится, как преобразование Фурье от временного окна

$$h(t) = \frac{\Delta}{\pi} \sin\left(\frac{\pi t}{\Delta}\right). \quad (7)$$

Поскольку умножению в частотной области соответствует свертка во временной области, то, с учетом (7), получаем

$$c(t) = \frac{\Delta}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{u} \sin\left(\frac{\pi u}{\Delta}\right) \cdot c_i(t-u) du. \quad (8)$$

Необходимо подчеркнуть, что частота $fN=1/(2\Delta)$ называется частотой Найквиста-Котельникова и является наивысшей частотой, которую можно обнаружить по данным, полученным с интервалом отсчета Δ .

Для анализа временного ряда, составленного из содержаний железа в руде, с целью нахождения оптимального периода измерения содержания железа, исследуем спектральные свойства этого ряда, опирающиеся на свойства автокорреляционной функции и нормированного спектра. Если автокорреляционная функция оценивается по формуле

$$r_k = d_k/d_o, \quad (9)$$

где $d_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-k} (c_i - \bar{c})(c_{i+k} - \bar{c})$; $\bar{c} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_i$; $k = 0, 1, 2, \dots, K$, то выборочный нормированный спектр определяется при помощи автокорреляций (9) следующим образом

$$S(f) = 2\left(1 + 2 \sum_{k=1}^{K-1} r_k \cos(2\pi f k)\right), \quad 0 \leq f \leq 0,5. \quad (10)$$

Таким образом, выборочный нормированный спектр - это косинус-преобразование Фурье выборочной автокорреляционной функции.

Анализируя график выборочного нормированного спектра (10), можно оценить распределение дисперсии временного ряда по частотам. Если значения дисперсии сконцентрированы на низких частотах, меньших частоты Найквиста-Котельникова fN , то дискретность съема информации можно увеличить.

Далее рассмотрен пример обоснования периода опробования забоев карьера, исходя из имеющейся статистики содержания полезного компонента.

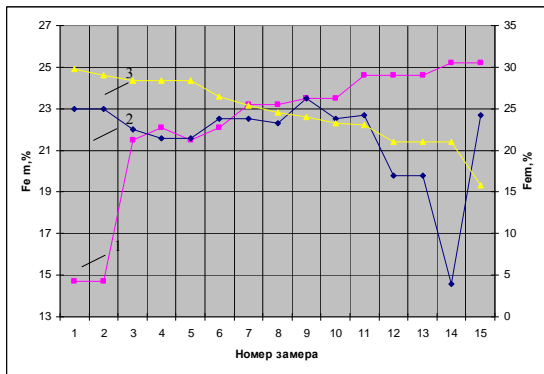


Рис. 1. Результаты замеров содержания Fe_{mag} % в карьере №3 Горного департамента ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» 1 - Экскаватор № 56, 2 - Экскаватор № 23, 3 - Экскаватор № 97

На рис. 1 приведены величины содержаний магнитного железа в руде, добываемой в карьере №3 Горного департамента ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» различными экскаваторами в течение месяца. Замеры выполнялись с интервалом в 12 часов.

В табл. 1 представлены значения выборочных автокорреляционных функций, рассчитанные по

формуле (9).

Таблица 1

Значения выборочных автокорреляционных функций

Номер экскаватора	93	56	23
r_{kk}	r_k	r_k	r_k
1	0,67	0,57	0,73
2	0,41	0,42	0,51
3	0,37	0,42	0,36
4	0,15	0,34	0,19
5	0,04	0,33	0,21
6	-0,21	0,43	0,20
7	-0,24	0,50	0,04

На рис. 2,3 и 4 представлены графики выборочных автокорреляционных функций согласно данным табл. 2.

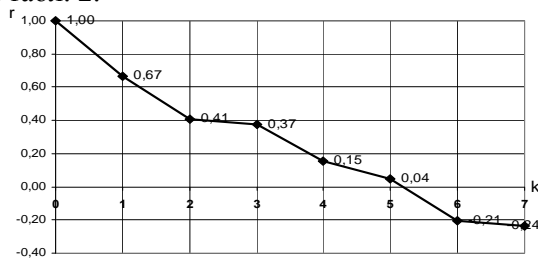


Рис. 2. Выборочная автокорреляционная функция содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 93

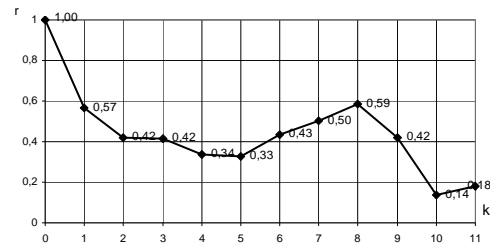


Рис. 3. Выборочная автокорреляционная функция содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 56

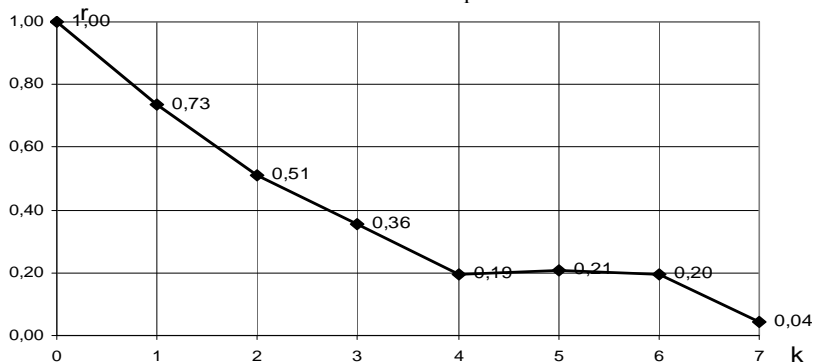


Рис. 4. Выборочная автокорреляционная функция содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 23

В табл. 2 представлены значения выборочных нормированных спектров, рассчитанные по формуле (10) согласно данным табл. 1.

Значения выборочных нормированных спектров

Номер экскаватора	93	56	23
f	S	S	S
0	6,76	19,31	10,97
0,1	4,548	2,62	2,41
0,2	1,167	0,03	1,29
0,3	0,032	0,45	0,38
0,4	0,853	0,00	0,32
0,5	0,04	0,00	0,23

На рис. 5,6 и 7 представлены графики выборочных нормированных спектров согласно данным табл. 3.

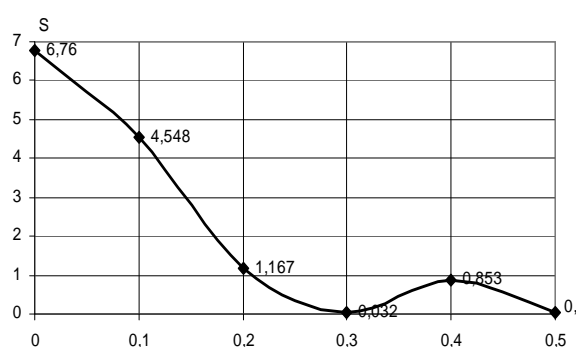


Рис. 5. Выборочный нормированный спектр содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 93

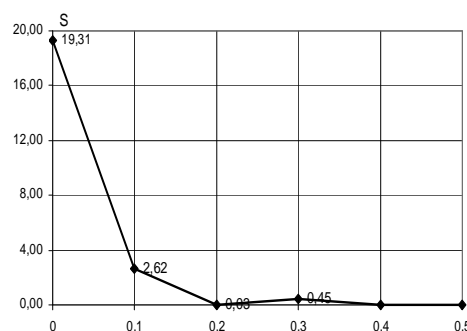


Рис. 6. Выборочный нормированный спектр содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 56

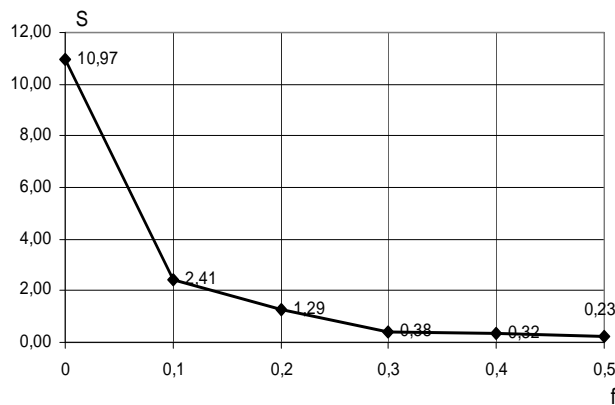


Рис. 7. Выборочный нормированный спектр содержания железа магнитного в руде, добываемой экскаватором № 23

Анализ выборочных нормированных спектров, представленных на рис. 5,6 и 7, показывает, что дисперсия исследуемых рядов сконцентрирована в основном на низких частотах, а именно, от 0 до 0,3.

Таким образом, для возможности различия частот, связанных с изменением содержания железа в руде, достаточно выбрать частоту $f=0,3/\Delta$, или период съема

информации $T=10\Delta/3$.

Принимая во внимание, что согласно используемым данным о содержании железа в руде, $\Delta=12$ час, находим период опробования, который позволит различать максимальные частоты изменения содержания железа в руде, ч

$$T=(10 \times 12)/3=40. \quad (11)$$

Выводы. 1. Полученная величина периода измерения содержания железа в руде при добыче в карьере (11) указывает на возможность увеличения существующего периода в $(40/12)=3\frac{1}{3}$ раза без потери необходимой информации о содержании железа.

Таким образом, исходя их статистики изменения содержаний полезного компонента в карьере, с учетом незначительных колебаний $Fe_{\text{магн}}$ в забоях, обосновано увеличение периода опробования без снижения качественных характеристик формируемого рудопотока.

2. Данная методика может быть применена на всех железорудных карьерах, где имеется соответствующий статистический материал по динамике изменения содержания полезного компонента.

Список литературы

1. **Азарян В.А.** Управление качеством в рудопотоках железорудных карьеров Украины - материалы 6 международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», Варна, 4-10 июня 2010 г.
2. **Бызов В.Ф., Вилкул Ю.Г., Максимов И.И.** Об усреднении качества руд при объединении грузопотоков /Металлургическая и горная промышленность. – 1982. - №2. - С. 64-65.
3. **Бызов В.Ф.** Управление качеством продукции карьеров: Учебник для вузов – М.: Недра, 1991. – 239 с.
4. **Бабий Е.В., Синенко М.А.** О качестве рудного потока при технологии предобогащения руды в карьере. - Вісник КТУ: Кривий Ріг, 2010.
5. **Дрига В.В.** Исследование и классификация факторов, влияющих на геофизический мониторинг массовой доли магнетита в горной массе / **В.В.Дрига** // Вісник Криворізького технічного університету: Кривий Ріг, 2006. – Вип. 14. – С. 150-153.
6. **Азарян В.А.** Управление качеством в рудопотоках железорудных карьеров Украины - материалы 6 международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», Варна, 4-10 июня 2010 г.
7. **Азарян А.А., Колосов В.А., Ломовцев Л.А., Учитель А.Д.** Качество минерального сырья. – Кривой Рог: Минерал, 2001 – 201 с.
8. **Азарян В.А., Трачук А. А** Обоснование геометрических и технологических параметров системы оперативного контроля качества исходной руды и продуктов_обогащения//Материалы 3-ой международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». - Варна, 2007 Т.1. - С. 487-491.
9. **Азарян В.А.** Анализ влияния технологических факторов на себестоимость производства железорудных ГОКов Украины. Сборник трудов КТУ, Кривой Рог, 2009.
10. **Жеребцов А.С., Троп А.Е., Зобнин Б.Б.** К измерению содержания магнетита в потоке руды. - Известия вузов. Горный журнал, 1974. – №7.
11. Система автоматического контроля качества железорудного сырья в конвейерных потоках (СКРП), Интернет-сайт ООО ИПП «Уралрудаавтоматика». <http://uralrudoavtomatika.ru/>
12. **Белявский Ю.В., Старцев Н.В.** Индуктивный датчик с равномерным магнитным полем. – Известия вузов. Горный журнал. –1971. – №4.
13. **Владимиров Д.Я., Клебанов А.Ф., Перепелицын А.И.** Система диспетчеризации "КАРЬЕР": от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горно-транспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере. "Горная промышленность" №4, 2004.
14. **Федоров М.Ю.** Основные технические и конструктивные принципы ренгенометрических сепараторов РАДОС. - Материалы 3 международной научно-технической конференции «Рентгенометрическая сепарация минерального сырья и техногенных отходов». г. Екатеринбург, 2007. - С.70-79.
15. **Федосеев В.А.** Экономика обогащения железных руд. Изд-во «Наука», Ленинград. От. 1-112
16. **Бастан П.П.** Усреднение руд как эффективное средство использования недр. В сб.: Вопросы рудничной геологии. - Белгород: ВЮГЕМ. -1970. - С. 14-16.
17. **Баранов А.Н., Марков А.П., Смирнов А.А., Тузов Ю.В.** Оперативный элементарный анализ металлосодержащих природных и техногенных материалов. Электронное научное издание «ГЕОразрез»<http://georazrez.unidubna.ru>
18. **Галиев С.Ж., Бояндинова А.А., Астраханцев В.А., Жусупов К.К.** Структура и организация информационного обеспечения автоматизированной системы диспетчеризации работы экскаваторно-автомобильного комплекса «АДИС-Авто» // Научно-техническое обеспечение горного производства: Сб. научн. тр. ИГД им. Д.А. Кунаева. Т. 72. Алматы, 2006. С. 138–143.
19. **Д.Я. Владимирив, А.Ф. Клебанов, А.И. Перепелицын** Система диспетчеризации "КАРЬЕР": от мониторинга большегрузных автосамосвалов к управлению горнотранспортным комплексом и оптимизации горных работ в карьере» "Горная промышленность" № 4, 2004.
20. **Морев А. Н.** Диссертационная работа на соискание степени кандидата технических наук «Управление содержанием полезного компонента в рудопотоке в условиях изменения цен на минеральное сырье». Институт проблем комплексного освоения недр РАН, 2004.

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
В.И. ЧЕПУРНОЙ, С.И. ЛЯШ, НИГРИ Криворожский национальный университет
Н.Я. ТРОХИМЕЦ, канд. техн. наук, ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ОБРАЗОВАНИЯ КОМПЕНСАЦИОННЫХ ПОЛОСТЕЙ ДЛЯ ПРОХОДКИ ВОССТАЮЩИХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПОДГОТОВКЕ БЛОКОВ К ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ

Показано, что электротермомеханический способ расширения передовых скважин позволяет повысить эффективность разрушения породного массива при образовании компенсационных полостей для проходки в крепких породах восстающих выработок, задействованных в подготовке блоков к очистной выемке.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Подготовка блоков к очистной выемке является наиболее несовершенным звеном технологического процесса добычи железных руд подземным способом. Разработка оптимальных способов и средств механизации технологических процессов проходки в крепких породах восстающих выработок - современное и актуальное направление повышения эффективности технологии подготовки блоков к очистной выемке.

Анализ исследований и публикаций. Созданию технологий, обеспечивающих повышение эффективности проходки восстающих выработок, придается большое значение, как в отечественной, так и в зарубежной практике. Обоснованию оптимальных технологий проходки восстающих выработок посвящены работы Н.Г. Дубинина, К.Д. Кристина, Л.И. Барона, В.Н. Глазунова, Н.Т. Козырева, Г.О. Кунца, а также других исследователей.

Постановка задачи. Основной задачей данной работы является исследование эффективности электротермомеханического способа образования компенсационных полостей для проходки в крепких породах восстающих выработок.

Изложение материала исследований и полученные результаты. Широкое развитие систем разработки, особенно мощных рудных тел, привело к появлению серии выработок малого сечения, составляющих основу конструктивного оформления систем. При этих системах для подготовки блоков к очистной выемке проходят восстающие выработки различного назначения. Трудоемкость и затраты средств на проходку восстающих достигают в отдельных случаях почти половины общей трудоемкости и затрат на подготовку блоков к очистной выемке [1,2].

В настоящее время в Криворожском бассейне при подготовке блоков к очистной выемке, вскрытии новых месторождений и горизонтов ежегодно проходят порядка 24 тыс. м восстающих выработок, при этом 7,5 тыс. м проходят по породам с коэффициентом крепости f от 10-12 до 16-18. Подавляющее большинство выработок (96,7 %) проходят буровзрывным способом, с устройством временных полков (78,9 %) и с применением самоходных комплексов (17,8 %).

В настоящее время на шахтах Кривбасса проходка восстающих секционным взрыванием глубоких скважин в силу ряда причин не находит широкого применения. Этот способ отличается от ранее рассмотренных, отсутствием человека в забое проводимой выработки. Все работы по бурению и отбойке осуществляются из прилегающих к восстающему горизонтальных выработок [3].

На шахтах бассейна 3,3 % от общей протяженности восстающих выработок проходят машинным (комбайновым) способом. В 80-х годах XX столетия на шахтах бассейна работало 10 комбайнов, из них 3-1 КВ, и 7-2 КВ. В настоящее время на проходке восстающих задействовано 2 комбайна типа Рино-400 производства фирмы «Сандвик» [4,5].

Большая протяженность восстающих выработок, которые проходят на шахтах Кривбасса при подготовке блоков к очистной выемке высокая трудоемкость, низкая скорость проходческих работ, определяют необходимость поиска новых технологических и технических решений при разрушении горных пород применительно к проходке в крепких породах восстающих выработок.

Перспективным с точки зрения технологичности, снижения трудоемкости и стоимости проходческих работ является способ проведения восстающих выработок за один прием взры-

вания отбойкой скважинных зарядов на незаряжаемую скважину увеличенного диаметра (компенсационную полость). Суть данного способа заключается в том, что в пределах проектного контура проводимой выработки выбуривают комплект скважин на полную высоту выработки. При этом одну скважину расширяют. Она служит как компенсационная полость. Остальные же скважины комплекта заполняют ВВ и взрывают с замедлениями [6].

При проходке в крепких породах возникающих выработок компенсационная полость в виде скважины большого диаметра может быть создана путем расширения передовой скважины, например, диаметром 0,105-0,110 м.

Одним из основных критериев, позволяющих провести сравнительную оценку различных способов разрушения горных пород при образовании скважин большого диаметра, является относительный коэффициент энергоёмкости, который изменяется в широких пределах в зависимости от способов воздействия на горную породу (табл. 1).

Таблица 1

Относительный коэффициент энергоёмкости различных способов разрушения горных пород

Способы разрушения	Относительный коэффициент энергоёмкости
Термические:	
лазерный луч	450
плазма	120
электронный луч	8
Гидравлические:	
низкоскоростная струя воды	85
непрерывная струя высокого давления	45
пульсирующая струя высокого давления	1
Механические:	
ультразвук	1,5
коническая шарошка	0,7
мощный механический удар	0,5
направленный удар средней мощности	0,2
мощный высокоскоростной удар	0,07
Комбинированные:	
гидромеханический	40
термомеханический	

Установлено, что механический (ударный), ударно-термомеханический и ударно-электротермомеханический способы разрушения горных пород являются наиболее приемлемыми для образования в подземных условиях скважин большого диаметра, при этом пневмоударные устройства, содержащие один ударный механизм с буровой коронкой-расширителем, а при расширении скважин в породах крепостью 10-12 и более линейный тепловой генератор, могут быть эффективными в эксплуатации породоразрушающими органами [7-16].

На основании изложенного выполнен комплекс экспериментальных исследований технологии образования в крепких породах компенсационных полостей в виде скважин большого диаметра, полученных на основе электротермомеханического способа расширения передовых скважин с созданием в призабойной части массива опережающего объемного теплового поля.

Для проведения экспериментальных работ были подобраны забои, проводимые по породам с различным коэффициентом крепости: от монолитных железистых кварцитов с $f=16-18$ до железистых кварцитов с прослойками гематитомартитового роговика с $f=10-12$.

Исследования проводились экспериментальной установкой для электротермомеханического расширения скважин состоящей из бурового станка НКР-100М, пневмоударника с породоразрушающим инструментом, генератора инфракрасного излучения (ГИКИ), тяговой лебедки с канатом, источника электроэнергии с кабелем.

Буровой станок устанавливался на нижнем горизонте, а источник электрической энергии и тяговая лебедка на верхнем.

В качестве генератора ИК-излучения были приняты электробезопасные нагреватели типа ТЭН, собранные в блок в виде «беличьей клетки». В качестве генератора ударных импульсов был принят пневмоударник П-1-115 конструкции НИГРИ.

Техническая характеристика экспериментального образца электротермомеханического рабочего органа установки для расширения скважин следующая:

Энергия удара пневмударника, Дж	250
Частота удара пневмударника, Гц	15
Диаметр породоразрушающих инструментов, м	0,2; 0,3; 0,4; 0,5
Скорость вращения, рад/с	6,28
Мощность ГИКИ, кВт	38
Диаметр ГИКИ, м	0,95
Длина ГИКИ, м	2,2
Питающее напряжение, В	трехфазное 380
Схема соединения электронагревателей в блоке	«звезда».

Согласно методики испытаний последние проводились в три этапа. На первом этапе снизу вверх станком НКР-100М бурились вертикальные передовые скважины диаметром 0,105 м.

На втором этапе передовые скважины расширялись чисто механическим способом до диаметра 0,2;0,3;0,4;0,5 м. При этом определялась линейная скорость расширения передовых скважин.

На третьем этапе скважины диаметром 0,105 м расширялись электротермомеханическим (ЭТМ) способом до диаметра 0,2;0,3 0,4 0,5 м. При этом определялась линейная скорость расширения передовых скважин.

При выполнении третьего этапа исследований в скважину диаметром 0,105 м с заданной скоростью вводился генератор инфракрасного излучения. После полного ввода последний отключался от источника электрического тока и перемещался дальше по скважине на длину не менее 1,5 м, а затем производилось механическое расширение этой скважины соответствующим диаметром.

Линейная скорость механического и электротермомеханического расширения передовых скважин определялась путем измерения длины расширенной скважины и времени расширения.

Энергоемкость механического расширения определялась по формуле, кДж/м³

$$W_m = \frac{N_m}{Y_{об,м}}, \quad (1)$$

где N_m - мощность механического рабочего органа, Дж/с, для станка НКР-100М с пневмударником П-1-115 $N_m=1 \cdot 10^5$ Дж/с; $Y_{об}$ - объемная скорость механического расширения, м³/с.

Объемная скорость механического расширения определялась по формуле, м³/с,

$$Y_{об,м} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot Y_{л,м}, \quad (2)$$

где D - диаметр расширенной скважины, м; d - диаметр расширяемой скважины, $d=0,105$ м; $Y_{л,м}$ - линейная скорость механического расширения, м/с.

Таким образом, кДж/м³

$$W_m = \frac{4N_m}{\pi \cdot Y_{л,м} (D^2 - d^2)}, \quad (3)$$

Энергоемкость электротермомеханического расширения определялась по формуле, кДж/м³

$$W_{э\text{т}м} = \frac{N_m + N_T}{Y_{об,э\text{т}м}}, \quad (4)$$

где N_m - мощность механического рабочего органа, Дж/с, для станка НКР-100М с пневмударником П-1-115 $N_m=1 \cdot 10^5$ Дж/с; N_T - мощность генератора инфракрасного излучения, Дж/с; $N_T=0,38 \cdot 10^5$ Дж/с; $Y_{об,э\text{т}м}$ - объемная скорость электротермомеханического расширения, м³/с.

Объемная скорость электротермомеханического расширения определялась по формуле, м³/с

$$Y_{об,э\text{т}м} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot Y_{л,э\text{т}м}, \quad (5)$$

где D - диаметр расширенной скважины, м; d - диаметр расширяемой скважины, $d=0,105$ м; $Y_{л,э\text{т}м}$ - линейная скорость электротермомеханического расширения, м/с.

Таким образом, кДж/м³

$$W_{э\text{т}м} = \frac{4(N_m + N_T)}{\pi \cdot Y_{л,э\text{т}м} (D^2 - d^2)}. \quad (6)$$

В процессе исследований были получены результаты, представленные в табл. 2-4.

Таблица 2

Линейная скорость расширения скважин с созданием в призабойной части массива опережающего теплового поля

Коэффициент крепости пород, f	Длительность теплового воздействия, ч	Линейная скорость расширения, м/с			
		Диаметр расширенной скважины, м			
		0,2	0,3	0,4	0,5
10-12	0	3,0	1,70	1,0	0,60
	0,5	5,94	3,34	1,98	1,05
	1,0	8,12	4,57	2,86	1,52
	1,5	9,71	5,61	3,33	1,73
13-15	0	1,53	0,87	0,56	0,31
	0,5	3,03	1,70	1,01	0,53
	1,0	4,14	2,33	1,46	0,76
	1,5	4,95	2,83	1,70	0,87
16-18	0	0,60	0,34	0,23	0,12
	0,5	1,19	0,66	0,42	0,21
	1,0	1,62	0,91	0,67	0,29
	1,5	1,83	1,11	0,72	0,33

Таблица 3

Объемная скорость расширения скважин с созданием в призабойной части массива опережающего теплового поля

Коэффициент крепости пород, f	Длительность теплового воздействия, ч	Объемная скорость расширения, м/с			
		Диаметр расширенной скважины, м			
		0,2	0,3	0,4	0,5
10-12	0	0,056	0,068	0,123	0,128
	0,5	0,091	0,153	0,195	0,151
	1,0	0,149	0,194	0,325	0,297
	1,5	0,216	0,289	0,348	0,356
13-15	0	0,029	0,068	0,064	0,068
	0,5	0,047	0,153	0,102	0,080
	1,0	0,077	0,194	0,170	0,152
	1,5	0,111	0,289	0,198	0,173
16-18	0	0,012	0,017	0,023	0,025
	0,5	0,019	0,037	0,038	0,029
	1,0	0,032	0,048	0,061	0,056
	1,5	0,046	0,121	0,072	0,064

Таблица 4

Энергоемкость расширения скважин с созданием в призабойной части массива опережающего теплового поля

Коэффициент крепости пород, f	Длительность теплового воздействия, ч	Энергоемкость расширения, м/с			
		Диаметр расширенной скважины, м			
		0,2	0,3	0,4	0,5
10-12	0	74,483	49,665	37,241	33,104
	0,5	57,410	33,573	25,317	23,293
	1,0	38,051	21,343	19,918	18,411
	1,5	27,586	16,918	13,332	15,05
13-15	0	156,191	104,129	78,096	69,422
	0,5	120,309	70,041	52,703	48,090
	1,0	80,206	44,570	39,523	37,562
	1,5	56,989	35,423	26,684	24,391
16-18	0	372,415	248,275	186,205	165,527
	0,5	286,154	166,923	123,987	114,782
	1,0	190,667	107,357	92,990	87,875
	1,5	135,147	84,173	60,556	56,432

В результате выполненных работ установлено, что с увеличением длительности теплового воздействия, линейная скорость расширения скважин существенно увеличивается, и при длительности теплового воздействия в зоне, прилегающей к забою расширенной скважины, равной 1,5 ч линейная скорость расширения в породах с коэффициентом крепости $f=10-12$ до диаметра 0,3 м увеличивается в 3,3 раза и составляет 5,61 м/ч до диаметра 0,4 м - в 3,1 раза и составляет 3,33 м/ч, а до диаметра 0,5 м - в 2,9 раза и составляет 1,73 м/ч.

Объемная скорость разрушения имеет явно выраженный максимум и область диаметра скважины 0,5 м. Это означает, что для данного типа пневмоударника и инструмента оптимальным диаметром расширения является 0,5 м. Этот вывод подтверждается и минимальной энергоемкостью процесса разрушения при расширении до диаметра 0,5 м.

Установлено, что энергоемкость процесса разрушения электротермомеханическим способом по сравнению с чисто механическим значительно меньше. Например, при расширении скважин в породах с коэффициентом крепости $f=10-12$ до диаметра 0,5 м она в 2,2 раза ниже и составляет $15,05 \cdot 10^5$ кДж/м³, что свидетельствует о высокой эффективности ЭТМ способа расширения скважин с созданием опережающего теплового поля изнутри массива.

Экспериментальные исследования по расширению передовых скважин электротермомеханическим способом показали, что устройства содержащие один ударный механизм с буровой коронкой - расширителем и линейный ГИКИ являются надежными, простыми и удобными в эксплуатации породоразрушающими инструментами образования компенсационных полостей для проходки в крепких породах восстающих выработок при подготовке блоков к очистной выемке.

Выводы и направление дальнейших исследований. Выполненные работы показали, что:

При подготовке блоков к очистной выемке проходка в крепких породах восстающих выработок является наиболее дорогостоящим и трудоемким видом горных работ.

Перспективным с точки зрения технологичности, снижения трудоемкости и стоимости проходческих работ является комбинированный способ проведения восстающих выработок за один прием взрывания отбойкой скважинных зарядов на скважину увеличенного диаметра (компенсационную полость).

При проходке в крепких породах восстающих выработок за один прием взрывания наиболее узким местом является образование компенсационной полости, которая может быть создана путем расширения передовой скважины диаметром 0,105-0,11 м. С увеличением длительности теплового воздействия линейная скорость расширения скважин электротермомеханическим способом существенно увеличивается, а объемная скорость расширения и энергоемкость процесса разрушения по сравнению с чисто механическим способом значительно уменьшается.

Устройства, содержащие один ударный механизм с буровой коронкой-расширителем и линейный ГИКИ, являются надежными, простыми и удобными в эксплуатации породоразрушающими инструментами для образования компенсационной полости при проходке в крепких породах восстающих выработок, задействованных в подготовке блоков к очистной выемке.

Дальнейшие исследования необходимо проводить в направлении повышения эффективности механического разрушения массива при образовании компенсационных полостей.

Список литературы

1. **Чирков Ю.И., Черненко А.Р.** Подземная разработка мощных железорудных месторождений. –М. - Недра, 1985. - 239 с.
2. **Дубинин Н.Г., Трегубов Б.Г.** Подготовка блоков к очистным работам. М. - Недра, 1968. - 149 с.
3. **Барон Л.И., Овчинников М.И.** Механизация проходки восстающих. М. - Недра, 1973. - 192 с.
4. **Соловьянов Л.Н.** Промышленный опыт проходки восстающих машинным способом. Тр. НИГРИ, 1957. - том 1. - С. 287-305.
5. **Алексеев Г.М., Кунин И.К., Воюта Л.Ф.** Перспективы развития техники и технологии проходки восстающих выработок. Горный журнал, 1979. - №8. - С. 31-33.
6. **Шнайдер М.Ф.** Образование восстающих взрыванием скважинных зарядов. Горный журнал, №6, 1982. - С. 36-37.
7. **Hawkes Ivor, B. Eng Ph. D.** The Blasting Action of the Gardox Shell. Transactions of the Inst of Min. Eng., 1987, V. 118, part. 1, p. 1.
8. **Hawkes S., Member A.** The Fundamentals of airblasting The Mining Engineer, N 25, October, 1962.
9. **Inett E. W., P. h. D.** A Survey of Rotary - Percussive Drilling». Mine and Quarry Eng, 1957, № 1, p. 1.
10. **Jahn R.** Drehschlagbohren Glickauf, 1993, N 37/38.
11. **Konnerth W.K.** Untersuchungen fiber die Zertrimmerbarkeit von Gesteinen des Ruhrkarbons im Hinblick auf eine Rationalisierung des Gestein-streckenvortriebes. Glickauf, H. 1/2, 1988. - S. 29-46.
12. **Konnerth W.K.** Neue Erkenntnisse zur Rationalisierung und Uberwachung der Schiefarbeit beim Gesteinsstreckenvortrieb, Glickauf, H. 11/12, Essen, Marz, 1995.
13. **Loison R.** Thouseau. Risques presantes par l'emploi du tir a l'air corn-prime. Revue de l'Industrie Minerale 1959, № 12.
14. **Miiller, Walter** «Gesteinsstreckenvortriebe mit hohen Auffahrleistungen», Glickauf, 1996. - № 37/38, S. 1140-1151.
15. **Миронов Е.И.** Новые методы разрушения пород при скоростной проходке горных выработок в США // Горный журнал, 1978. - №3. - С. 69-72.
16. **Галяс А.А.** Новые направления интенсификации процесса термомеханического разрушения горных пород. Интенсификация процессов разрушения горных пород. - Киев, Наук.думка, 1986. - С. 29-33.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.14

Н.И. СТУПНИК, В.И. НИКОНЕЦ, В.А. КАЛИНИЧЕНКО, доктора техн. наук, проф.,
Е.В. КАЛИНИЧЕНКО, канд. эконом. наук, доц., Криворожский национальный университет,
И.А. ГОРБАТЕНКО, ПАО «Марганецкий ГОК»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНКЕРНОЙ КРЕПИ ДЛЯ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ В ГЛИНИСТЫХ ПОРОДАХ

В представленной работе рассмотрены результаты исследований геомеханических процессов, протекающих в недрах при выемке марганцевой руды подземным способом. Определены закономерности скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок в зависимости от мощности глин кровли рудного пласта. Установлены зависимости параметров анкерной крепи от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок. На основании выполненных исследований была разработана и внедрена в производство анкерная крепь, состоящая из анкеров, выполненных из арматурной стали. Установка анкеров осуществляется путем вдавливания их в породу и руду с помощью гидравлической установки. Во время шахтных исследований на ПАО «Марганецкий ГОК» была установлена оптимальная плотность установки анкеров, которая составила 5 анкеров/м², а также зависимость оптимальной длины анкера от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В Украине разрабатывается самое большое в Европе месторождение марганцевой руды, которое представляет собой горизонтальный рудный пласт со средней мощностью 1,5-2,5 м на глубине 70-120 м. На шахтах ПАО «Марганецкий ГОК» руда в основном состоит из глинистых частиц с включениями небольших по размеру твердых марганцевых минералов. В кровле рудного пласта залегает твердопластичная глина мощностью в среднем от 4 до 16 м, в почве - обводнённая песчано-глинистая порода. Геомеханические процессы, протекающих в недрах при выемке марганцевой руды подземным способом, характеризуются опусканием кровли на сопряжениях очистных выработок. Скорость опускания кровли зависит, в частности, от мощности глин кровли рудного пласта. При анкерном креплении сопряжений очистных выработок параметры анкерной крепи зависят от скорости опускания кровли.

Анализ исследований и публикаций. Обеспечение устойчивости горных выработок - одна из главных задач, возникающих при строительстве и эксплуатации горнодобывающих предприятий. Теория горного давления говорит о том, что главными факторами, определяющими поведение горного массива вокруг горной выработки, являются напряженное состояние массива и физико-механические свойства пород.

Анкерная крепь состоит из системы армирующих элементов, которые закреплены в шпурах или скважинах, пробуренных, как правило, в кровле горной выработки, которые предназначены для предотвращения обрушения ослабленных пород за счет их скрепления и подвески к устойчивой части породного массива [1-6].

Применяют два способа установки анкеров: по первому арматурный стержень вдавливают или забивают в предварительно заполненный вяжущим раствором шпур, по второму его вводят в пустой шпур, а затем заполняют вяжущим раствором. Наиболее часто используют первый способ.

Так на ряде финских рудников («Коталахти», «Пюхасалми», «Виханти» и др.) вновь вернулись к широкому использованию железобетонных анкеров, хотя по прежнему применяют и сталеполномерные анкеры и анкеры типа «Сплит-Сет» [4]. В качестве арматуры на этих предприятиях используют стержни периодического профиля диаметром 16-20 мм. Длина анкеров составляет 2,4 м. Раствор для закрепления арматуры состоит из цемента и классифицированных хвостов обогатительной фабрики в соотношении 1:1 с добавкой 1 % бентонита от массы смеси. Водоцементное отношение равно 0,4. Цементный раствор вводят в шпуры специальными или строительными раствором-нагнетающими насосами после установки арматуры.

В ФРГ разработаны гибкие анкеры с высокой несущей способностью, которые можно вводить в шпуры или скважины вручную, а затем цементировать в массиве способом нагнетания [5]. Работы по бурению шпуров (скважин) и установке анкеров могут быть организованы параллельно. Такие анкеры пригодны для крепления выработок малой и средней ширины с различными схемами расположения анкеров. Для очень широких выработок из соображений эко-

номии рекомендуется комбинировать гибкие цементные анкеры с расположенными у стенок рядами подхватов.

Гибкие анкеры представляют собой пучок тонких стальных штанг. Они достаточно гибки, что дает возможность вручную вводить их в шпур или скважину даже при небольшом сечении выработки, а также обладают высокой несущей способностью - до 300 кН. Штанги пучка сварены с опорной плитой под углом, соответствующим углу наклона шпура (скважины) относительно стенки. Опорная плита анкера плоская и не имеет выступающих частей, что является очень важным фактором при использовании самоходной техники. Устье шпуров или скважин под анкер закрывают уплотнением, через которое в них нагнетают раствор по размещенному в пучке шлангу для выпуска воздуха, благодаря чему обеспечивается надежное закрепление анкера. Анкерную плитку при установке крепи поджимают к кровле легкой распорной стойкой, вдавливающей уплотнение к устью шпура или скважины и плотно прижимающей затяжку к кровле выработки. Цементирующий раствор готовят из двух компонентов в стационарной мешалке и по шлангу подают в шпур (скважину).

За рубежом предложена также конструкция гибкого цементируемого анкера с предварительным натяжением, которая получает все большее распространение. Эти анкеры представляют собой связанные в пучок пряди стальной проволоки высокой прочности. На отрезке, где между анкером и стенками шпура (скважины) имеется зазор, пучок стальных прядей помещают в пластмассовую оболочку. Предварительное натяжение задают с помощью выступающей из шпура (скважины) натяжной головки. Достижение заданного предварительного натяжения одновременно является гарантией хорошего сцепления анкера с породами. Такая система крепления более экономична, так как позволяет обходиться почти вдвое меньшим числом анкеров, чем при их использовании без предварительного натяжения [6].

В США запатентована конструкция анкера с головкой, состоящая из конуса, навинченного на один из концов анкерного стержня, упорного кольца и роторной втулки. При вращении стержня конус перемещается к упорному кольцу и распорная втулка расширяется до упора в стенки шпура. Для герметизации шпура используют втулку-уплотнитель, через которую пропущена трубка для нагнетания цементного раствора в шпур. Воздух из полости шпура, вытесняемый цементным раствором, выходит через сквозной канал в стержне [6].

К недостаткам анкеров, закрепляемых смесями на основе цемента, следует отнести их плохое сопротивление сдвиговым напряжениям, относительно длительный промежуток времени, необходимый для набора прочности, трудоемкость приготовления и транспортировки бетонных смесей, необходимость контроля полноты заполнения шпуров или скважин бетоном при инъектировании.

Постановка задачи. Таким образом, целью данной работы является разработка технологических решений и рекомендаций по выбору рационального типа крепления горных выработок и их сопряжений для уменьшения затрат и повышения безопасности работ, в том числе за счет использования новейших технологий.

Изложение материала и результаты. Разработка месторождения ПАО «Марганецкий ГОК» ведётся длинными узкими камерами, руда отбивается малогабаритными комбайнами и с помощью конвейеров выдаётся на поверхность. Крепление выемочных штреков производится кольцевой шарнирно-податливой крепью из шахтного спецпрофиля СВП-27. Диаметр выработок в свету составляет 3,0 и 3,3 м, плотность крепи - две рамы на 1 м горной выработки.

В связи с недостаточной несущей способностью применяемой крепи, выемочные штреки и их сопряжения с очистными выработками неоднократно перекрепляются, что приводит к большим материально-трудовым затратам.

С целью снижения затрат были проведены шахтные исследования, которые показали, что на величину горного давления оказывают влияние три основных фактора:

- мощность глины непосредственной кровли рудного пласта;
- глубина залегания;
- мощность рудного пласта [7].

Первый фактор оказался основным, поэтому была установлена зависимость скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок от мощности глины, залегающей над рудным пластом, рис. 1.

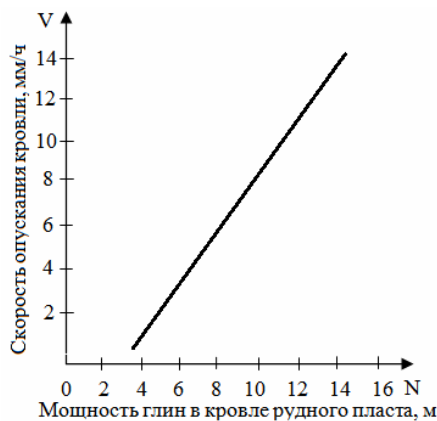


Рис. 1. Зависимость скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок от мощности глин кровли рудного пласта

Эти исследования позволили разработать, испытать и внедрить в производство анкерную крепь для выемочных штреков. Эта крепь состоит из анкеров из арматурной стали 0,22 мм длиной от 1,0 до 4,0 м, ограждения (затяжки) из металлического просечно-вытяжного листа толщиной 3,5 мм и пластин под головки анкеров.

Анкеры внедряются (вдавливаются) в породу и руду с помощью гидравлической установки по всему периметру горных выработок. Производительность установки составляет 10-20 анкеров/ч.

В процессе шахтных исследований анкерной крепью и комбинированной анкерно-рамной крепью было закреплено около 2500 м горных выработок. В частности, были закреплены транспортные сбойки на шахте № 9/10 и выемочные штреки шахты № 8. Применение анкерной крепи позволило снизить материально-трудовые затраты в 1,5 - 2,5 раза. Кроме этого, применение анкерно-рамной крепи позволило уменьшить плотность рамной крепи в 1,5-2 раза и снизить затраты на 25-30 %.

Во время шахтных исследований была установлена оптимальная плотность анкеров, которая составила 5 анкеров/м², а также зависимость оптимальной длины анкера от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок, рис. 2.

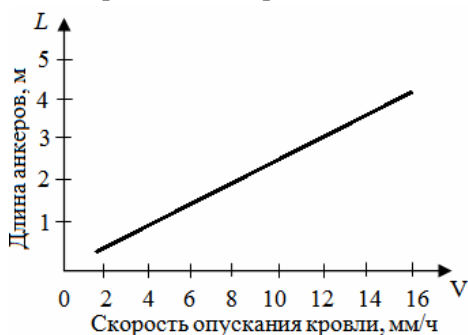


Рис. 2. Зависимость длины анкера от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок

Оптимальная длина анкера определялась таким образом, чтобы обеспечить сохранность горных выработок вне зоны влияния очистных работ, а также безремонтное поддержание сопряжений очистных выработок в зоне ведения очистных работ.

Исследования показали, что длина зоны влияния очистных работ, где проявляется высокое опорное горное давление, составляет 60-120 м, а длина наиболее разрушительной его части - 25,40 м [8].

В этой зоне рамная крепь, предварительно потерявшая часть своей конструктивной податливости, с нарушенными вокруг неё породами, интенсивно деформируется и разрушается. По мере приближения очистных работ к каждой раме крепи скорость её деформации увеличивается и на сопряжениях очистных выработок большинства шахт составляет 7-18 мм/ч. Рабочие очистных бригад отвлекаются на перекрепление выемочных штреков и их сопряжений, что приводит к снижению производительности очистных забоев.

Отличительной особенностью анкерной крепи является то, что она положительно влияет на геомеханические процессы в массиве вокруг выработок. Закрепленные анкерами породы препятствуют отслаиванию породы и ее равновесное состояние вокруг выработок не нарушается.

Анкерная крепь является средством искусственного упрочнения пород вокруг выработок путём их армирования и сжатия анкерами, которые вне зоны опорного горного давления предотвращают возникновение в породах растягивающих напряжений. В зоне опорного горного давления вокруг анкеров образуются конусообразные сжатые зоны породы, которые по мере увеличения опорного давления накладываются одна на другую и формируют единую зону сжатых пород. В этих зонах растягивающие напряжения остаются в небольших по высоте конусах между головками анкеров и существенной роли в поведении заанкерowanego массива не играют [9].

Следует отметить, что при применении рамной крепи геомеханический процесс образования вокруг выработок зоны неупругих деформаций начинается сразу же после её установки в забое. В случае применения анкерной крепи этот процесс начинает развиваться только вблизи очистных работ и носит замедленный характер, а эксплуатация выработок и их сопряжений производится без опасных разрушений крепи и обрушений породы.

Следовательно, основными задачами анкерной крепи в выработках, расположенных вне зоны влияния очистных работ, будет:

сохранение приконтурного массива пород в первозданном состоянии;
недопущение преждевременного развития геомеханического процесса отслоения пород и формирования зоны неупругих деформаций;

снижение материальных и трудовых затрат при креплении выработок и их поддержание при эксплуатации.

Основные задачи анкерной крепи в выработках, попадающих в зону влияния очистных работ, заключаются в следующем:

замедление процесса развития зоны неупругих деформаций и скорость смещения породного контура;

сохранение эксплуатационной высоты выработок и исключение их переукрепления;

обеспечение безопасного и безремонтного поддержания их сопряжений.

Основными направлениями дальнейших исследований являются следующие:

замена металлического ограждения выработок из просечно-вытяжного листа на ограждение из стеклоткани шахтного исполнения;

совершенствование конструкции составных анкеров длиной более 3 м.

Расчет экономической эффективности от внедрения технологической карты на установку анкерной крепи для выемочных штреков выполняется для следующих условий. Крезь состоит из анкеров из арматурной стали 0,22 мм длиной от 1,0 до 4,0 м, ограждения (затяжки) из металлического просечно-вытяжного листа толщиной 3,5 мм и пластин под головки анкеров.

Анкеры внедряются (вдавливаются) в породу и руду с помощью гидравлической установки по всему периметру горных выработок. Производительность установки составляет 10-20 анкеров/ч.

Расчет экономической эффективности выполняется по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_1 - C_2) + E_n(K_1 - K_2)],$$

где A - годовой объем внедрения; C_1 и C_2 - себестоимость выполнения единицы работ сравниваемых вариантов; E_n - нормативный коэффициент эффективности; K_1 и K_2 - капитальные вложения (стоимость основных производственных фондов) на единицу работ сравниваемых вариантов.

Экономическая эффективность от внедрения предлагаемой технологии составит 19080 грн. на 1000 т добычи.

Выводы. Выполненные исследования позволили разработать технологические решения и рекомендации по выбору рационального типа крепления горных выработок и их сопряжений, что позволяет улучшить условия труда и безопасность работ, а также повысить экономическую эффективность анкерного крепления.

Список литературы

1. Вольфсон П.М., Дидок А.В., Петик В.В. Новый тип крепи сопряжений выработок выпуска и доставки на рудниках Криворожского бассейна // Горный журнал – 1995 -№1. – С. 31-34.
2. Анкерная крепь: Справочник / А.П. Широков, В.А. Лидер, М.А. Дзауров и др. – М.: Недра, 1990.
3. Калиниченко В.А., Горбатенко И.А. Исследование влияния параметров анкерной крепи на высоту выемочных штреков / Гірничий вісник: – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 95 (1). – С. 183-186.
4. Larpainen P., Pulainen J., Kuparinen J. Use of steel strands in cable bolting and rock bolting. Rock Bolting: Theory and Appl. Mining and Underground Construction Processing International Symposium Abisco, 1983, 28 Aug. – 3 Sept., Rotterdam, Boston. 1984.- P. 557-562.
5. Гетце В., Штефан П., Виганд Х.А. Границы применения и будущее развития анкерной крепи // Глюкауф. 1982, №11. – С. 16-25.
6. Современные конструкции анкерной крепи и оборудование для ее установки, применяемые на зарубежных рудниках / А.И. Юхимов, В.Г. Гальперин // Центр. науч.-исслед. ин-т информации и техн.-эконом. исслед. черн. мет. – М., 1988.
7. Никонец В.И. Инструкция по выбору крепей очистных выработок и их сопряжений на шахтах Приднепровского марганцеворудного месторождения. - Кривой Рог. - Научно-исследовательский горнорудный институт, 1989.
8. Никонец В.И. Результаты промышленных испытаний анкерной крепи в Никопольском бассейне. Кривой Рог. Научно-исследовательский горнорудный институт. 2003.
9. Якоби О. Практика управления горным давлением. М.: Недра, 1987.

Рукопис подано до редакції 21.03.14

М.С. МАЛАНЧУК, канд. техн. наук, Т.В. МАРТИНЮК, інженер II категорії
О.І. КАЗАНІВСЬКА, канд. техн. наук, Національний університет „Львівська політехніка”

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА НОРМАТИВНУ ОЦІНКУ ЗЕМЛІ В МЕЖАХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Наведено результати власних досліджень, які дали змогу встановити фактори, що впливають на нормативну грошову оцінку. Визначено основні проблеми та причини неточного розрахунку витрат на облаштування території. Викрнано власні розрахунки із нормативної грошової оцінки земель населених пунктів.

При проведенні нормативної грошової оцінки землі виникають питання щодо правильності обрахунку витрат на освоєння і облаштування території населеного пункту, відображення локальних та функціональних факторів на картографічному матеріалі та визначення їх значення. З цієї причини було поставлено завдання дослідити правильність визначення витрат на освоєння та облаштування території з урахуванням форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території, а також проаналізувати групу факторів, які впливають на достовірність проведення нормативної грошової оцінки населеного пункту. У результаті проведених досліджень, встановлено що: на нормативну грошову оцінку діє група факторів, які дають можливість маніпулювати величиною оцінки земель населених пунктів; недостатньо об'єктивних та достовірних вихідних даних для розрахунку витрат на освоєння та облаштування території; витрати на облаштування території залежать від форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території. Для якісного проведення оціночних робіт потрібно використовувати актуальні дані та залучати інформацію із містобудівного та інших кадастрів, також врахувати фізичний знос елементів інфраструктури при визначенні базової вартості землі населеного пункту.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним з основних факторів, який впливає на величину нормативної грошової оцінки земель є витрати на освоєння і облаштування території населеного пункту. Проблема визначення цих витрат тісно пов'язана із науковими та практичними завданнями, які мають на меті створити чіткий механізм визначення базової вартості землі із забезпеченням сучасного інформаційного матеріалу у сфері містобудівного та інших кадастрів.

Для того щоб визначити витрати на освоєння і облаштування території населеного пункту потрібна інформація про відновну вартість інженерної підготовки головних споруд і магістральних мереж водопостачання, каналізації, тепlopостачання, електропостачання (у тому числі зовнішнє освітлення), газопостачання, дощової каналізації, вартість санітарної очистки, зелених насаджень загального користування, вулично-дорожньої мережі, транспорту станом на початок року проведення оцінки [3], яку надають відповідні служби. Проте не завжди отримані дані відповідають дійсності, а також вартість інфраструктури буде залежати від розташування забудованої території, тобто від форми населеного пункту. Таким чином, досить важливим питанням постає правильність визначення витрат на освоєння і облаштування з урахуванням особливостей населеного пункту.

Аналіз досліджень та публікацій. Питання нормативної грошової оцінки в межах населених пунктів в Україні висвітлені у працях багатьох науковців, таких як Дехтяренко Ю.Ф., Данилишин Б.М., Добряк Д.С., Лихогруд М.Г., Мартин А.Г., Палеха Ю.М., Перович Л.М., Третяк А.М. та інших. Проте в сучасних умовах необхідно дотримуватися основних світових напрямків розвитку землеоціночної діяльності, що викликає значні дискусії.

Постановка завдання. При проведенні нормативної грошової оцінки землі виникають питання щодо правильності обрахунку витрат на освоєння і облаштування території населеного пункту, відображення локальних та функціональних факторів на картографічному матеріалі та визначення їх значення. З цієї причини було поставлено завдання дослідити правильність визначення витрат на освоєння та облаштування території з урахуванням форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території, а також проаналізувати групу факторів, які впливають на достовірність проведення нормативної грошової оцінки населеного пункту.

Викладення матеріалу та результати. Грошова оцінка земель є одним із джерел наповнення бюджету, консолідації бюджетних коштів для фінансування заходів щодо збереження родючості ґрунтів та охорони земель. Використовується для визначення земельного податку, розмірів відшкодування від втрат сільськогосподарського і лісгосподарського землекористування.

Методичне регулювання оцінки земель здійснюється у відповідних нормативно-правових актах, що встановлюють організацію і виконання землеоціночних робіт, порядок проведення

оцінки земель, зміст і склад технічної документації та звітів з грошової оцінки земельних ділянок, вимоги до них, порядок їх виконання. У Методиці [2] та Порядку [3] нормативної грошової оцінки земель населених пунктів приведено механізм розрахунку нормативної грошової оцінки земель, який не завжди чітко визначає застосування певних коефіцієнтів та дає можливість маніпулювати величиною нормативної грошової оцінки.

У результаті аналізу нормативно-правового та методичного забезпечення нормативної грошової оцінки земель в межах населених пунктів та виконання розрахунків з оцінки 10 населених пунктів встановлено фактори, що впливають та дають можливість маніпулювати величиною оцінки (рис. 1).

Відповідно до рис. 1, першим, найбільш вагомим фактором є витрати на освоєння та облаштування територій, оскільки від їх величини залежить базова вартість землі. Показник, який відображає сукупність витрат на облаштування території є відновна вартість [5].

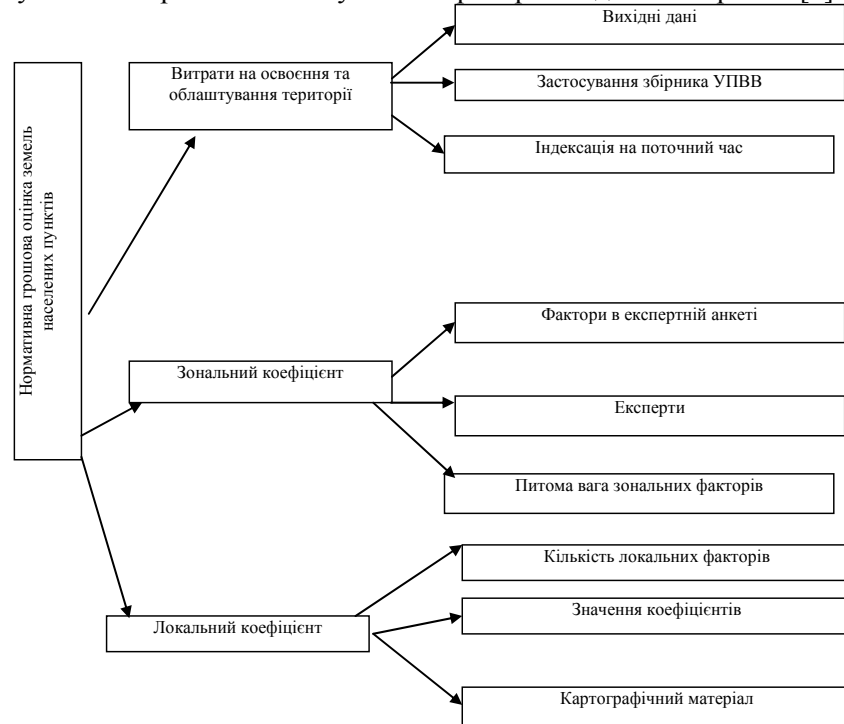


Рис. 1. Фактори, що впливають на величину нормативної грошової оцінки

На практиці не завжди вдається отримати дані про відновну вартість інфраструктури, переважно це дані про балансову вартість, тому повна відновна вартість, рахується за "Збірником укрупнених показників відновної вартості будівель та споруд" (УПВВ). Ці показники індексують на рік виконання оцінки до їх ринкової вартості. У результаті отримуємо проіндексовану відновну вартість, яка не завжди повністю відображає реальність.

Другим не менш важливим фактором маніпуляцій в нормативній грошовій оцінці є зональний коефіцієнт, який характеризує містобудівну цінність території в межах населеного пункту (економіко-планувальної зони). Значення коефіцієнта визначається як добуток пофакторних оцінок з урахуванням вагової характеристики кожного з факторів. Кількість та вид факторів у експертній анкеті вибирає оцінювач, а також питому вагу зональних рентоутворювальних факторів. Отже при визначенні комплексного індексу цінності територій, а далі й зонального коефіцієнту, може бути присутній суб'єктивізм експертів.

Третім та найбільш масштабним фактором є застосування локальних коефіцієнтів, яких налічується 30, які групуються у шість рентоутворюючих факторів. Застосування певного коефіцієнту обумовлюється наявністю цього фактору на території населеного пункту, а також картографічного матеріалу. Проблема полягає у правильності зображення локальних факторів на картографічному матеріалі та визначенні їх значення, адже у Порядку [3] значення

коливається у певних межах. Отже застосування максимального чи мінімального значень локальних коефіцієнтів дає можливість отримати не об'єктивну ціну землі.

У даному випадку зупинимось більш детально на визначенні витрат на освоєння та облаштування території від яких залежить базова вартість землі. Витрати на освоєння та облаштування території уключають відновну вартість як первісну вартість, що змінюється після переоцінки, інженерної підготовки, головних споруд і магістральних мереж водопостачання, каналізації, тепlopостачання, електропостачання (включаючи зовнішнє освітлення), слабкострумових пристроїв, газопостачання, дощової каналізації, вартості санітарної очистки, зелених насаджень загального користування, вулично-дорожньої мережі, міського транспорту станом на початок року розробки оцінки.

Для проведення досліджень нами була виконана нормативна грошова оцінка десяти населених пунктів відповідно до [2,3]. Дані населені пункти знаходяться на території одного району. Назви населених пунктів не вказуються, оскільки технічні документації проходять стадію затвердження. Інформація про населені пункти та дані для розрахунку відновної вартості були надані відповідними службами. Результати розрахунків надано у табл. 1

Таблиця 1

Базова вартість земель у межах населених пунктів, станом на 01.01.2014 р.

Кількість населення, осіб	Площа, га	Площа, що бралася до розрахунку, га	Витрати на освоєння та облаштування території, грн./м ²	Базова вартість, грн./м ²
1023	452,2445	88,3666	12,33	24,66
439	170,1555	29,8284	11,04	22,08
1820	558,6481	96,7746	12,06	24,12
222	147,7307	24,5051	10,23	20,46
432	231,8212	30,3568	11,73	23,46
1723	737,5475	85,3598	10,37	20,74
85	117,2505	8,6997	8,7	17,4
1394	864,8	140,8634	10,45	20,90
1616	720,1	148,6015	11,82	23,64
1100	341,3	100,0727	12,6	25,20

Дослідження показали, що витрати на освоєння та облаштування території значною мірою залежать від площі, яка бралася до розрахунку, проте, на нашу думку, найбільший вплив мають натуральні показники інфраструктурного облаштування. Для прикладу, у населеному пункті №7 площа земель, які приймалися до розрахунку витрат, відповідно до вимог [2,3,7], становить 8,6997 га, витрати -8,7 грн./м², а в № 8 площа - 140,8634 га, витрати 10,45 грн./м², також населення у 16 раз більше. Натурне обстеження населених пунктів засвідчило те, що восьмий населений пункт є більш розвинутий ніж сьомий, який практично є хутором, але різниця у витратах становить лише 1,75 грн./м². У результаті проведеного аналізу встановлено, що це пов'язано із тим, що села мають різну форму, восьме більш кругліше та згрупована забудована територія, а сьоме має витягнуту форму і розкидану забудовану територію, тому протяжність комунікацій буде більшою, а відповідно і їх вартість.

Недостовірне обчислення витрат і відповідно базової вартості землі має дві причини. Перша - це не завжди правильні вихідні дані, які подають відповідні установи та організації. Адже, не всі ведуть звітність та облік за певним населеним пунктом (або повністю не володіють інформацією), а за сільською радою загалом, як відомо сільські ради можуть включати декілька населених пунктів. Значну частину величини (від 40-50 %) витрат складає вулично-дорожня мережа, по факту асфальтованої дороги вже нема, а на балансі і у вихідних даних облавтодору - є.

Друга причина - це не завжди точна індексація, оскільки УПВВ розроблені у 1969 році, навіть проіндексовані, все одно не дають точного уявлення про реальну вартість облаштувань, а також нема впевненості в тому, що саме ту розцінку було вибрано, адже види, класифікація та сама будова певних комунікацій змінилася. Більшість фірм для розрахунку відновної вартості використовують програмне забезпечення, в якому вже є закладені витрати. Але там нема всіх видів елементів інфраструктури, тому часто вибирають з того, що є, а це в свою чергу змінює ціну землі в більшу чи меншу сторону.

Приймаючи всі натуральні показники та їх відношну вартість до розрахунку, отримуємо ціну землі із повним новим інфраструктурним облаштуванням, що насправді є хибним.

Відповідно до законодавства [1,2,3,8] нормативна грошова оцінка земельних ділянок здійснена відповідно до чинного законодавства України з метою створення умов для економічного регулювання земельних відносин при передачі землі у власність, у спадщину, під заставу, при даруванні, купівлі-продажу, оренди, ціноутворенні, визначенні ставок земельного податку. В результаті отримуємо дуже цікаву ситуацію, що у вартість землі вже закладено витрати на облаштування території, хоч по факту не у всіх населених пунктах вони є, і люди сплачують земельний податок чи орендну плату за те, чого не існує, або існує, але не відповідає ніяким стандартам.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У результаті проведених досліджень, встановлено що:

на нормативну грошову оцінку діє група факторів, які дають можливість маніпулювати величиною оцінки земель населених пунктів;

недостатньо об'єктивних та достовірних вихідних даних для розрахунку витрат на освоєння та облаштування території;

витрати на облаштування території залежать від форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території.

Для якісного проведення оціночних робіт потрібно використовувати актуальні дані та залучати інформацію із містобудівного та інших кадастрів, також врахувати фізичний знос елементів інфраструктури при визначенні базової вартості землі населеного пункту.

Список літератури

1. Земельний кодекс України від 25.10. 2001 № 2768-III // Відомості Верховної Ради України від 25.01.2002 - 2002 р., № 3, стаття 27.
2. Постанова КМУ « Про Методика нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів» від 23.03.1995 № 213 // Офіційний вісник України від 23.12.2011 - № 97, стор. 138, стаття 3538
3. Наказ Держкомзему України «Про Порядок нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення та населених пунктів» від 27.01.2006 №18/15/21/11. // Офіційний вісник України від 26.04.2006 – № 15, стор. 169, стаття 1134
4. **Маланчук М.С.** Вдосконалення методики обчислення нормативної грошової оцінки порушених земель. - Збірник наукових праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва», 2012., Випуск II(24) с.155-158.
5. **Дехтяренко Ю.Ф., Лихогруд М.Г., Манцевич Ю.М., Палеха Ю.М.** Методичні основи грошової оцінки земель в Україні. Київ: Профі, 2007– 624 с.
6. **Палеха Ю.М.** Економіко-географічні аспекти формування вартості територій населених пунктів. Київ: Профі, 2006. – 324 с.
7. Стандарт державного комітету України із земельних ресурсів СОУ ДКЗР 0032632-012:2009 «Оцінка земель. Правила розроблення технічної документації з нормативної грошової оцінки земель населених пунктів», Київ 2009
8. Закон України «Про оцінку земель» від 11.12.2003 № 1378-IV // Відомості Верховної Ради України від 09.04.2004 – 2004 № 15, стаття 229.
9. **Перович Л. М.** Кадастр нерухомості. [Навчальний посібник] / **Перович Л. М., Перович Л. Л., Губар Ю. П.** Львів, 2003 р. – с. 122.
10. Державний комітет статистики України. Чисельність наявного населення України на 1 січня 2014 року, Київ-2014

Рукопис подано до редакції 24.04.14

УДК 622.272: 624.191.5

С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, доц., ОКВУЗ "Институт предпринимательства "Стратегия"

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВРЕМЕНИ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Производства, связанные с добычей железорудного сырья относятся к числу наиболее стабильно функционирующих предприятий страны, источником критически важных валютных поступлений от экспорта, что определяет их значимость. Задачу реконструкции горных предприятий в условиях больших глубин разработки необходимо сопровождать активными усилиями в направлении научно-технического обеспечения производства, создания программных продуктов с целью автоматизации исследований и оперативной выработки необходимых рекомендаций.

Разработан алгоритм и компьютерная программа на языке Java. Указано, что влияние различных факторов на структуру затрат времени проходческого цикла при фиксированной его продолжительности и темпы проходки протяженных горизонтальных выработок проявляется следующее: на указанные параметры определяющее влияние оказывает крепость пород, в которых осуществляется строительство выработки; даже при весьма различном сочетании других факторов, в крепких и весьма крепких породах наблюдается устойчивая тенденция к выраженному доминированию затрат времени на бурение шпуров в забое выработки.

Степень воздействия производительности оборудования для уборки породы на параметры проходческого цикла по сравнению с приведенными выше факторами следует оценить как менее значимую. Результаты исследований могут быть использованы при управлении темпами проходческих работ для обеспечения своевременной реконструкции шахт.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Железородная промышленность относится к числу наиболее стабильно функционирующих отраслей экономики страны, источником критически важных валютных поступлений от экспорта, что определяет ее уникальную значимость. Задачу реконструкции горных предприятий в условиях больших глубин разработки необходимо сопровождать активными усилиями в направлении научно-технического обеспечения производства, создания программных продуктов с целью автоматизации исследований и оперативной выработки необходимых рекомендаций.

Анализ исследований и публикаций. Анализ ранее опубликованных результатов исследований [1-3], а также состояния практики проектирования и строительства горных выработок в различных условиях указывает на необходимость более детального учета особенностей сооружения подземных объектов для обеспечения их рациональных параметров.

Постановка задачи. Разработать соответствующие методике и программное обеспечение автоматизации исследований структуры затрат времени проходческого цикла в контексте проблемы организации проходки протяженных выработок глубоких шахт с помощью буровзрывной технологии под влиянием изменения параметров оборудования и горно-геологических условий.

Изложение материала и результаты. Спецификой горного производства является постоянная необходимость реконструкции предприятий, предусматривающей, в частности, большие объемы строительства капитальных выработок различного назначения. Для своевременного ввода в действие новых горизонтов взамен выбывающих в процессе отработки месторождения обеспечение заданных темпов проходки горных выработок является важной задачей, связанной с ритмичной организацией работ.

Представляет интерес разработка методов исследований, соответствующего программного обеспечения, которые позволили бы служить в качестве инструментов для изучения вопросов организации строительства.

Для автоматизации исследований разработан алгоритм (рис. 1) и компьютерная программа на языке Java. Основные возможности этого языка весьма разнообразны.

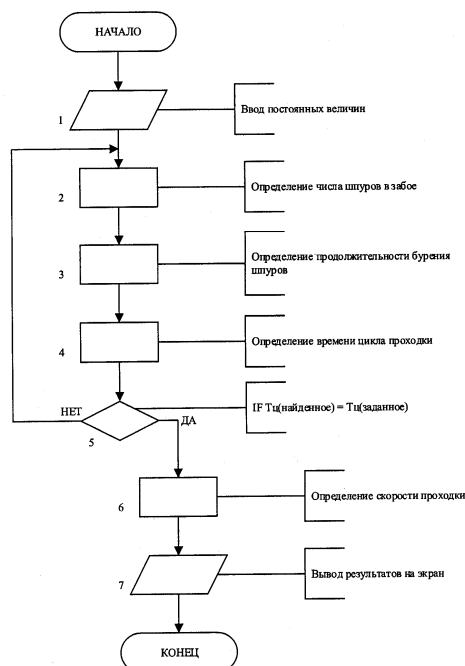


Рис. 1. Алгоритм программы

К ним относится, в частности:
 набор стандартных коллекций;
 наличие простых средств создания сетевых приложений;
 встроенные в язык средства создания многопоточных приложений;
 увеличенные возможности обработки исключительных ситуаций;
 унифицированный доступ к базам данных;
 поддержка обобщений;
 автоматическое управление памятью;
 значительный набор средств фильтрации ввода-вывода;
 параллельное выполнение программ.
 Все это дает возможность эффективно использовать язык Java для решения задач горного производства.

Изучение степени влияния различных факторов

на скорость строительства с целью последующего управления ними для достижения заданных проектом результатов, как представляется, можно выполнить с помощью анализа структурных пропорций.

Проведем исследование структуры затрат времени проходческого цикла при строительстве протяженных горизонтальных выработок.

Рассмотрим строительство буровзрывным способом выработки площадью поперечного сечения в чернее 16 м^2 в обычных условиях для различных случаев (табл. 1).

Таблица 1

Условия проведения исследования

Вариант	Условия для исследования
1а	Бурение шпуров в забое выработки - СБКН-2М, продолжительность заряжения шпуров пропорциональна их числу, коэффициент работоспособности ВВ $e=1$, крепь-анкеры и набрызгбетон, эксплуатационная производительность погрузки породы постоянна и равна $10 \text{ м}^3/\text{ч}$
1б	То же, но для бурения шпуров в забое выработки используется установка «Параматик-универсал»
2а	Как в варианте 1а, но $e=0,8$. Продолжительность заряжения шпуров в забое установлена постоянной и равной 2 ч
2б	Как в варианте 2а, но $e=0,8$. Продолжительность заряжения шпуров в забое установлена постоянной и равной 2 ч
3а	Как в варианте 2а, но применение в качестве крепи только набрызгбетона.
3б	Как в варианте 2б, но применение в качестве крепи только набрызгбетона.
4	Как в варианте 3а, но эксплуатационная производительность средств погрузки породы постоянна и равна $20 \text{ м}^3/\text{ч}$
5	Как в варианте 1а, но эксплуатационная производительность бурового оборудования увеличена в 2 раза.

При постоянной продолжительности цикла проходки и увеличении коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова f , будет иметь место уменьшение месячной скорости проходки выработки, при этом, по мере возрастания f , станет снижаться эксплуатационная производительность бурового оборудования, применяемого как для бурения шпуров в забое выработки, так и для бурения шпуров под анкеры. В то же время с ростом f будет возрастать число шпуров в забое выработки. Поскольку принято фиксированное время проходческого цикла, вследствие снижения подвигания забоя, уменьшится глубина шпуров.

В варианте условий 1а, при $f=8$ объем работ по бурению шпуров в забое выработки в рамках одного проходческого цикла составит 105,16 м.

При $f=10$, из-за увеличившегося числа шпуров (даже при сократившейся их глубине) объем бурения возрастет до 107,8 м, но уже с $f=12$, несмотря на еще большее число шпуров, отмечается сокращение объемов буровых работ. Подобное характерно и для других вариантов.

В то же время эксплуатационная производительность бурового оборудования с увеличением крепости пород существенно снижается, так, если при $f=8$ для установки СБКН-2М она составит 18,84 м/ч, а «Параматик-универсал» - 27 м/ч, то при $f=18$, соответственно 8,4 и 13,86 м/мес. Это и определяет радикальное возрастание времени операции бурения в проходческом цикле.

Рассмотрим условия исследования в варианте 1а (табл. 1).

При изменении коэффициента крепости пород от 8 до 16 структура затрат времени проходческого цикла претерпевает значительные изменения (рис. 2).

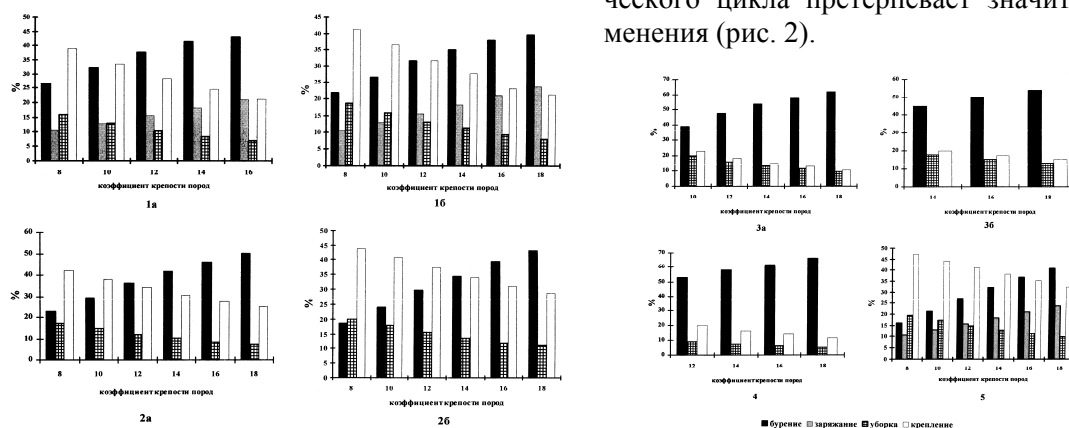


Рис. 2. Динамика структуры времени проходческого цикла по вариантам условий

Так, если при $f=8$ на бурение шпуров в забое выработки расходуется 26,6 %, зарядание шпуров 10,5 %, уборку породы 16 %, крепление 39 % времени цикла, то, по мере увеличения f картина меняется следующим образом: при $f=16$ удельный вес времени бурения шпуров возрастает до 43,2 % (в 1,62 раза), зарядания шпуров до 21% (в 2 раза), уборки породы, напротив, снижается до 6,9 % (в 2,3 раза), крепление также сокращается до 21,2 % (в 1,86 раза).

Сопоставим приведенные результаты с полученными при использовании в качестве оборудования для бурения шпуров в забое, отличающимся более высокой производительностью (и большей способностью к сохранению ее при росте f) установки «Параматик-универсал» (вариант условий 1б, табл. 1), у которой, например, при $f=8$ эксплуатационная производительность выше в 1,43 раза, а при $f=16$ – в 1,65 раза.

В этом случае (при сохранении неизменными прочих условий) при $f=8$ структура затрат времени проходческого цикла выглядит следующим образом: удельный вес времени бурения шпуров в забое 21,7 % (меньше на 6 % чем при аналогичных условиях при СБКН-2М), зарядания шпуров 10,5 %, уборки породы 18,7 % (больше на 2,7 %), крепления 41,3 % (больше на 2,3 %).

Очевидно, что сравнительно несколько более высокий удельный вес времени уборки породы и крепления объясняются некоторым увеличением подвигания забоя за цикл и, следовательно, объемов работ.

В случае роста f до 16, при использовании «Параматик-универсал», удельный вес времени бурения возрастает до 39,7% (в 1,83 раза), зарядания шпуров до 23,6 % (в 2,25 раза), уборки породы сокращается до 7,9 % (в 2,37 раза), а крепления уменьшается до 21,3 % (почти в 2 раза).

Очевидно, что сравнительно несколько более высокий удельный вес времени уборки породы и крепления объясняются некоторым увеличением подвигания забоя за цикл и, следовательно, объемов работ.

В случае роста f до 16, при использовании «Параматик-универсал», удельный вес времени бурения возрастает до 39,7% (в 1,83 раза), зарядания шпуров до 23,6 % (в 2,25 раза), уборки породы сокращается до 7,9 % (в 2,37 раза), а крепления уменьшается до 21,3 % (почти в 2 раза).

Изменим условия проведения исследования до варианта 2а, доведя коэффициент работоспособности ВВ до 0,8 и установив время зарядания шпуров постоянным, (чего возможно достичь привлекая дополнительное число участвующих в зарядании) и равным 2 ч. В результате этих мер скорость проходки выработки повысится (рис. 3) от 42,06 до 45,6 м/мес (в 1,08 раза) при $f=8$ и от 18,13 до 23,2 м/мес при $f=16$ (в 1,28 раза), следовательно, можно отметить более значительный прирост скорости при высоких значениях крепости пород.

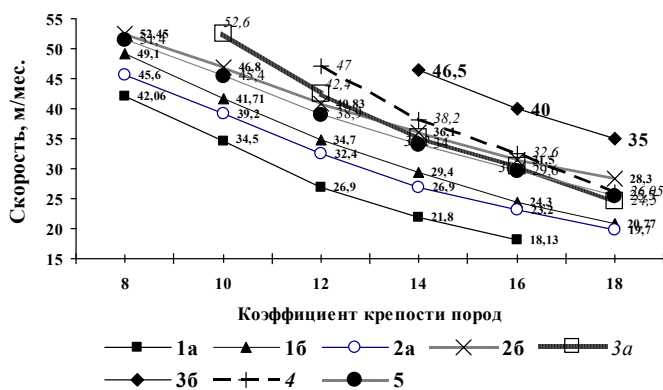


Рис. 3. Динамика скорости проходки выработки по вариантам условий

Структура затрат времени проходческого цикла изменилась по сравнению с условием 1а следующим образом: при низких значениях крепости пород несколько сократился удельный вес времени бурения шпуров в забое выработки, например, при $f=8$ от 26,6 до 22,9%, но при высоких значениях, напротив, он возрос, как, например, при $f=16$, от 43,2 до 45,83 %.

Удельный вес времени крепления выработки оставался доминирующим только при $f=8-10$, заметно уступая бурению при $f=16-18$.

Для условий 2б характерны сходные с 2а тенденции изменений, но в соответствующих случаях, наблюдаются более высокие скорости проходки выработки. Например, при $f=16$ скорость возрастает в 1,4 раза.

Предыдущий анализ показал, что одним из факторов, сдерживающих темпы ведения проходки выработки, является крепление.

Используя непосредственно при проведении выработки только временную крепь из набрызгбетона с отставанием, дополняя ее анкерами позднее, при совмещении с проходческими операциями, можно увеличить скорость строительства. Поэтому в вариантах 3а и 3б, предусматривающих такое условие, отмечается существенный рост скорости проходки выработки

при выраженном доминировании в структуре затрат времени проходческого цикла операции бурения шпуров в забое.

Например, в варианте 3а при $f=16$ она составляет 57,7 %, в варианте 3б около 50 % времени цикла. Примечательно, что в вариантах 3а и 3б наблюдаются наиболее высокие скорости проходки из всех рассматриваемых условий.

Например, при $f=16$ скорость проходки выработки в варианте 3а выше, чем в варианте 1а в 1,68 раза. Это показывает эффективность воздействия на скорость проходки выработки, даже в весьма крепких породах, таких факторов как работоспособность ВВ, фиксированное (относительно небольшое) время заряжания шпуров и использование непосредственно при проходке выработки только временной набрызгбетонной крепи.

Представляет интерес исследование того, в какой мере значительное увеличение производительности уборки породы может повлиять на скорость проходки выработки и структуру времени проходческого цикла. По сравнению с условиями 3а увеличим производительность уборки породы в 2 раза, оставив неизменными другие факторы (вариант условий 4, см. табл. 1).

При этом будет иметь место увеличение скорости проходки выработки при $f=10$ от 46,8 до 52,6 м/мес (в 1,12 раза) и при $f=16$ от 30,4 до 32,6 м/мес (в 1,07 раза). Анализируя в варианте условий 4 структуру затрат времени проходческого цикла следует указать на несколько более выраженное доминирование в ней бурения и сокращение уборки породы.

В 5-м варианте условий аналогичным образом оценим влияние на скорость проходки выработки и структуру затрат времени проходческого цикла увеличения в 2 раза производительности бурового оборудования с сохранением других условий варианта 1а. В этом случае при $f=8$ скорость проходки выработки в варианте условий 5 по сравнению с 1а увеличится в 1,22 раза до уровня 51,4 м/мес, а при $f=16$ еще более заметно - в 1,63 раза до уровня 29,6 м/мес.

В этом варианте структура затрат времени проходческого цикла при низких значениях f отличается сильным доминированием крепления, которое только при $f=16$, уступает место бурению шпуров, что показывает возможные резервы совершенствования организации работ.

Возникает вопрос о том, какие из факторов оказывают большее влияние на параметры проходческого цикла: суммарное воздействие изменения коэффициента работоспособности ВВ и установление относительно низкого и постоянного времени заряжания шпуров или только удвоение производительности бурового оборудования при сохранении прочих условий?

Анализ структуры времени проходческого цикла и скорости проходки выработки показал, что при высоких значениях f , например, при $f=16$, сравниваемые факторы в своем воздействии практически равнозначны, но при умеренных значениях крепости пород (например, при $f=10$) совместное влияние изменения коэффициента работоспособности ВВ и ограничения времени заряжания шпуров можно оценить как более действенное.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, анализируя влияние различных факторов на структуру затрат времени проходческого цикла при фиксированной его продолжительности и темпы проходки протяженных горизонтальных выработок, необходимо отметить следующее: на указанные параметры определяющее влияние оказывает крепость пород, в которых осуществляется строительство выработки; даже при весьма различном сочетании других факторов, в крепких и весьма крепких породах наблюдается устойчивая тенденция к выраженному доминированию затрат времени на бурение шпуров в забое выработки.

Для поддержания высоких темпов проведения выработки в данных условиях необходимо применение производительного бурового оборудования, ВВ с высокой работоспособностью и целесообразно использование непосредственно при проходке только временной набрызгбетонной крепи.

Степень воздействия производительности оборудования для уборки породы на параметры проходческого цикла по сравнению с приведенными факторами следует оценить как менее значимую.

Указанные результаты могут быть использованы при управлении темпами проходческих работ для обеспечения своевременной реконструкции шахт.

Список литературы

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. Ч.1. Технология сооружения горизонтальных выработок и тоннелей / Покровский Н.М. - М.: Недра, 1977. - 400 с.
2. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очкуров В.И. Технология строительства горных предприятий. - М.: Недра, 1989. - 573 с.
3. Вьяльцев М.М. Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах. - М.: Недра, 1989. - 238 с.

Рукопись поступила в редакцию 21.03.14

В.В. АБЛЕЦ, канд. геол.-мин. наук, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»,
А.А. БЕРЕЗОВСКИЙ, д-р геол. наук, проф., Криворожский национальный университет»,
Н.С. АБЛЕЦ, ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

КИРПИЧ И ЧЕРЕПИЦА ДОРЕВОЛЮЦИОННОГО КРИВОРОЖЬЯ.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

На основе собранного фактического материала, картографических и исторических документов приведен анализ производства кирпича и черепицы на Криворожье в конце XIX - начале XX века. Выполнена идентификация производителей кирпича и черепицы.

Проблема и ее связь с научными задачами. Эта статья открывает серию из пяти публикаций о производстве кирпича и черепицы на территории Криворожья в конце XIX века и в начале XX века. Отдельными статьями рассмотрены заводы Верхнеднепровского, Херсонского, Александрийского уездов, а также немецких колоний Криворожья.

Криворожье характеризуется обилием материальных свидетельств производства кирпича и черепицы в дореволюционный период. До настоящего времени дореволюционные кирпич и черепица продолжают активно использоваться и выполнять свою функциональную роль.

Анализ кирпичных и черепичных заводов Криворожья и их продукции до сих пор никем не проводился. Без внимания также оказались поставки этих материалов из России, Франции, Германии и других стран (сведения об этом будут представлены в отдельных статьях).

Изучение данного вопроса важно также для создания полной картины развития производственно-экономических отношений, существовавших на то время на Криворожье, а также в восстановлении имен и деятельности предпринимателей, организовавших производства данных строительных материалов.

Авторы выражают свою признательность за консультации и сотрудничество в совместных краеведческих исследованиях: Н.В. Бабенко, С.М. Парнака, В.А. Иванова, П.П. Маменко, Ю.К. Сакару, В.Д. Петкау, Э.В. Дворчука.

Анализ исследований и публикаций. Вопрос использования различных строительных материалов (в том числе и кирпича с черепицей) при строительстве народного жилья на Криворожье нами уже затрагивался в статьях [15-16]. Данные исследования более подробно раскрывают картину производства кирпича и черепицы.

Поиск и обобщение опубликованной информации о заводчиках Кривого Рога и Криворожья в какой-то мере усложнен тем, что современный Кривой Рог и основная часть Криворожья входили в то время в состав различных административных единиц: Херсонского и Александрийского уездов Херсонской губернии, а также Верхнеднепровского уезда Екатеринославской губернии.

В дореволюционное время в печати производству кирпича и черепицы уделялось достаточно большое внимание. Много литературных источников было посвящено организации производства кирпича и черепицы с применением простых кустарных (ручных) методов и более серьезных с использованием машин различной конструкции. Публиковались также справочники, списки, указатели, статистико-экономические обзоры, адрес-календари с обзорно-статистической и рекламной информацией о фабрично-заводской жизни [1-14].

Большое внимание развитию кирпично-черепичного производства уделено в материалах заседаний, собраний и сессий Херсонской и Екатеринославской губернских земских управ, Верхнеднепровской и Херсонской уездных земских управ.

Развитие черепичного дела в конце XIX - начале XX века в России, в том числе и на Криворожье, тесным образом связано с активизацией мероприятий по борьбе с пожарами. Много материалов (отчетов, докладов) Екатеринославской и Херсонской Губернских земских управ, Херсонского и Верхнеднепровского уездных земских собраний посвящено: развитию страхования от пожаров, кредитованию организации черепичных заводов, кредитованию покупки черепицы (замене соломенных и камышовых крыш на черепичные), организации земских складов огнестойких кровельных и других материалов.

Большая часть черепичных заводов «марсельской» штампованной черепицы в Верхнеднепровском и Херсонском уездах начала организовываться в самом начале XX века. Но и до этого периода существовали мелкие заводы по изготовлению черепицы ручной формовки, встречающейся на Криворожье и в настоящее время. Весьма интересна в этом отношении черепица из личной коллекции преподавателя истории Криворожского национального университета С. М. Парнака, происходящая из бывшего местечка Широкое. На ней имеется текст, вручную написанный по сырой необожженной глине: «Писал мещанинъ Фадеевъ Тирентий 1891 год - сентября - 4 дня».

Кроме того, одними из «первопроходцев» распространения черепицы явились заводы немецких колонистов, многие из которых основаны в 90-х годах, а некоторые и в 70-80-х годах XIX века. Данные о состоянии производства кирпича и черепицы отдельно по губерниям приведены ниже.

Херсонская губерния. В 1952 г. исполком Херсонского облсовета депутатов в связи с активизацией строительства дал поручение Херсонскому областному архиву подготовить информацию об имевшихся в Херсонском уезде и Херсонском округе в конце XIX века и в начале XX века кирпичных и черепичных заводах. К сожалению, подготовленная информация [17], на наш взгляд, не отразила всего многообразия кирпичных и черепичных заводов, существовавших на то время (следует заметить, что границы Херсонского уезда и Херсонского округа различны, Херсонский округ существовал с 1923 по 1930 год наряду с Криворожским округом).

Как обстояло дело с кирпично-черепичным производством в середине XIX века в Херсонской губернии, можно узнать из «Материалов для географии и статистики России...», раздел «Кирпичные, черепичные и изразцовые заводы» [18]. Здесь указывается (цитата): в южных уездах губернии, где известняк представляет прекрасный строительный материал, кирпича выделяется менее, но зато там чувствуется большая потребность в черепице, так как железо дорого, тесовые крыши также не дешевы, а соломенные и камышовые, кроме того, что начальство старается не позволять их делать в городах, при сухости здешнего климата удобовозгораемы. Там же, согласно таблицам статистического комитета, указано, что в 1857 году в Херсонской губернии было 54 кирпичных завода и 1 черепичный. На кирпичных работало 436 рабочих (годовое производство на 214440 руб.), на черепичном - 3 (500 руб.). Распределение заводов: в Херсоне - 7, Александрии - 2, Херсонском уезде - 3 (1 из них черепичный), Ананьевском уезде - 2, Тираспольском - 3, Бобринецком - 20, Александрийском уезде - 17. Кроме того, отдельно отмечаются 8 кирпичных и черепичных заводов в Одессе (14400 руб.), 3 черепичных завода в Николаеве (6037,5 руб.), 9 кирпичных в Елисаветграде (21900 руб.), 4 - в Ново-Георгиевске (490 руб.). Всего в губернии на этих заводах продукции производилось на 257777,5 руб. серебром. Черепица обычно продавалась от 13,5 до 17,5 руб. за тысячу, кирпич для постройки домов, в зависимости от качества - от 2,3 до 7 руб., огнепостоянный кирпич - до 15 руб., подовый в половину дешевле.

Самым старым отмечен завод швейцарца Маричелли в Николаеве (открыт в 1830 г., 8 рабочих). Кроме черепицы в количестве 80-115 тыс. шт. там же производился кирпич простой, подовый, голландский и огнепостоянный, а также «кафли и духовые трубы». Другой кирпично-черепичный завод открыт в 1842 г. чиновником Мельниковым в Николаеве (110-120 тыс. шт. черепицы в год, 12 рабочих). В 1845 г. открыты кирпичный и черепичный заводы купцом Воронцовым (120-140 тыс. шт. в год, 20 рабочих).

К концу XIX - началу XX века количество заводов резко возрастает. Так, в 1901 г. было кирпичных и черепичных заводов:

в Херсоне - 6 (годовое производство на 15000 руб.; 60 рабочих);

в Херсонском уезде - 23 (193000 руб.; 229 рабочих);

в Александрийском уезде - 16 (63055 руб.; 361 рабочих).

Всего по губернии было 135 заводов, с годовым производством на 682905 руб. В производстве кирпича и черепицы участвовало 1637 рабочих [19].

В 1904 г. Херсонским уездным земским собранием рассматривается вопрос «О распространении среди населения огнеупорных кровельных материалов». Данная тема активно начала затрагиваться собранием с 1899 г. В тексте постановлений приводится доклад, представленный собранию в 1901 г., при нем - «Проект правил предоставления Херсонским уездным земством черепицы в кредит и денежных сумм на приобретение лесного материала под черепичные крыши, на уплату кровельщикам за постройку таковых крыш и на устройство черепичных за-

водов». Размер ссуды на покупку черепицы устанавливался не более 75 руб., на завод - не более 400 руб. (при количестве членов сельского общества, артели, товарищества до 5 чел.), и 900 руб. (больше 5 чел.) [20].

Кроме материалов о ходатайстве черепичного завода Ново-Бугского кредитного товарищества о предоставлении кредита в сумму 30 000 руб. (ввиду огромной суммы ходатайство было отклонено) нам не удалось обнаружить данных о кредитовании конкретных кирпичных и черепичных заводов в Херсонском уезде. К сожалению, ввиду отсутствия в архивах, не просмотрены постановления Херсонского уездного земского собрания за 1911, 1912, 1913 годы. А в эти именно годы как раз и происходил «строительный бум»: с 1909 по 1913 г. количество заводов возросло более чем в 1,5 раза, а продукция – в 2 раза (см. ниже).

Согласно «Обзорам Херсонской губернии...» за 1900, 1909, 1913 годы [21-23], в Херсонской губернии соответственно было кирпично-черепичных заводов:

1900 г. - 115 (продукции на 459005 руб.; 1414 рабочих);

1909 г. - 100 (511622 руб.; 1122 рабочих);

1913 г. - 165 (1141005 руб.; 1632 рабочих).

Кроме того, в 1913 г. "Обзором..." отмечены 12 цементно-черепичных заводов (продукции на 123200 руб., 44 рабочих).

Согласно «Статистико-экономическому обзору Херсонского уезда за 1911 г.» [24], в 1910 г. в Херсонском уезде было 24 кирпично-черепичных завода (без городов).

Согласно «Статистико-экономическому обзору Херсонского уезда за 1915 г.» [25], в 1914 году в Херсонском уезде было заводов:

черепичных - 7,

кирпично-черепичных - 9,

известковых печей - 4,

кирпичных - 2,

гончарных - 4.

Екатеринославская губерния. Екатеринославское губернское земское собрание с целью охраны сельского населения губернии от бедствий, связанных с пожарами, признало желательным распространение в селах устройства черепичных крыш [26-27]. Собрание постановлениями от 14 декабря 1897 г. и 8 декабря 1898 г. ассигновало в распоряжение каждой уездной управы из сумм запасного страхового капитала по 5000 руб. для выдачи беспроцентных ссуд на устройство черепичных заводов сельским обществам на 10-летний срок в размере от 1500 до 2500 руб. А где крестьянские общества не изъявляют на это согласия, на устройство таких заводов было решено выдавать ссуды и частным лицам, но не свыше 500 руб. на каждый завод с условием установленной кредитоспособности просителя, сроком на 5 лет и не иначе, как под гарантию уездного земства, с условием, кроме того, продажи черепицы местным жителям не свыше определенной стоимости, назначенной уездной управой. Ссуды могли разрешаться только в местностях, где имелась в достаточном количестве гончарная глина, годная для выделки черепицы.

На сделанное уездной управой предложение ни одно сельское общество не изъявило желания устроить черепичный завод и воспользоваться для этого ссудой. Между тем, в 1899 г. губернское земское собрание в своих мероприятиях по борьбе с пожарами пошло еще дальше – разрешило выдачу крестьянам беспроцентных ссуд сроком на 6 лет на покрытие крыш черепицей. Эта операция начата с 1900 г. за счет кредита 20 тыс. руб., открытого каждому уезду из страхового капитала. В течение 1900 г. уездной управой для этого выдано было ссуд всего лишь 9 лицам на сумму 660 руб., в среднем по 75 руб. на домохозяина.

Незначительное количество лиц, пожелавших воспользоваться ссудой на устройство черепичных крыш в Верхнеднепровском уезде, объяснялось отсутствием в уезде черепичных заводов и отдаленностью таких заводов, находящихся в других уездах. При ожидаемом значительном спросе на черепицу при содействии земства (в 1901 году уездная управа выдала крестьянам ссуд на устройство черепичных крыш 2000 руб.), начали возникать в уезде первые черепичные заводы, а именно в селах Саксагань и Вольные Хутора, на которых уже производилась ручная выделка черепицы [26-28].

Вопрос кредитования кирпично-черепичного производства в Верхнеднепровском уезде постоянно поднимался Верхнеднепровским уездным собранием в течение полутора десятков лет. В конце 1912 г. в Верхнеднепровском уезде существовало 12 заводов по изготовлению гончар-

ной черепицы, с общей производительностью около 600 000 шт. в год, 18 кустарных мастерских по изготовлению цементно-песочной черепицы, имеющих 20 станков с производительностью 500 000 шт. и 25 кирпичных заводов с производительностью в год около 4 миллионов кирпича [29].

Постановка задачи. Задачей данных исследований является анализ производства кирпича и черепицы на Криворожье в конце XIX – начале XX века на основе собранного фактического материала и исторических документов и определения местоположений заводов и их владельцев.

Изложение материала и результаты. Район исследований соответствует примерно границам современного Криворожья (район среднего течения р. Ингулец), местами заметно выходя за его границы, и подробно охарактеризован в [15-16] (район исследований больше согласуется с границами бывшего Криворожского уезда [30]).

Большая часть исследованных черепицы и кирпича изготовлена из местного сырья – красной глины (суглинка), широко распространенной на юге Украины. Цементно-песчаная черепица, встречаемая реже, изготавливалась из местного песка и привозного цемента. Песок также шел и на изготовление кирпича. Кроме того, для производства кирпича использовался шлак чугунолитейного производства, возможно, также местный известняк.

Рассматривая кирпичные и черепичные заводы, для более полного представления о развитии строительной индустрии, мы также затронули и некоторые другие родственные предприятия по разработке нерудных полезных ископаемых и производству строительных материалов и изделий, например, известковые копи и известковые заводы.

Следует отметить, что местным населением в строительстве жилья и элементов двора активно использовались суглинки, известняк, граниты, кварциты, сланцы, добывавшиеся на небольших карьерах, а также на карьерах по добыче железных руд [15-16]. Известняк служил не только строительным сырьем, но и флюсовым компонентом для металлургии.

По внешнему виду и технологии производства исследованная черепица представлена в основном штампованной фальцевой черепицей марсельского типа, реже - штампованной фальцевой пазовой и штампованной фальцевой «бубновой» (по центру - выпуклый наружу ромб).

Одиночные находки - формованной ленточной пазовой. Достаточно часто, особенно на юге Криворожья, встречается «S-образная» черепица ручной формовки (двойная желобчатая, «голландская сковорода», «голландская»).

Собранный фактический материал не всегда информативен. Например, черепица ручной формовки и цементно-песчаная черепица обычно не имеют никаких клеймений. Как исключение, весьма интересна вышеупомянутая находка черепицы ручной формовки с текстом, написанным вручную по сырой черепице до обжига. В то же время, штампованная керамическая черепица дореволюционного периода практически всегда на внутренней стороне имеет текстовое клеймо: фамилия владельца и местоположение завода, реже - только фамилия или только местоположение. Клеймение в виде инициалов на кирпиче (реже на черепице) не всегда позволяет точно идентифицировать имя владельца завода, а тем более его местоположение.

Такая связь обычно устанавливается при нахождении фактического материала в той местности, где по документальным и фактическим данным подтверждается наличие в то время завода (земель) того или иного заводовладельца (землевладельца) с инициалами, подобными клейму на фактическом материале (по данным списков землевладений, землевладельцев, населенных мест и т.п.). Например, так с уверенностью можно говорить о кирпичах, распространенных во «владениях» или «зонах влияния» Сергея Колачевского – клеймо «СК», Ивана Харина – клеймо «ИХ», Эраста Константиновича Бродского – «ЭКБ», Ушаковых – «У».

Следует отметить, что владельцы (арендаторы) одних и тех же заводов с течением времени могли меняться. Это заметно по «стираемым» и появляющимся новым текстам на черепице.

При сохранении характерных особенностей формовочного штампа, изменялись частично или полностью надписи на нем. В качестве примера можно привести однотипные черепицы, но с различным текстом. На одной черепице написано: «ДУДКА и ШВЕЦЬ. СЕЛО ЛОЗОВАТКА.», на другой, абсолютно идентичной по форме, – «ДУДКА и ...СЕЛО ЛОЗОВАТКА.», на третьей – «СТРОИТЕЛЬ СЕЛО ЛОЗОВАТКА.».

Видна последовательная история преобразования завода Дудки и Швеца в завод Дудки, а затем в послереволюционное время – в артель «Строитель». Срезка фамилий владельцев заво-

дов при сохраняющемся указании местоположения – весьма характерная черта черепицы послереволюционного времени. Часто встречающийся пример: «м. КРИВОЙ-РОГЪ. ТОВАР. ИВАНОВЪ-ОБРАЗЦОВЪ.» и «м. КРИВОЙ-РОГЪ.». Встречаются случаи срезки и местоположения завода при сохранении фамилии. Это, возможно, связано с изменением местоположения завода. Кроме того, возможны дефекты формовочных отливок.

Основную часть черепицы можно разделить на несколько характерных групп форм или «типоразмеров», а также текстового оформления. На наш взгляд, это обусловлено тем, что изготовлением формовочных чугунных отливок для получения гипсовых прессовочных форм занимались одни и те же определенные мастерские (заводы). Достаточно редко встречается черепица нестандартной формы и с оригинальными шрифтами из-за «спецаказа» на формовочные отливки, очевидно, каким-то малоизвестным мастерским. Так, интересны черепицы: «Б.И. ЛИБЕРМАНЪ при ст. ДОЛГИНЦЕВО» и «И.Л. и И.И. КАНЪ при ст. ДОЛГИНЦЕВО», обладающие весьма оригинальными, в отличие от других черепиц, формами и шрифтами, но разными фамилиями владельцев. Не исключено, что в данном случае речь также может идти о продаже завода или его оборудования, в том числе и формовочных отливок, на которых ставилась новая фамилия.

В разных первоисточниках часто встречаются несоответствия в профильном названии заводов: кирпичный, кирпично-черепичный, кирпичный и черепичный заводы, черепичный. Производства кирпича и черепицы могли быть отдельными, но часто были соединены в общие кирпично-черепичные производства. Обусловлено это тем, что производство глиняных (керамических) кирпича и черепицы были весьма похожи: использовали одни и те же сырье, похожие технологии формовки и обжига.

В статистических отчетах того времени кирпичные и черепичные заводы чаще всего идут под одной рубрикой, не разделяясь. Кроме того, часто при указании в первоисточниках наличия у какого-то заводчика, например, кирпичного производства, фактический материал подтверждает наличие у него же и черепичного производства, и наоборот. Например, это касается заводов братьев Ивановых, Образцова, Кана. По нашему мнению, необходимо исходить из позиции, что любое кирпичное производство имело потенциал к наладке черепичного производства и наоборот. Кроме того, кирпичные и черепичные производства в то время часто входили в состав металлургических заводов.

При составлении таблиц перечней производителей кирпича и черепицы Криворожья конца XIX – начала XX века использовались различные литературные первоисточники, а также непосредственно сам фактический материал – изученные черепица и кирпич.

Публиковавшиеся статистические данные не всегда в полной мере отражали фактическую картину развития кирпично-черепичного производства, в частности, из-за небольших масштабов и кратковременности многие производства не были учтены.

В этом отношении, очевидно, были особые «критерии отбора» у горно-технической инспекции, собиравшей такие сведения.

Кроме того, во многих хозяйствах (экономиях) производство было налажено преимущественно для внутреннего потребления, без выхода на внешний торговый рынок.

Многие заводы существовали весьма непродолжительное время, так и не успев найти отражение в статистике.

Некоторые заводы перепродавались или сдавались в аренду из-за сложного финансового положения их хозяев или других причин. На некоторых кирпичах и черепице отсутствуют клеймения, на многих – не удается расшифровать буквенные клеймения.

Многие населенные пункты или их части, существовавшие в конце XIX – начале XX века на Криворожье, сегодня уже физически не существуют. С их исчезновением могли исчезнуть и материальные свидетельства о кирпично-черепичных заводах и их продукции.

И, конечно, не весь фондовый материал, имеющий необходимую информацию, просмотрен; также не все фактические свидетельства в виде черепицы и кирпича еще обнаружены.

Учитывая использование многих разнородных первоисточников и фактического материала, сформированная информация по разным производителям имеет разный уровень детализации и содержания.

Приведены также те предприниматели, которые ходатайствовали перед земскими уездными собраниями о получении кредитов для сооружения заводов, но непосредственных сведений о существовании заводов нет.

Картографический материал. Достаточно большой объем информации о кирпичных заводах несут дореволюционные и довоенные карты (заводы чаще всего обозначены треугольником) [31-33].

О возможном местоположении дореволюционных кирпичных заводов позволяют говорить довоенные карты Рабоче-Крестьянской Красной Армии (РККА) [34]. Можно предполагать, что советское производство во многих случаях было основано на «империалистическом наследии».

Большая часть заводов находилась вблизи рек Ингулец и Саксагань, а также в крупных балках. Это было обусловлено наличием хороших обнажений суглинков на склонах рек и балок, а также присутствием воды, необходимой для производства (замешивания глины).

Наиболее массово в дореволюционных постройках Криворожья представлена черепица нескольких заводов братьев Иванова И. Г. и Иванова Б. Г. Их заводы были в районе станции Долгинцево, в г. Кривой Рог, на хуторе Ново-Елисаветполь, в д. Радушное (Радушная), в с. Софиевка (п.г.т. Софиевка), в с. Покровское (Апостолово).

Учитывая, что у Ивановых есть разновидности черепиц без обозначения населенного пункта, вполне возможно, что заводы были и в других местах. Братья работали самостоятельно, а также вместе в совместном товариществе с Р. Образцовым, которому принадлежала и строительная контора [14].

Наиболее часто в Кривом Роге встречается черепица: «БЛИЗЪ СТ. ДОЛГИНЦОВА Е.Ж.Д. И. ИВАНОВЪ», а также «М. КРИВОЙ-РОГЪ. ТОВАР. ИВАНОВЪ-ОБРАЗЦОВЪ». Неизвестно точное местонахождение кирпичного завода Тригуба (Трегубова) С. М. в м. Кривой Рог.

Наибольшим скоплением черепичных (кирпичных) заводов с разработками глины в местечке Кривой Рог и его окрестностях, очевидно, была балка Червоная («близ ст. Долгинцево»). По нашему мнению, здесь находились заводы Ивановых и Р. Образцова, Б. И. Либермана, И. И. Кана и И. Л.Кана, а также, скорее всего Л. М. Дунаевского.

Одним из центров черепичного и кирпичного производства в дореволюционное время (там также были заводы и в послереволюционное и послевоенное время) можно назвать с. Лозоватку (балка Рековатая). В Лозоватке находились заводы Швеца и Дудки, Воцинкина.

В районе Лозоватки или Марьяновки (возможно, в низовьях балок Лозоватка Большая, Лозоватка Малая, Завертана) находился завод местных помещиков С.Г. Голованевского и В.М. Пашенко. Кроме того, в с. Лозоватке или близ нее, судя по частым находкам черепицы, находились заводы М.Б. Козакова, а также Кривошея и Резниченко.

Несколько кирпичных и черепичных заводов располагались в районе Веселых Тернов и близ них: А.Ф. Алесеенко (хут. Червоная Балка); Г.И. Курдубана (с. Веселые Терны); К.И. Курдубана (х. Котлова, Весело-Терновская в.); С.Н. Колачевского (ст. Колачевское); И.Н. Харина (имение Ново-Павловка); завод неизвестного заводчика в верховьях балки Грядковатой (восточней разъезда Терны); несколько заводов массивов немецких колоний Баратов и Шляхтин.

К важным строительным центрам Криворожья можно отнести район около ст. Кривой Рог (сейчас - Кривой Рог-Западный) и деревни Гданцевка (Александрийский уезд). Недалеко от станции находилось множество строительных предприятий: завод шлакового кирпича И. М. Должанского, А.К. Пенцлина и Н.М. Левенберга; кирпично-цементный цех Гданцевского чугунолитейного завода Французского Акционерного Общества Криворожских железных руд; кирпичный и известковый заводы М.Г. Каштанова; завод цементной черепицы А.И. Голдина; известковое и кирпичное производство Н.С. Дьячкова; известковые каменоломни: М. С. Должанского, М.А. Каменьковича, Х.А. Бравинского; известковый завод И.А. Княжицкого, кирпичные заводы Я.А. Бухинника и Н.Д.Ступака.

Ряд предприятий находился южнее, ближе к разъездам Шимановскому и еще южнее – к с. Рахмановке (Александрову Дару): известняковый карьер М.С. Копылова, разъезд Шимановский; печь для обжига известняка Л.Д. Коломойцева, х. Коломойцево близ разъезда Шимановский; известковые разработки на земле В. Добровольского, близ с. Латовки; известняковые каменоломни И.М. Должанского, при с. Александров Дар.

Еще южнее находились кирпичные и черепичные заводы: Л.К.Яновского, (?) экономия Горная; А.Н.Ушакова, район г. Ингульца, собственная экономия; А.В. Добровольского, с. Зеле-

ное, собственная экономия; Г.Ф. Сидоркина, собственная экономия близ Николаевки I-ой; заводы И. Лисогора и П. Лисогора, Т. Фадеева, В.С. Рекошова (?) в местечке Широком.

В районе Радушного, Елизаветполя, Апостолово были черепичные (кирпичные) заводы: И.Г. Иванова (х. Ново-Елизаветполь); С.Д. Корнилова (д. Елизаветполье); И.Г. Иванова (д. Радушное); Б.Г. Иванова, (с. Покровское, ныне Апостолово); А.Н. Синельникова (с. Михайловка); Черного и сыновей (д. Павловка).

На южной границе Криворожья располагался большой комплекс заводов массивов немецких колоний Заградовка и Кронау.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, при массовых поставках строительных материалов из других регионов Екатеринославской и Херсонской губернии, а также из Франции, Германии и других европейских стран, на Криворожье в конце XIX века и в начале XX века в больших объемах было налажено местное производство кирпича и черепицы. Клейма, оставленные на кирпиче и черепице, во многих случаях позволяют идентифицировать не только имена производителей, но и места нахождения заводов, где они были изготовлены.

Развитие черепичного производства в конце XIX - начале XX века на Криворожье в значительной мере определено активизацией мероприятий по борьбе с пожарами, развитием кредитования организации черепичных заводов и покупки местным населением черепицы.

Большое значение в развитии кирпично-черепичного производства имели железные дороги. Они были своеобразными артериями, по которым распространялись кирпич и черепица, причем, не только местных производителей, но и изготовленные далеко за пределами Криворожья.

Список литературы

1. Указатель фабрик и заводов Европейской России. Материалы для фабрично-заводской статистики. С.-Петербург, типография **В. Киршбаума**, 1894. - 826 с.
2. Перечень фабрик и заводов. Фабрично-заводская промышленность России. С.-Петербург. Типография **И.А. Ефрона**, 1897. 1270 с.
3. Вся Россия. Русская книга промышленности, торговли, сельского хозяйства и администрации. Адрес-календарь Российской империи. Том первый. Издание **А.С.Суворина**, 1899. 1483 с.
4. Торгово-промышленная Россия. Справочная книга для купцов и фабрикантов. С.-Петербург, тип. **А.С. Суворина**, 1899. 1604 с.
5. Вся Россия. Русская книга промышленности, торговли, сельского хозяйства и администрации. Адрес-календарь Российской империи. Том первый. Издание **А.С. Суворина**, 1900. 1446 с.
6. Вся Россия. Русская книга промышленности, торговли, сельского хозяйства и администрации. Адрес-календарь Российской империи. Том первый. Издание **А.С.Суворина**, 1902. 2148 с.
7. Фабрично-Заводские Предприятия Российской Империи. Сост. **Л.К. Езюранский**. Изд. Торг. Дома **А. Срока и Ко**, С.-Петербург, 1909. - 1451 с.
8. Список фабрик и заводов России. Торговый Дом **Л. и Э. Метцель и Ко**. «Центральная контора Объявлений». Москва, С.-Петербург, Варшава. 1910. 1418 с.
9. Список фабрик и заводов Российской Империи. Под ред. **В.Е. Варзара** С.-Петербург, 1912. Тип. **В.Ф. Киршбаума**, 721 с.
10. Фабрики и заводы всей России. Сведения о 31,523 фабриках и заводах. Книгоиздательство Т-ва Л.М. Фиш, Киев, 1913. - 1687 с.
11. Горнопромышленный указатель Донецкого бассейна. Составлен **В.М. Коробковым**. Харьков. Паров. Типо-Литография **Зильберберг и С-вья**, 1901.
12. Фабрики, заводы и рудники Донецкого бассейна. 1909 г.: справочная книга. Харьков : Типо-литография. "Художественный труд", Издание **Е.С. Элькина**, 1909. 432 с.
13. **Микулин А.А.** Фабрично-Заводская и Ремесленная промышленность Одесского градоначальства Херсонской губернии и Николаевского Военного губернаторства. Тип. Высочайш. Утвержд. Южно-Русского Общества Печатного дела. Одесса, 1897. 276 с.
14. Деловой и коммерческий Кривой Рог и его рудничный район. Справочная книга и адрес-календарь. Издательство **Минухина Э.А., Стецовского Я.И.**, 1914.
15. **Аблец В.В., Березовский А.А., Аблец Н.С.** Влияние геологических и географических факторов на особенности народного жилья в районе среднего течения р. Ингулец // Вісник Криворізького технічного університету. Кривий Ріг. - КНУ, 2011. – Вип. 28. - С. 57-64.

Рукопись поступила в редакцию 11.03.14

Л.М. ПЕРОВИЧ, д-р техн. наук, проф., Р.С. ОЛЕСЬКІВ, здобувач
Національний університет «Львівська політехніка»

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОКРІВЛІ ПІДЗЕМНИХ СХОВИЩ ГАЗУ

Дану статтю присвячена важливій і актуальній задачі-поєднанню інженерно-геологічних та геодезичних даних для цілей безпечної роботи експлуатаційних свердловин на територіях підземних сховищ газу. Теоретичні дослідження підтверджені практичними розрахунками та побудовою математичної моделі, яка характеризує напружено-деформований стан в цілому.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями Актуальною проблемою нафтогазової промисловості є забезпечення надійної експлуатації нафтогазових свердловин, зокрема встановлення напружено-деформованого стану свердловин [1].

При експлуатації газових родовищ у експлуатаційних колон свердловин і геологічних структурах на великих глибинах у масиві формуються області значних концентрацій напружень, які часто призводять їх руйнування.

Надійність обладнання свердловин підземних сховищ газу має особливе значення, оскільки ремонтно-профілактичні роботи, пов'язані з відмовами цього обладнання, потребують великих матеріальних затрат. У деяких випадках вихід з ладу обладнання свердловин може призводити до аварій з важкими наслідками.

Технологічні процеси нагнітання газу в підземне сховище та процеси відбору газу супроводжуються інтенсивними вібраціями ліфтових колон (колон насосно-компресорних труб). Збурення динамічних явищ виникає внаслідок дії на нижню частину колони струменів газу, який перебуває у турбулентному русі.

Це нерідко призводить до самовільного відгвинчування нижніх насосно-компресорних труб, унаслідок чого погіршується захист обсадної колони від абразивного зношування, порушується режим роботи свердловини. Відгвинчені труби внаслідок падіння на дно свердловини виходять з ладу.

Надійна робота свердловин підземних сховищ газу (ТСГ) є можливою лише за умови забезпечення працездатності колон. Розв'язання цього важливого завдання потребує зниження рівнів вібрацій насосно-компресорних труб на основі докладного аналізу напружено-деформованого стану труб.

Отже, підвищення ефективності експлуатації колон свердловин підземних сховищ газу становить важливу науково-практичну проблему.

Теоретичні й експериментальні дослідження, направлені на розв'язання цієї проблеми, є актуальними і перспективними.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідженню напружено-деформованого стану масиву гірських порід присвячено велика кількість наукових робіт [10,11,15-17]. Окремі наукові дослідження присвячені напружено-деформованому стану бурильних колон [7-9], процесу моделювання трубопроводів [12,13] та підвищенню ефективності експлуатаційних колон свердловин на підземних сховищах газу [14].

Найширше питання рухів земної поверхні та гирла свердловин на основних підземних сховищах газу розглянуто в наукових працях та кандидатській дисертації І.Л. Перович [2].

Частково ці питання досліджував А.Л. Бондар на прикладі Шебелинського газового родовища [3].

Усі вказані наукові дослідження стосуються проблем вертикальних рухів земної поверхні та, частково, гирла свердловин і не торкаються питань впливу цих рухів на напружено-деформований стан технологічного обладнання і свердловин зокрема [3].

Постановка завдання. Однак, слід зазначити, що питання застосування інженерно-геодезичних даних щодо процесів перерозподілу напружень і деформацій гірських порід і експлуатаційних колон свердловин на підземних сховищах газу залишаються до цих пір недостат-

ньо вивченими. Звідси, в даному дослідженні поставлено завдання: на основі експериментальних даних розробити методику визначення напружено-деформаційного стану покрівлі газосховищ.

Викладення матеріалу та результати. У зв'язку з підвищеною актуальністю і стратегічною важливістю накопичення газу в підземних сховищах України проведено аналіз надійності експлуатації Богородчанського ПСГ. Для цього досліджено геологічну структуру ПСГ для визначення напруження в шарі ґрунту покрівлі газосховища з ціллю розрахунку надійної роботи експлуатаційної колони.

На території Богородчанського ПСГ створена геодезична мережа, яка складається з магістрального ходу I та двох ходів нівелювання, які показано на рис. 1.

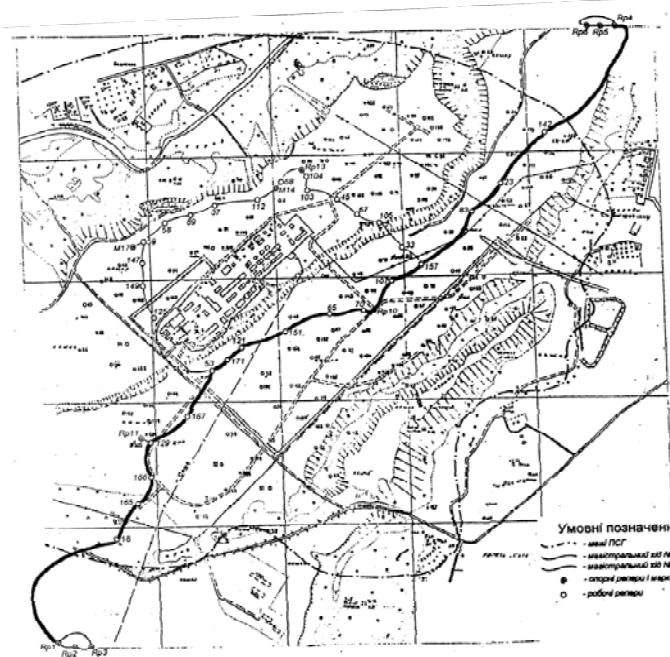


Рис. 1. Геодезична мережа на території газосховища

Магістральний хід I перетинає площу сховища в напрямку південний захід - північний схід, опираючись на 2 групи опорних реперів, перша з яких знаходиться за контуром сховища на віддалі 2,6 км, а друга – на 0,8 км. Магістральний хід I охоплює 18 робочих реперів: ґрунтові (10,11) та фіксовані точки гирла свердловин (18;165;166;129;167;53;171;121;151;65;70;107;157;83;23;142).

Результати спостережень вертикальних переміщень земної поверхні вказують на динамічні рухи покрівлі сховища по усій його площі, пов'язані з процесом нагнітання та відбирання газу. Величини вертикальних переміщень ΔS дають можливість, опираючись на

геологічні дані, визначити значення напруження σ для товщ ґрунту покрівлі свердловин ПСГ, що в свою чергу дозволить встановити напружено-деформований стан труб свердловин. Для цього вивчено геологічну документацію ПСГ, на основі якої отримано суми товщ однакових за типом шарів ґрунтів.

Коефіцієнт відносного стиснення α використовують для зручності і розраховується він за формулою

$$\alpha_i = \beta / E_i, \quad (1)$$

де β - коефіцієнт бокового розширення ґрунту (відповідно БДН дорівнює 0,8); E_i - модуль загальної деформації i -го шару ґрунту.

Згідно попередніх досліджень, наведених в [1], величина вертикальних переміщень ΔS дорівнює

$$\Delta S = \sum h_i \beta / E_i \sigma_i \quad (2)$$

де ΔS - вертикальні переміщення земної поверхні (гирла свердловини); h_i - потужність (висота) окремих шарів ґрунту покрівлі газосховища; σ_i - значення напруження в i -му шарі ґрунту.

Користуючись виразом (1), спростимо формулу (2) так

$$\Delta S = \sum h_i \cdot \alpha_i \cdot \sigma_i. \quad (3)$$

В покрівлі Богородчанського ПСГ відповідно до геологічних даних основну частину складають глина ($\approx 70\%$), пісчаники ($\approx 15\%$), аргіліти та алевроліти ($\approx 13\%$), солі та гіпси ($\approx 2\%$).

Оскільки коефіцієнт α для різного типу ґрунтів буде різним, то для кожної окремо свердловини магістрального ходу I (див. рис.1) обчислено середньозважений коефіцієнт α , згідно товщ однотипних шарів ґрунту

$$\alpha_{ce} = \sum \alpha_i h_i / \sum h_i, \quad (4)$$

Формулу (4) можна представити у вигляді

$$\alpha_{ce} = \sum \alpha_i h_i / H, \quad (5)$$

де H - загальна товща покрівлі газосховища (глибина свердловини, на якій зафіксовано початок інтервалу перфорації).

Для обчислення напруження в товщі ґрунту покрівлі для кожної окремо свердловини з формули (3), з урахуванням формули (5), отримуємо вираз

$$\sigma = \Delta S / \alpha_{св} H, \quad (6)$$

Наведемо приклад розрахунку σ для свердловини №107 (рис. 2). Нижче наведено геологічний розріз свердловини № 107. Газоносний пласт цієї свердловини зафіксований на позначці 1082 м. Інтервал перфорації 1082-1132 м. Переміщення $\Delta S = 18,09$ мм.

На основі аналізу геологічних даних свердловини № 107 просумувавши товщі різних шарів ґрунту до газоносного пласта, отримали такі дані, м:

- Σ глини - 790;
- Σ пісчаників - 142;
- Σ алевролітів - 120;
- Σ аргілітів = 30 м.

Коефіцієнт $\alpha_{св}$ розраховується так, $\text{см}^2/\text{кг}$

$$\alpha_{св} = \alpha_г h_г + \alpha_п h_п + \alpha_а h_а + \alpha_{ар} h_{ар} / H = 0,0191,$$

де $\alpha_г, \alpha_п, \alpha_а, \alpha_{ар}$ - коефіцієнти стиснення відповідно глини, пісчаників, алевролітів, аргілітів; $h_г, h_п, h_а, h_{ар}$ - товщі глини, пісчаників, алевролітів, аргілітів в геологічному розрізі свердловини.

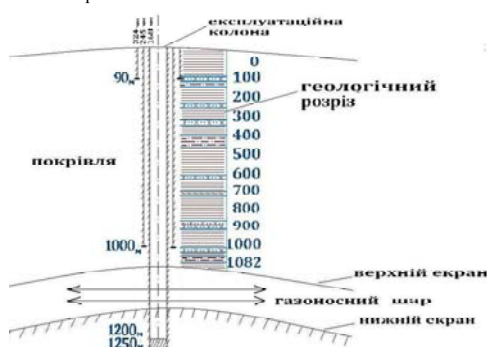


Рис. 2. Геологічний розріз свердловини №107

Отже для свердловини №107 можна обчислити значення напруження в товщі покрівлі свердловини

$$\sigma = \frac{18,09 \text{ мм}}{0,0191 \text{ кг/см}^2 \cdot 108200 \text{ см}} = 0,00087 \text{ кг/см}^2$$

Розрахунки величини напруження в товщі ґрунту покрівлі свердловин були проведені для всіх свердловин магістрального ходу I. На основі отриманих даних побудовано графік 1, в якому вказані значення σ свердловин магістрального ходу I та відстані між ними (табл. 1).

На графіку по вказаних даних побудовано лінію тренда та виведено формулу апроксимації.

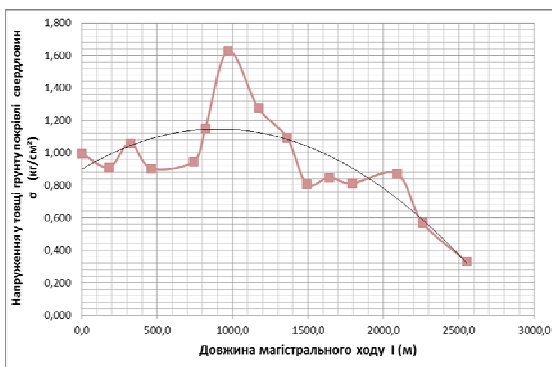
Таблиця 1

Номер свердловини	σ (10^{-3}) кг/см ²	L , (м)
18	0,997	0,0
165	0,911	180,0
166	1,060	320,0
129	0,905	460,0
53	0,946	740,0
171	1,151	820,0
121	1,630	970,0
151	1,278	1170,0
65	1,095	1360,0
70	0,810	1490,0
107	0,849	1640,0
157	0,813	1790,0
83	0,871	2090,0
23	0,569	2260,0
142	0,334	2550,0



Аналіз представленого графіка дозволяє зробити висновок, що напруження в товщі ґрунту покрівлі свердловин зростає до середини магістрального ходу, а по мірі віддаленості від центру до контура ПСГ-спадає. Пікове значення напруження товщі ґрунту покрівлі $1,63 \cdot 10^{-3}$ кг/см² зафіксоване на свердловині № 121, яка знаходиться в центрі ПСГ.

Рис. 3. Значення σ свердловин магістрального ходу I



За допомогою виведеної лінії тренда можна спрогнозувати величини напруження товщ ґрунту покрівель свердловин.

Це дозволить обчислювати прогнозовані переміщення покрівлі свердловин, не застосовуючи геодезичні методи для визначення напружено-деформованого стану експлуатаційних колон підземних сховищ газу.

Висновки та напрямок подальших

досліджень. У результаті поєднання геодезичних та геологічних даних розроблена методика визначення напружено-деформаційного стану покрівлі газосховищ може мати важливе значення для забезпечення надійної експлуатації газових свердловин.

Теоретичні дослідження підтверджені практичними розрахунками та побудовою математичної моделі, яка характеризує напружено-деформаційний стан в цілому.

Список літератури

1. **Перович І.Л., Олеськів Р.Є.** Теоретичні аспекти моделювання процесів напружено-деформаційного стану свердловин підземних сховищ газу//Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, вип. II, 2012 р.
2. **Перович І.Л.** Моніторинг земної поверхні підземних сховищ газу: автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 2006. – 17 с.
3. **Мазницький А.С.** Геодезичний моніторинг та прогнозування техногенної геодинаміки на родовищах нафти і газу: дис. д-ра тахн. наук. –К., 2002. – 264 с.
4. **Бондарь А.Л.** Оседание земной поверхности в районе Шебелинского газового месторождения // Геодезия и картография. – М., 1979. – Вып. 11. – С.16–18.
5. **Цыгович Н.А.** Механика грунтов / **Н.А. Цыгович.** – М.: Высшая школа, 1973. – с. 279.
6. **Перович І.** Геодинамічні процеси територій підземних сховищ газу // Інженерна геодезія. – 2004. – № 50. – С. 180–191.
7. **Рачкевич Р.В.** Напружено-деформований стан стисненої бурильної колони у горизонтальному стовбурі свердловини//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ – Ів.-Франківськ, 2012 -№3(44).
8. Oil and gas well drilling [web resource]: “Shale gas module – Spring 2011”/[**Jeff Tester, George Stutz, Chad Augustine, etc.**] – Massachusetts, 2011. - 51 p.
9. Shale gas challenges. Technologies over the asset life cycle [web resource]: “U.S.-China Oil and Gas Industry Forum”/[**Robert Kennedy**], 2010. – 36 p.
10. **Іванік О.М., Лавренюк М.В.** Кількісна оцінка факторів впливу на напружено-деформований стан у системі геологічне середовище-трубопровід у криолітозоні (за даними комп’ютерного моделювання)//[Електронний ресурс], 2007.
11. **Іванік О.М., Михайленко А.Г., Шевчук В.В.** Передумови та основні аспекти створення підсистеми аналізу геологічного середовища для Географічних інформаційних систем магістральних трубопроводів//Вісник Київського університету. Серія Геологія, 2005. - Вип.33. - С.53-56.
12. **Олійник А.П., Мартинюк Х.В., Гураль І.М.** Оцінка впливу точності вимірювання переміщень точок поверхні на результати математичного моделювання напружено-деформованого стану трубопроводів // Фізика і хімія твердого тіла т.7, №2(2006). - С.374-377.
13. **Харченко Є.В., Савула С.Ф.** Математична модель поперечно-крутильних коливань експлуатаційної колони підземного сховища газу // Вібрації в техніці та технологіях, 2006. - №1(43). – С. 139-141.
14. **Савула С.Ф., Харченко Є.В., Кичма А.О.** Експериментальні дослідження динаміки ліфтових колон підземного сховища газу // Машинознавство, 2006. - №6. – С. 30-34.
15. **Гонтарьова Н.В.** Геолого-фізичні чинники деформаційних процесів породних масивів і експлуатаційних колон свердловин нафтогазових родовищ Внутрішньої зони Передкарпатського прогину: автореф. дис. канд. геолог. наук. – Ів.-Франківськ, 2003.
16. **Барановський Е.М., Мойсишин В.М.** Характер зміни складових енергій деформації гірських порід залежно від виду їх напруженого стану // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2007. - №2(23).
17. **Барановський Е.М.** Енергетична оцінка стану гірського масиву при бурінні глибоких свердловин//Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. -№1(14). – С. 34-39.

Рукопис подано до редакції 22.04.14

УДК 622.233.6

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, доц., В.А. ГРОМАДСКИЙ, канд. техн. наук.
Криворожский национальный университет»,

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ КАНАТОВ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТАНКОВ ШАРОШЕЧНОГО БУРЕНИЯ СБШ-250

Приведены результаты экспериментальных исследований упругодемпфирующих параметров канатов механизма подачи станков шарошечного бурения СБШ-250. Целью проведения исследований является получение достоверных данных о параметрах жесткости и демпфирования канатов подъемно-подающего устройства бурового става. Исследования выполнены на разрывной машине швейцарской фирмы «АЛЬФРЕД АМСЛЕР и Ко.», на двух отрезках каната типа 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, применяемых на буровых станках СБШ-250. Новый не приработанный

канат и канат приработанный (втянутый в процессе эксплуатации). Канаты закреплялись на разрывной машине при помощи стандартных для механизма подачи бурового станка СБШ-250 коушей. Исследования выполнены при усилиях растяжения канатов 5–200 кПа. Впервые получены величины коэффициентов жесткости и демпфирования каната. Из полученных результатов видно, что новый не приработанный канат ведет себя не стабильно. Один пог./м нового каната имеет $c_{1эксп.} = 703,1 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{2эксп.} = 1045,2 \cdot 10^3$, Н/м – различие 48,6%. Приработанный канат при испытаниях показывает стабильные результаты. Один пог./м приработанного каната имеет $c_{3эксп.} = 1409,7 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{4эксп.} = 1423,1 \cdot 10^3$, Н/м – различие меньше 1%, что находится в пределах допустимой погрешности эксперимента. Определено среднее значение параметра демпфирования $\psi_{ср.} = 0,375$.

Проблема и ее связь с практическими задачами. У буровых станков с канатно-полиспаственными подающими механизмами, например, широко распространенных СБШ-250 амортизатором продольных колебаний (АПК) бурового става, размещенным между станком и буровым ставом, является сама канатно-полиспаственная подвеска вращательно-подающего механизма. Однако отсутствуют данные о фактических упругодемпфирующих параметрах жесткости и демпфирования канатно-полиспаственных подвесок вращателя с буровым ставом, что не дает возможности проводить теоретические исследования и расчеты эффективности АПК такого типа.

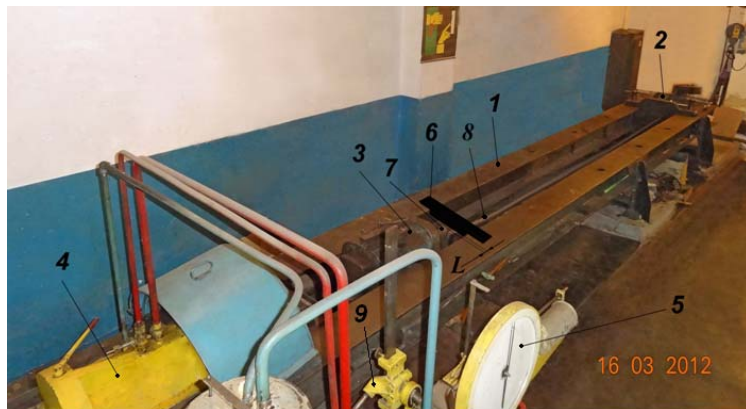
Анализ исследований и публикаций. При расчетах, жесткость полиспастного подвеса определяется для максимальной его длины по формуле [1]. Однако работе [2] приведен детальный анализ модулей упругости канатов полученные различными авторами и сделан вывод, что однозначная зависимость модуля упругости канатов E_k - для расчетов отсутствует. Поэтому параметры жесткости и демпфирования каната, станков СБШ-250 определены экспериментально.

Постановка задачи. Экспериментальные исследования параметров жесткости и демпфирования канатов, применяемых на станках шарошечного бурения СБШ-250.

Изложение материала и результаты. Коэффициент жесткости упругого элемента представляет собой отношение некоторого приращения нагрузки - ΔF_i , действующей на канат или амортизатор, к соответствующему приращению деформации - Δz_i , определенным экспериментально, Н/м

$$c_{cmi} = \Delta F_i / \Delta z_i. \quad (1)$$

Особенность рассматриваемого исследования состоит в том, что структура математической модели, описывающей зависимость деформации каната от нагрузки, известна, неизвестными являются параметры, которые входят в эту модель.



L - расстояние между измерительной планкой 6 и захватом 7, измеряемое при помощи штангенциркуля

Рис. 2. Фрагмент исследования параметров каната 28-Г-В-Н-Р-1770 ГОСТ 2688-80 механизма подачи станка СБШ-250 на разрывной машине швейцарской фирмы «АЛЬФРЕД АМСЛЕР и Ко.»: 1 - станина; 2 - задняя неподвижная бабка; 3 - передняя подвижная бабка; 4 - натяжной гидроцилиндр; 5 - шкала для контроля нагрузки; 6 - неподвижная измерительная планка для контроля вытяжки каната относительно стандартного для СБШ-250 коуша 7, соединенного через переднюю подвижную бабку 3 со штоком гидроцилиндра 4; 8 - испытуемый канат; 9 - кран регулирования давления в гидроцилиндре;

В частности, поскольку рассматриваемые нагрузки находятся в пределах упругих деформаций, выполняется закон Гука, т.е. имеет место линейная зависимость деформации каната от нагрузки [3].

Исследования выполнены при усилиях растяжения канатов 5-200 кПа.

Результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1-4. Из полученных результатов видно, что новый не приработанный канат ведет себя нестабильно.

При испытаниях 1 и 2 получены различные коэффициенты жесткости. Один пог.м нового каната имеет $c_{1эксп.} = 703,1 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{2эксп.} = 1045,2 \cdot 10^3$, Н/м - различие 48,6 %.

Приработанный канат при испытаниях 3 и 4 показывает стабильные результаты.

Один погонный метр приработанного каната имеет $c_{3эксп.} = 1409,7 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{4эксп.} = 1423,1 \cdot 10^3$, Н/м - различие меньше 1 %, что находится в пределах допустимой погрешности эксперимента.

Таблица 1

Результаты испытаний каната 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80,
применяемого на механизмах подачи станков СБШ-250
ИСПЫТАНИЕ 1 – новый канат: а) НАТЯЖЕНИЕ каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от поперечной планки на станине машины до коуша, мм	Деформация каната, мм
1	0,5*	5*	3,5	0*
2	2,5	25	6,2	2,7
3	5,0	50	12,0	8,5
4	7,5	75	17,4	13,9
5	10,0	100	23,5	20,0
6	12,5	125	33,3	29,8
7	15,0	150	46,9	43,4
8	17,5	175	59,0	55,5
9	20,0	200	69,3	65,8

Примечание *- условный ноль для ликвидации зазоров и провиса каната (начальная длина каната $L_1 = 4215$ мм).
Коэффициент жесткости 1 пог. м каната $c_{1\text{эксп.}} = [F/\Delta_{\text{max}}]/L_1 = [(200-5) \cdot 10^3, \text{ Н} / 0,0658] / 4,215 = 703,1 \cdot 10^3, \text{ Н/м}$

продолжение табл. 1

б) РАЗГРУЗКА каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от коуша до измерительной планки, мм	Деформация каната, мм
1	17,5	175	68,7	65,2
2	15,0	150	65,8	62,3
3	12,5	125	62,3	58,8
4	10,0	100	59,6	56,1
5	7,5	75	54,6	51,1
6	5,0	50	51,2	47,7
7	2,5	25	45,3	41,8
8	0,5*	5*	36,7	33,2

Таблица 2

Результаты испытаний каната 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80,
применяемого на механизмах подачи станков СБШ-250
ИСПЫТАНИЕ 2 – новый канат: а) НАТЯЖЕНИЕ каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от поперечной планки на станине машины до коуша, мм	Деформация каната, Δ , мм
1	0,5*	5*	3,8	0*
2	2,5	25	9,2	5,4
3	5,0	50	15,5	11,7
4	7,5	75	21,7	17,9
5	10,0	100	26,3	22,5
6	12,5	125	30,9	27,1
7	15,0	150	35,8	32,0
8	17,5	175	40,9	37,1
9	20,0	200	47,8	44,0

Примечание *- условный ноль для ликвидации зазоров и провиса каната (начальная длина каната $L_2 = 4240$ мм).
Коэффициент жесткости 1 пог. м каната $c_{2\text{эксп.}} = [F/\Delta_{\text{max}}]/L_2 = [200 \cdot 10^3, \text{ Н} / 0,044] / 4,24 = 1045,2 \cdot 10^3, \text{ Н/м}$
(после испытания 1 канат удлинился на $\Delta L = 4240 - 4215 = 25$ мм, а коэффициент жесткости увеличился на 48,6%)

продолжение табл. 2

б) РАЗГРУЗКА каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от коуша до измерительной планки, мм	Деформация каната, мм
1	17,5	175	45,4	40,7
2	15,0	150	41,9	38,1
3	12,5	125	39,1	35,3
4	10,0	100	35,9	32,1
5	7,5	75	32,1	28,3
6	5,0	50	27,6	23,8
7	2,5	25	18,2	14,4
8	0,5*	5*	13,6	9,8

Таблица 3

Результаты испытаний каната 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, применяемого на механизмах подачи станков СБШ-250

ИСПЫТАНИЕ 3 – б/у, приработанный канат: а) НАТЯЖЕНИЕ каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от поперечной планки на станине машины до коуша, мм	Деформация каната, Δ , мм
1	0,5*	5*	5,9	0*
2	2,5	25	11,7	5,8
3	5,0	50	16,2	10,3
4	7,5	75	20,0	14,1
5	10,0	100	23,5	17,6
6	12,5	125	27,0	21,1
7	15,0	150	30,5	24,6
8	17,5	175	34,0	28,1
9	20,0	200	37,7	31,8

Примечание *- условный ноль для ликвидации зазоров и провиса каната (начальная длина каната $L_3 = 4350$ мм).

Коэффициент жесткости 1 пог. м каната $c_{3эксп.} = [F/\Delta_{max}]/L_3 = [(200 \cdot 5) \cdot 10^3, \text{ Н} / 0,0318] / 4,35 = 1409,7 \cdot 10^3, \text{ Н/м}$

продолжение табл.3

б) РАЗГРУЗКА каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от коуша до измерительной планки, мм	Деформация каната, Δ , мм
1	17,5	175	35,1	29,2
2	15,0	150	32,0	26,1
3	12,5	125	29,0	23,1
4	10,0	100	26,7	20,8
5	7,5	75	23,2	17,3
6	5,0	50	19,8	13,9
7	2,5	25	15,8	9,9
8	0,5*	5*	6,2	0,3

Таблица 4

Результаты испытаний каната 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, применяемого на механизмах подачи станков СБШ-250

ИСПЫТАНИЕ 4 – б/у, приработанный канат: а) НАТЯЖЕНИЕ каната

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от поперечной планки на станине машины до коуша, мм	Деформация каната, Δ , мм
1	0,5*	5*	7,2	0*
2	2,5	25	13,0	5,8
3	5,0	50	17,2	10,0
4	7,5	75	20,9	13,7
5	10,0	100	24,5	17,3
6	12,5	125	27,7	20,5
7	15,0	150	31,8	24,6
8	17,5	175	35,0	27,8
9	20,0	200	38,7	31,5

Примечание *- условный ноль для ликвидации зазоров и провиса каната (начальная длина каната $L_4 = 4350$ мм).

Коэффициент жесткости 1 пог. м каната $c_{4эксп.} = [F/\Delta_{max}]/L_4 = [(200 \cdot 5) \cdot 10^3, \text{ Н} / 0,0315] = 1423,1 \cdot 10^3, \text{ Н/м}$

б) РАЗГРУЗКА каната –

Номер опыта	Нагрузка по шкале разрывной машины, тс	Нагрузка, $F \times 10^3$, Н	Размер от коуша до измерительной планки, мм	Деформация каната, Δ , мм
1	17,5	175	36,2	29
2	15,0	150	33,3	26,1
3	12,5	125	30,0	22,8
4	10,0	100	27,9	20,7
5	7,5	75	24,7	17,5
6	5,0	50	20,9	13,7
7	2,5	25	16,7	9,5
8	0,5*	5*	7,8	0,6

Для исследования параметров демпфирования каната также как и при исследовании параметров жесткости использована горизонтальная разрывная машина швейцарской фирмы «АЛЬФРЕД АМСЛЕР и Ко.».

Коэффициент поглощения определяется отношением рассеянной энергии - ΔW_i в канате к энергии его деформации - W_i , $\psi = \Delta W_i / W_i$, рис. 2

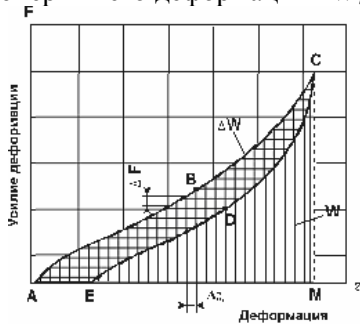


Рис. 2. Петля гистерезиса к определению коэффициента поглощения упругодемпфирующего элемента: ΔW - площадь ABCDE; W - площадь ABCMA

Данные, приведенные в табл. 3,4 используем для определения коэффициентов поглощения.

Результаты обработки приведены на рис. 3а,б,в,г. Как видно из рисунков коэффициент поглощения нового каната не стабилен, рис. 3а,б. после испытания 2 величина ψ уменьшилась почти на 30% по сравнению с испытанием 1. В то время как приработанный канат показывает стабильные показатели, у приработанного каната величина ψ изменяется в пределах точности эксперимента не более чем на 3 %.

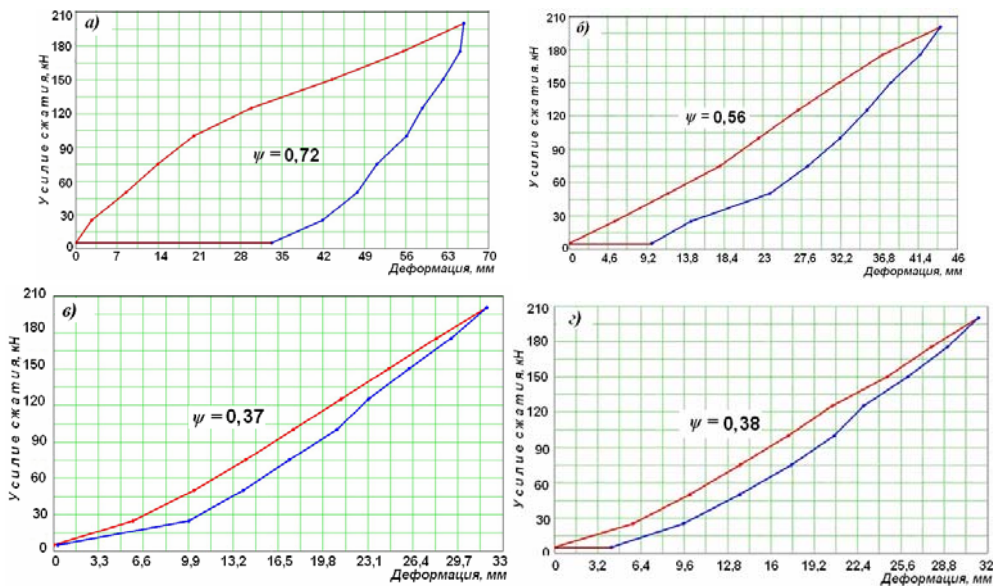


Рис. 3. Коэффициенты поглощения ψ ; каната 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80:
 а - нового при испытании 1; б - нового при испытании 2; в - приработанного при испытании 3;
 г - приработанного при испытании 4

Выводы, задачи дальнейших исследований. Впервые получены величины коэффициентов жесткости и демпфирования каната типа 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, применяемого на буровых станках СБШ-250.

Используя статический коэффициент потерь ψ_i стало возможным определить динамические коэффициенты поглощения энергии колебаний v_i для упругих канатных систем снижения нагрузок оборудования.

Список литературы

1. Динник А.Н. Статьи по горному делу. – Углетехиздат, 1957.
2. Смоляков С.Л. Упругие свойства канатов. http://www.nbuu.gov.ua/portal/natural/Mashbud/2010_5/10sslecr.pdf (Статья надійшла до редакції 6 травня 2010 р).
3. Савельев И.В. Курс общей физики / И.В.Савельев. – М.: Наука, 1987. - Т.І. – 432 с.

Рукопись поступила в редакцию 11.03.14

УДК 622.785: 669.213.3

Ю.С. РУДЬ, доктор техн. наук, проф., В.Г. КУЧЕР, канд. техн. наук,
В.Ю. БЕЛОНОЖКО, ст. преподаватель, Криворожский национальный университет

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА АГЛОМЕРАТА НА КОНВЕЙЕРНЫХ МАШИНАХ

Тепловые параметры процесса зажигания шихты, при производстве агломерата на конвейерных машинах, оказывают существенное влияние на весь ход процесса спекания. Использование существующих конструкций горнов не позволяет обеспечить передачу в верхние слои шихты необходимого количества тепла в силу целого ряда причин.

В работе поставлена задача обеспечения технической возможности уменьшения дефицита тепла в верхних слоях шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины, путем увеличения возможности подачи тепла без дополнительного нагрева всей массы шихты.

Авторами данной статьи предложено оригинальное решение проблемы повышения интенсивности зажигания шихты за счет увеличения площади поверхности зажигаемой шихты, находящейся под горном. Это решение состоит в том, что поверхность шихты придают волнообразную форму. Придание поверхности шихты волнообразной формы позволяет увеличить количество тепла, подаваемого на единицу поверхности, и уменьшить влияние зоны переувлажнения шихты в процессе спекания за счет опережения зоны горения в местах впадин по отношению к соседнему участку шихты, расположенному по высоте под гребнем волнообразной поверхности.

Для реализации предложенного способа спекания агломерационной шихты в производственных условиях авторами разработаны устройства для загрузки шихты на агломерационную машину. Применение этих устройств обеспечивает профильную внешнюю поверхность с выступами и впадинами, что приводит к росту производительности агломерационных машин без увеличения вакуума и снижения качества агломерата.

Ключевые слова: агломерационная конвейерная машина, шихта, поверхность шихты, волнообразная форма поверхности, зажигание шихты, интенсивность зажигания, производительность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для обеспечения высоких технико-экономических показателей агломерационных конвейерных машин железорудную шихту, подаваемую на машину, подогревают до 50-65 °С. Подогрев шихты осуществляется за счет использования в технологическом процессе горячего возврата, пара или продуктов горения, температура которых не превышает 500 °С, а в отдельных случаях - газа. Подогретая шихта загружается на колосниковую решетку агломерационной машины и подается в зажигательный горн, где производится нагрев верхней поверхности шихты до температуры воспламенения коксика.

Длина горна должна обеспечивать необходимое время нагрева поверхности слоя до температуры воспламенения топлива и устойчивого его горения. Тепло, которое выделяется при горении коксовой мелочи, расходуется в зоне горения на восстановление и окисление оксидов железа, разложение карбонатов, частичное плавление шихты, в результате чего происходит образование спека агломерата. Избыточное тепло из зоны горения выносится в нижележащие слои шихты, подогревая их. Слой шихты продукты горения покидают с температурой 60-80 °С.

Тепловые параметры процесса зажигания шихты, при производстве агломерата на конвейерных машинах, оказывают существенное влияние на весь ход процесса спекания. Использование существующих конструкций горнов не позволяет обеспечить передачу в верхние слои шихты необходимого количества тепла в силу целого ряда причин. Образовавшийся дефицит тепла должен покрываться за счет дополнительных источников. Это сказывается на производительности агломерационной машины, прочности агломерата, расходе топлива и экономических показателях работы.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Проблеме создания теории и практики зажигания и спекания шихты на агломерационных машинах посвящено ряд работ. В работе [1] Абрамовым В.С. отмечается, что при агломерации железных руд высокие температуры в слое шихты достигаются в результате горения твердого топлива, а также регенерации тепла вышележащих слоев агломерата. В верхних слоях шихты процессы регенерации отсутствуют и поэтому наблюдается значительный дефицит тепла. Авторы работы [2] отмечают, что этот дефицит должен покрываться за счет тепла зажигания шихты. Рациональная организация процесса зажигания шихты существенно влияет на протекание процесса спекания и на качество агломерата. Потребность в тепле зажигания рассчитывают исходя из затрат тепла на 1 т агломерата [3]. Автор работы [4] потребность в тепле зажигания предлагает рассчитывать исходя из затрат тепла на единицу площади поверхности 1 м^2 агломерата. В работах С.Т. Ростовцева, С.М. Меерова [5] рассмотрен комплекс вопросов о технологии производства агломерата, в т.ч. вопросы расчета требуемого количества тепла зажигания шихты.

Цель и задачи исследования. В работе поставлена задача обеспечения технической возможности уменьшения дефицита тепла в верхних слоях шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины, путем увеличения возможности подачи тепла без дополнительного нагрева всей массы шихты.

Изложение материала и результаты. При спекании агломерата по высоте слоя шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины, формируется три зоны, характеризующие тепловую работу процесса. В первой, верхней зоне теплообмена - от поверхности слоя до зоны горения, воздух, просасываемый через агломерируемый слой, подогревается за счет тепла горячего агломерата и окисления магнетита, причем, чем ниже опускается зона горения, тем выше температура подогрева воздуха и тем выше температуры в зоне горения.

Вторая зона - собственно зона горения. Здесь происходит горение твердого топлива, восстановление оксидов железа, разложение карбонатов, плавление шихты и образование агломерата. Высота зоны горения около 30 мм, ее величина зависит в основном от скорости спекания и размеров частиц твердого топлива. Продукты горения топлива, вобравшие в себя компоненты взаимодействия газовой фазы с оксидами железа и CO_2 карбонатов, попадают в нижнюю ступень теплообмена. По мере выгорания топлива зона горения перемещается сверху вниз, при этом высота верхней зоны теплообмена увеличивается, а нижней зоны - уменьшается и достигает нуля, когда зона горения достигает колосниковой решетки. В этой зоне подогревается нижележащий слой шихты.

Третья, нижняя зона теплообмена - от зоны горения до колосниковой решетки, в которой идут физические процессы нагревания шихты. В этой зоне для удаления влаги требуется значительное количество тепла - до 2500 кДж/кг влаги. В результате испарения влаги температура газового потока падает до $60\text{-}80^\circ\text{C}$, а отходящие газы насыщаются влагой. Относительно высокое содержание водяных паров в просасываемом газе приводит к тому, что водяной пар, попадая в зону влажной шихты, частично конденсируется, увеличивая влагосодержание до переувлажнения этой зоны.

По мере перемещения зоны горения вниз к колосниковой решетке, объем слоя, соответствующий верхней ступени теплообмена увеличивается. Это сопровождается ростом температуры подогрева воздуха, и, как следствие, температуры в зоне горения. Покидающие зону горения продукты горения с более высокой температурой обеспечивают более высокий нагрев слоя шихты, приходящегося на нижнюю ступень теплообмена. Более горячий воздух по мере перемещения его вниз улучшает тепловой баланс зоны горения. На состояние теплового баланса этой зоны в благоприятно влияет также более подогретая шихта, когда зона горения переместится вниз. Такое сочетание процессов теплообмена по высоте слоя спекаемой шихты объясняет особенность теплового состояния слоя, когда максимальные температуры в слое увеличиваются по мере приближения зоны горения к колосниковой решетке.

Количество тепла, подаваемого на единицу площади поверхности шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины и проходящей под зажигающим горном, называется интенсивностью зажигания I и определяется по формуле, кДж/ $\text{м}^2 \cdot \text{м}$

$$I = \frac{q}{\tau} = \frac{q}{l_2} v = \frac{Q_{\text{зж}}}{60S}, \quad (1)$$

где q - удельный расход тепла, кДж/м^2 , t - продолжительность процесса зажигания, мин., l_2 - длина горна агломерационной машины, $Q_{\text{заж}}$ - количество тепла, требуемого для зажигания шихты, S - площадь зеркала горна агломерационной машины или площадь поверхности зажигаемой шихты.

Величина показателя интенсивности зажигания I определяет основные характеристики процесса спекания шихты на агломерационной машине: ее производительности, качество агломерата, его гранулометрический состав, расходе топлива и т.д. Поэтому и теоретики и практики ищут способы повышения этого показателя.

Очевидный способ повышения интенсивности зажигания шихты - обеспечить передачу необходимого количества тепла в верхние слои шихты в то время, когда она находится в зоне горна. Однако возможности такого способа ограничены в первую очередь техническими возможностями конструкции существующих горнов. Обеспечение высоких показателей интенсивности зажигания шихты связано с резкими увеличениями габаритов горна, которые не вписываются в компоновку современной агломерационной машины. Кроме того, при определенных температурных градиентах подачи тепла возможно оплавление поверхности шихты, а, следовательно, снижение газопроницаемости слоя и производительности агломерационной машины

Из анализа формулы (1) можно сделать вывод, что интенсивность зажигания I обратно пропорциональна площади поверхности зажигаемой шихты S , что открывает новые технические возможности влияния на этот показатель.

Авторами данной статьи предложено оригинальное решения задачи повышения интенсивности зажигания шихты без изменения габаритов горна за счет увеличения площади поверхности зажигаемой шихты, находящейся под горном. Это решение приведено в описании способа спекания агломерационной шихты [6]. Сущность способа состоит в том, что, с целью увеличения производительности агломерационной машины, поверхности шихты 2, уложенной на колосниковую решетку 1, придают волнообразную форму 3 с высотой амплитуды 10-20 мм и расстоянием между гребнями волн 50-60 мм (рис. 1).

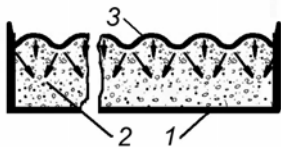


Рис. 1. Модель процесса спекания шихты с волнообразной поверхностью

Придание поверхности шихты волнообразной формы позволяет увеличить количество тепла, подаваемого на единицу площади поверхности, и уменьшить влияние зоны переувлажнения шихты в процессе спекания за счет опережения зоны горения в местах впадин по отношению к соседнему участку шихты, расположенному по высоте под гребнем волнообразной поверхности. В результате повышается прочность агломерата в верхнем слое, интенсифицируется процесс горения и, следовательно, спекания шихты по высоте слоя.

В развитие изобретения [6] авторами предложено техническое решение [7], позволяющее обеспечить снижение мелких фракций агломерата в верхнем слое пирога агломерата и заключающееся в том, что амплитуда волн поддерживается равной 8-12% от средней высоты слоя пирога, а расстояние между гребнями волн составляет 15-20 амплитуд. Указанные параметры слоя шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины, обеспечивает такой угол откоса волн поверхности, который больше угла естественного откоса спекаемых шихт, а также выравнивание фронта горения топлива до момента подхода его к колосниковой решетке. Амплитуду волнообразной поверхности слоя шихты предусмотрено изменять пропорционально высоте слоя.

Экспериментальная проверка предложенного способа спекания агломерационной шихты проведена в лаборатории Ново-Криворожского ГОК'а на аглочаше площадью спекания $0,12 \text{ м}^3$ с разрежением под решеткой 1150 мм вод. ст. Результаты эксперимента, приведенные к средним значениям, показывают, что производительность аглочаша для шихты с волнообразной формой поверхности выше производительности чаши при спекании шихты с плоской поверхностью. Производительность увеличивается с увеличением площади поверхности шихты. Наивысшая производительность при допустимом выходе мелочи показана при амплитуде волн, равной 1,12 от средней высоты слоя пирога и расстоянии между гребнями волн 17 амплитуд.

Для реализации предложенного способа спекания агломерационной шихты в производственных условиях авторами разработано устройство для загрузки шихты на агломерационную машину [8]. Устройство состоит из бункера 1, под которым установлен вращающийся от привода барабан 2, предназначенный для перемещения шихты из бункера 1.

В нижней части устройства установлен загрузочный лоток 3 с пилообразной нижней кромкой в виде зубьев 4. За загрузочным лотком 3 установлен гладильный лист 5, нижняя часть которого снабжена уплотнителями борозд 6, расположенными перпендикулярно его профильной оси.

Уплотнители 6 выполнены в виде трехгранных пирамид, которые закреплены меньшей боковой гранью к гладильному листу 5. Профиль нижней кромки загрузочного листа выполнен пилообразным, соответствующим профилю гладильного листа в его профильном сечении.

На рис. 2: 7 – борт агломерационной машины, 8 – шихта, загруженная на колосниковую решетку агломерационной машины. Шихта из бункера 1 поступает на внешнюю поверхность вращающегося от привода барабана 2 и подается на установленный ниже загрузочный лоток 3 с пилообразной нижней кромкой в виде зубьев 4.

Так как наклон загрузочного лотка 3 больше угла естественного откоса загружаемого материала, то шихта перемещается на колосниковую решетку агломерационной машины.

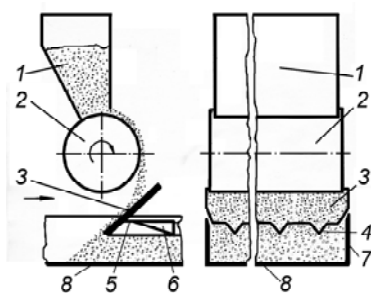


Рис. 2. Схема устройства для загрузки шихты на агломерационную машину

Избыток шихты, образующийся на колосниковой решетке, срезается нижней профилированной кромкой загрузочного лотка 3 вследствие поступательного перемещения машины. При этом внешняя поверхность загруженной на колосниковую решетку шихты повторяет профиль нижней кромкой загрузочного лотка 3, образуя выступы и впадины. Важным является то, что выступы и впадины на внешней поверхности шихты 8

образуются за счет естественного ссыпания частичек шихты с загрузочного лотка 3 без их разрушения и уплотнения. При дальнейшем движении колосниковой решетки агломерационной машины шихта подвергается воздействию гладильного листа 5, нижняя часть которого снабжена уплотнителями борозд 6, расположенными перпендикулярно его профильной оси. Выступы на внешней поверхности шихты 8 дозированно уплотняются плоскими участками гладильного листа 5, а впадины – уплотнителями 6, выполненными в виде трехгранных пирамид и закрепленными меньшей боковой гранью к гладильному листу 5.

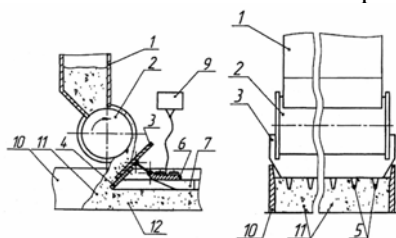


Рис. 3. Устройство для загрузки шихты на агломерационную машину [9]

Применение устройства для загрузки шихты обеспечивает ее профильную внешнюю поверхность с выступами и впадинами, что приводит к росту производительности агломерационных машин без снижения качества агломерата. Рост производительности объясняется следующими факторами.

Во-первых, за счет уменьшения газодинамического сопротивления слоя в местах впадин увеличивается газопроницаемости слоя шихты. Увеличение газопроницаемости слоя приводит к увеличению расхода воздуха и более интенсивному выносу влаги из зоны впадин и из рядом лежащих слоев шихты. Скорость фильтрации воздуха в зоне впадин в среднем на 11,4 % выше, чем в местах с полной высотой слоя. В результате уменьшается вредное действие зоны переувлажнения.

Во-вторых, зона горения коксовой мелочи, обычно перемещающаяся только в вертикальном направлении, в слое, имеющим впадины, перемещается также и в горизонтальных направлениях. Это приводит к увеличению вертикальной скорости спекания.

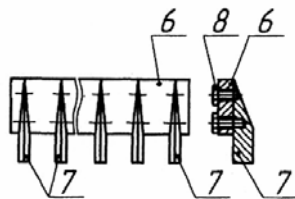
В-третьих, образование впадин приводит к увеличению площади поверхности слоя шихты, что обеспечивает возможность подачи большего количества тепла в верхние слои шихты при зажигании.

Недостатком указанного устройства является то, что в связи с увеличением площади зажигания за счет придания поверхностному слою шихты профильной поверхности, для устранения дефицита тепла в верхних слоях шихты необходимо увеличивать расход газа в горне. Кроме того, пилообразная форма нижней кромке загрузочного лотка затрудняет его конструкцию и снижает надежность работы из-за износа выступающих частей лотка.

Для дальнейшего повышения эффективности спекания агломерата проведена модернизация известного загрузочного устройства [8] путем использования уплотнителей шихты в каче-

стве электродов, между которыми в слое шихты пропускается электрический ток. Это устройство [9] содержит загрузочный бункер 1, под которым установлен барабанный питатель шихты 2 и загрузочный лоток 3 (рис. 3).

Рис. 4. Устройство загрузочного лотка 3



В нижней рабочей части лотка 3 крепится планка 4 с пилообразными выступами 5 и с возможностью их перемещения вдоль плоскости лотка. К загрузочному лотку 4 шарнирно закрепляется уплотняющий лист 6, который выполнен из изоляционного материала. К нижней нерабочей части лист 6 с помощью крепежных болтов крепится четное количество цельнометаллических уплотнителей-электродов 7. Крепежные болты 8 одновременно является клеммами для подключения уплотнителей 7 к источнику регулируемого тока 9. Цифрами 10 обозначена агломерационная машина, 11 - слой шихты, загруженный на агломерационную машину, 12 - профильные углубления в верхнем слое шихты.

Шихта из загрузочного бункера 1 поступает на внешнюю поверхность барабанного питателя 2 и перемещается на загрузочный лоток 3. По наклонному загрузочному лотку 3 шихта самотеком поступает на колосниковую решетку агломерационной машины 10. Избыток шихты, который образуется при загрузке, срезается нижней кромкой загрузочного лотка 3 вследствие поступательного движения агломерационной машины 10.

За счет пилообразных выступов 5 планки 4, закрепленной на задней нерабочей части загрузочного лотка 3, на поверхности шихты, загруженной на машину, создаются продольные впадины 12 заданной конфигурации.

Конфигурация продольных впадин 12 соответствует конфигурации выступов 5 планки 4, которая, в свою очередь, отвечает конфигурации нижней части гладильного листа 6 в его поперечном сечении.

Гладильный лист 6 закреплен к загрузочному лотку 3 шарнирно, поэтому при поступательном движении агломерационной машины 10 уплотнители 7 занимают устойчивое положение во впадинах 12 и уплотняют их нижнюю часть и боковые стенки.

В то же время, между каждой соседней парой уплотнителей 7, подключенных к источнику регулируемого тока 9 с помощью болтов 8, проходит электрический ток, величина которого обеспечивает подогрев до заданной температуры шихты, находящейся между уплотнителями 7.

Величина тока зависит от расстояния между уплотнителями 7, их геометрических размеров, состава и влажности шихты, а также скорости движения агломерационной машины 10. В каждом конкретном случае величина тока определяется экспериментально и, при необходимости, может регулироваться в зависимости от требуемой температуры нагрева шихты.

Подогрев верхнего слоя шихты электрическим током до момента ее входа в зону действия горновых газов позволяет снизить себестоимость товарного продукта за счет уменьшения расхода энергоносителей.

Выводы. Применяемые в промышленности методы компенсации нехватки тепла в верхних слоях шихты основаны на различных методах подогрева всей массы шихты до ее загрузки на колосниковую решетку агломерационной машины.

При этом решение задачи устранения дефицита тепла в верхних слоях шихты сопровождается таким негативным явлением, как избыток тепла в нижних слоях, возникающем за счет регенерации тепла горения топлива шихты.

В результате наблюдается перерасход топлива, снижение качества агломерата нижних слоев.

Авторами предложено оригинальное решения проблемы повышения интенсивности зажигания шихты без изменения габаритов горна за счет увеличения площади поверхности зажигаемой шихты, находящейся под горном.

Для реализации предложенного способа спекания агломерационной шихты в производственных условиях авторами разработано устройство для загрузки шихты на агломерационную машину.

Список литературы

1. **Абрамов, В.С.** Автоматический контроль и регулирование основных параметров процесса спекания / [Текст] // **В.С. Абрамов** // Технологические параметры для комплексной автоматизации металлургического производства. – №29. – М.: Металлургиздат, 1963.

2. Астахов, А.Г. Справочник агломератчика [Текст] / А.Г. Астахов, В.И. Мачковский, А.И. Никитин, Н.В. Федоровский. – Киев: Техніка, 1964.
3. Вегман, Е.Ф. Процесс агломерации [Текст] / Е.Ф. Вегман. – М.: Metallurgy, 1963.
4. Сигов, А.А. О роли регенерации тепла и зажигания в агломерационном процессе [Текст] / А.А. Сигов // Известия вузов. Черная металлургия. – №2. - 1959.
5. Ростовцев, С.Т. Зажигание в процессе спекания Криворожских железных руд [Текст] / С.Т. Ростовцев, С.М. Мееров // Теория и практика металлургии. – №3 (79), 1936.
6. Кучер, В.Г. Способ спекания агломерационной шихты СССР, [Текст] / В.Г. Кучер, Ю.С. Рудь // Авторское свидетельство №258328. – М., 1966.
7. Кучер, В.Г. Способ спекания агломерационной шихты СССР, [Текст] / В.Г. Кучер, Ю.С. Рудь // Авторское свидетельство №336345. – М., 1970.
8. Рудь, Ю.С. Способ спекания агломерационной шихты СССР, [Текст] / Ю.С. Рудь, В.Г. Кучер, А.З. Крижевский, Е.Я. Стольберг // Авторское свидетельство СССР, №948208. – М., 1970.

Рукопись поступила в редакцию 19.03.14
УДК 552.12:622

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Эффективность бурения горных пород пневматическими перфораторами зависит от их физико-механических свойств: прочности, пористости, твердости, абразивности.

Проблеме исследования физико-механических свойств горных пород посвящены работы Ржевского В.В., Новика Г.Я., Барона Л.И., Глатмана Л.Б. и других ученых. В их работах рассмотрен комплекс вопросов о физических свойствах горных пород и физических явлениях, происходящих в них при воздействии различных полей. Однако в этих работах не ставилась задача определения физико-механических свойств горных пород на основе предыдущих теоретических исследований. В работе поставлена задача разработать метод определения физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества.

Определены постоянные упругой жесткости, объемного модуля упругости и сжимаемости кристаллов. Принято во внимание, что реальные кристаллы горной породы состоят из дискретных частиц – атомов. Для случая исследования упругих свойств кристаллов породы их можно считать однородной непрерывной средой. Данное приближение в физике твердого тела называют континуальным приближением. В таком приближении используется закон Гука и второй закон Ньютона. Вычисление предела прочности кристалла.

Определена величина сил связи в ионных кристаллах. Порядок величины сил связи можно найти, исходя из предположения, что ионы взаимодействуют согласно закону Кулона.

Ключевые слова: горная порода, физико-механические свойства, модель кристалла, упругая жесткость, объемный модуль упругости, объемный модуль сжимаемости.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Физико-механические свойства горных пород, как твердого тела, непосредственно связаны с их структурой, молекулярными силами сцепления. Структура породы характеризуется распределением зерен и цемента кристаллов по размерам, условиям их срастания и взаимного расположения. Эффективность бурения горных пород пневматическими перфораторами зависит от их физико-механических свойств - способности породы сопротивляться внешней нагрузке; пористости - наличия в породе пространства, не заполненного твердым веществом; твердости - способности горной породы сопротивляться проникновению в нее другого более жесткого твердого тела; абразивности - способности породы изнашивать разрушающий ее инструмент в процессе трения.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Проблеме исследования физико-механических свойств горных пород посвящено ряд исследований. В работе [1] рассмотрен комплекс вопросов о физических свойствах горных пород и физических явлениях, происходящих в них. Дана классификация физических свойств пород, методов их определения и основных факторов, обуславливающих эти свойства. В работе [2] горные породы подразделяют по видам деформаций и вызвавшими их напряжениями на: упругие - их основные показатели модуль Юнга, коэффициент Пуассона и др., пластические - их основные показатели модуль полной деформации, коэффициент пластичности и др., прочностные - их основные показатели пределы прочности при сжатии, растяжении и др. Важными являются горнотехнологические параметры горных пород такие как крепость, твердость, буримость, взрываемость, дробимость.

В [3] рассматриваются методы и средства контроля состояния и свойств горных пород в массиве, прежде всего - твердости. В горном деле применяют показатель твердости, определяемый по методу Л.А. Шрейнера путем выкола лунки в шлифованной поверхности породы под действием нагрузки, приложенной к штампу с плоским круглым основанием. Аналогичным путем определяют контактную прочность по методу Л.И. Барона и Л.Б. Глатмана. Показатели твердости используют при оптимизации режимов эксплуатации породоразрушающих органов, обосновании нормативов производительности различных конструкций инструментов и т.п.

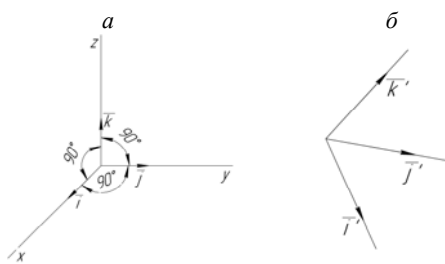
Цель и задачи исследования. В работе поставлена задача определения физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества. Планируется определить теоретическим путем постоянные упругой жесткости, объемный модуль упругости, сжимаемость кристаллов горной породы и энергию связи.

Изложение материала и результаты. *Определение постоянных упругой жесткости, объемного модуля упругости и сжимаемости кристаллов.* Реальные кристаллы горной породы состоят из дискретных частиц - атомов. Для случая исследования упругих свойств кристаллов породы их можно считать однородной непрерывной средой. Данное приближение в физике твердого тела называют континуальным приближением. В таком приближении используется закон Гука и второй закон Ньютона.

Обозначим через $e_{xx}, e_{yy}, e_{zz}, e_{xy}, e_{xz}, e_{yz}$ компоненты тензора деформаций. Поместим в недеформированный кристалл ортогональную систему координат x, y, z , с единичными векторами $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ (рис. 1). Создадим малую однородную деформацию, в результате которой все элементарные ячейки кристалла деформируются одинаково.

Предположим, что в результате такой малой деформации тройка векторов $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ изменила свою ориентацию. Обозначим новую тройку векторов через $\bar{i}', \bar{j}', \bar{k}'$. «Новые» вектора связанные со «старыми» следующими соотношениями

Рис. 1. Координатные оси для описания упруго деформированного кристалла: *a* - недеформированное состояние. Единичные векторы $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ взаимно перпендикулярны; *b* - деформированное состояние. Единичные векторы $\bar{i}', \bar{j}', \bar{k}'$ занимают произвольное положение



$$\left. \begin{aligned} \bar{i}' &= (1 + \varepsilon_{xx}) \cdot \bar{i} + \varepsilon_{xy} \cdot \bar{j} + \varepsilon_{xz} \cdot \bar{k}, \\ \bar{j}' &= \varepsilon_{yx} \cdot \bar{i} + (1 + \varepsilon_{yy}) \cdot \bar{j} + \varepsilon_{yz} \cdot \bar{k}, \\ \bar{k}' &= \varepsilon_{zx} \cdot \bar{i} + \varepsilon_{zy} \cdot \bar{j} + (1 + \varepsilon_{zz}) \cdot \bar{k}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В равенствах (1) коэффициенты $\varepsilon_{\alpha\beta}$ характеризуют деформацию. Они не имеют размерности и при малых деформациях их величина много меньше единицы. Вектор смещения частицы кристалла определяется равенством

$$\bar{R} = \bar{r}' - \bar{r} = x \cdot (\bar{i}' - \bar{i}) + y \cdot (\bar{j}' - \bar{j}) + z \cdot (\bar{k}' - \bar{k}). \quad (2)$$

Выражение для вектора смещения можно записать в более общем виде

$$\bar{R} = u(\bar{r}) \cdot \bar{i} + v(\bar{r}) \cdot \bar{j} + w(\bar{r}) \cdot \bar{k}. \quad (3)$$

В случае неоднородной деформации величины u, v, w обозначают локальные деформации. Используя разложение функции \bar{R} в ряд Тейлора, получим

$$x = x \frac{\partial u}{\partial x}, \quad y \cdot \varepsilon_{yx} = y \frac{\partial u}{\partial y} \text{ и т.д.} \quad (4)$$

Обозначим независимые компоненты напряжения через показатели $X_x, Y_y, Z_z, Y_z, Z_x, Z_y$. Согласно закону Гука деформации пропорциональны напряжениям, т.е. компоненты деформаций являются линейными функциями компонент напряжений

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= S_{11} \cdot X_x + S_{12} \cdot Y_y + S_{13} \cdot Z_z + S_{14} \cdot Y_z + S_{15} \cdot Z_x + S_{16} \cdot X_y, \\ \varepsilon_{yy} &= S_{21} \cdot X_x + S_{22} \cdot Y_y + S_{23} \cdot Z_z + S_{24} \cdot Y_z + S_{25} \cdot Z_x + S_{26} \cdot X_y, \\ \varepsilon_{zz} &= S_{31} \cdot X_x + S_{32} \cdot Y_y + S_{33} \cdot Z_z + S_{34} \cdot Y_z + S_{35} \cdot Z_x + S_{36} \cdot X_y, \\ \varepsilon_{yz} &= S_{41} \cdot X_x + S_{42} \cdot Y_y + S_{43} \cdot Z_z + S_{44} \cdot Y_z + S_{45} \cdot Z_x + S_{46} \cdot X_y, \\ \varepsilon_{zx} &= S_{51} \cdot X_x + S_{52} \cdot Y_y + S_{53} \cdot Z_z + S_{54} \cdot Y_z + S_{55} \cdot Z_x + S_{56} \cdot X_y, \\ \varepsilon_{xy} &= S_{61} \cdot X_x + S_{62} \cdot Y_y + S_{63} \cdot Z_z + S_{64} \cdot Y_z + S_{65} \cdot Z_x + S_{66} \cdot X_y. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

С другой стороны, компоненты напряжений являются линейными функциями компонент деформаций

$$\left. \begin{aligned} X_x &= C_{11} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{12} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{13} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{14} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{15} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{16} \cdot \varepsilon_{xy}, \\ Y_y &= C_{21} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{22} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{23} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{24} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{25} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{26} \cdot \varepsilon_{xy}, \\ Z_z &= C_{31} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{32} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{33} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{34} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{35} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{36} \cdot \varepsilon_{xy}, \\ Y_z &= C_{41} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{42} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{43} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{44} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{45} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{46} \cdot \varepsilon_{xy}, \\ Z_x &= C_{51} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{52} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{53} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{54} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{55} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{56} \cdot \varepsilon_{xy}, \\ X_y &= C_{61} \cdot \varepsilon_{xx} + C_{62} \cdot \varepsilon_{yy} + C_{63} \cdot \varepsilon_{zz} + C_{64} \cdot \varepsilon_{yz} + C_{65} \cdot \varepsilon_{zx} + C_{66} \cdot \varepsilon_{xy}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Величины S_{11}, S_{12}, \dots называются постоянными упругой податливости или упругими постоянными; величины C_{11}, C_{12}, \dots называются постоянными упругой жесткости или модулями упругости [4].

Зная постоянные упругой жесткости, можно определить плотность энергии.

Например, для кубического кристалла плотность энергии равна [4] $u = (C_{11} + 2C_{12}) \cdot \delta^2 / 6$.

В кристаллах горных пород наблюдается ионная связь между положительными и отрицательными ионами.

Кулоновское отталкивание ионов одного знака меньше кулоновского притяжения ионов противоположного знака. Структура наиболее характерного ионного кристалла - хлористого натрия показана на рисунках 2,3.

Пространственной решеткой хлористого натрия является гранецентрированная кубическая решетка - решетка Браве.



Рис. 2. Кристаллическая структура хлористого натрия

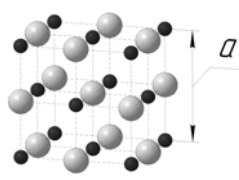


Рис. 3. Модель структуры хлористого натрия

Из рис. 4 можно судить о некоторых особенностях сил межатомного взаимодействия, а именно:

1. Между атомами одновременно действуют силы притяжения и силы отталкивания. Сумма этих сил определяет результирующую силу межатомного взаимодействия.

2. При уменьшении расстояния между атомами силы отталкивания нарастают значительно быстрее, чем силы притяжения.

Существует некоторое расстояние r_0 , при котором силы притяжения и силы отталкивания уравниваются. Результирующая сила межатомного взаимодействия становится равной нулю. В кристалле, который представлен самому себе, ионы располагаются именно на расстоянии r_0 друг от друга. Если расстояние между атомами меньше равновесного $r < r_0$, то преобладают силы отталкивания, если $r > r_0$, то преобладают силы притяжения.

Эти свойства межатомных сил позволяют в первом приближении рассматривать частицы, которые образуют кристалл, например, ионы Na и Cl в кристалле поваренной соли, как твердые упругие шарики, которые взаимодействуют между собой. В этом случае деформация растяжения кристалла приводит к увеличению расстояния между центрами соседних шариков и преобладанию сил притяжения, а деформация сжатия - к уменьшению этого расстояния и преобладанию сил отталкивания.

Вычисление предела прочности кристалла. При растяжении образца предел прочности определяется максимальной величиной результирующей силы межатомного притяжения, приходящегося на единицу площади сечения, перпендикулярного направлению растяжения.

Обозначим через r_1 расстояние между центрами атомов, при котором результирующая сила

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

На рис. 4 показана зависимость сил межатомного взаимодействия от расстояния между центрами атомов в твердых телах [5].

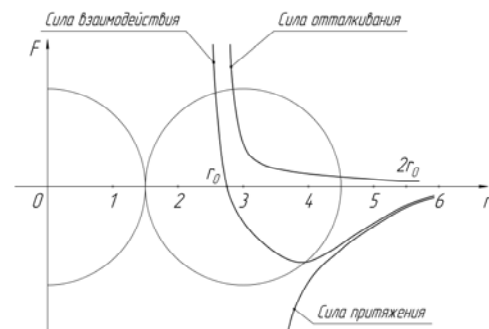


Рис. 4. Зависимость сил межатомного взаимодействия от расстояния между центрами атомов

межатомного взаимодействия достигает максимального значения (см. рис. 4). При дальнейшем увеличении расстояния между атомами, силы взаимодействия становятся настолько малыми, что связи между атомами обрываются. Величину наибольшей силы притяжения между двумя атомами обозначим через F_{\max} , а число связей на единицу площади сечения, перпендикулярного направлению внешней силы, - через $N_{\text{св}}$. Тогда предел прочности кристалла будет определяться равенством

$$\sigma = F_{\max} \cdot N_{\text{св}} \quad (7)$$

Согласно рис. 2 и 3 кристалл поваренной соли состоит из ионов натрия Na, заряженных положительно, и ионов хлора Cl, заряженных отрицательно. У каждого иона шесть ближайших соседей с противоположным знаком заряда. При разрыве такого кристалла у каждого атома обрывается по одной связи. Следовательно, в рассматриваемой модели число связей, разрываемых на каждом квадратном сантиметре, равно числу атомов, приходящихся на эту площадь, т.е. $N_{\text{св}} = N_{\text{ат}}$. В первом приближении пренебрежем взаимодействием между ионами, которые находятся друг от друга на расстояниях, больших r_0 . Остальные ионы удалены на расстояния не меньше, чем $r_0 \cdot \sqrt{2}$. Их взаимодействие незначительно. Для оценки предела прочности σ достаточно умножить наибольшее значение силы взаимодействия между двумя атомами на число атомов, которые приходятся на единицу площади в плоскости разрыва

$$\sigma = F_{\max} \cdot N_{\text{ат}} \quad (8)$$

Определение величины сил связи. Величину сил связи в ионных кристаллах можно найти, исходя из предположения, что ионы взаимодействуют согласно закону Кулона. В модели кристалла NaCl наблюдается чередование ионов противоположных знаков. Равновесное расстояние между ними равно при $r_0 = 2,814 \text{ \AA} = 2,814 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, т.е. $r \approx 3,0 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м}$). В первом приближении можно считать, что деформация остается упругой вплоть до разрыва межатомной связи, что соответствует напряжению, равному пределу прочности.

Предположим, что коэффициент относительной деформации $\varepsilon_{\max} = 1/6 \approx 17\%$, чему соответствует смещение атомов от положения равновесия на расстояние $\Delta r = \varepsilon_{\max} \cdot r_0 = 1/6 \cdot 3 \text{ \AA} = 0,5 \text{ \AA}$. Следовательно, при расчете сил межатомного притяжения для рассматриваемого кристалла за расстояние между ионами необходимо брать величину $r = r_0 + \Delta r = 3 \text{ \AA} + 0,5 \text{ \AA} = 3,5 \text{ \AA} = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Для простоты дальнейших расчетов предположим, что заряд каждого иона равен заряду электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ К}$. При этом максимальная сила притяжения F_{\max} между двумя атомами (ионами) будет равна

$$F_{\max} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r^2}, \quad (9)$$

где $\varepsilon_0 = 1 \cdot 10^7 / 4\pi c^2 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме.

Подставим численные значения коэффициентов в формулу (10) и получим

$$F_{\max} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(3,5 \cdot 10^{-10})^2} \approx 2 \cdot 10^{-9} \text{ Н}. \quad (10)$$

Полученное значение F_{\max} определяет величину максимальной силы взаимодействия между двумя атомами кристалла NaCl.

Далее оценим примерное число атомов, которые находятся на единице поверхности разрыва кристалла NaCl. Можно считать, что диаметр иона равен приблизительно расстоянию между соседними ионами.

Как указано выше, это расстояние можно считать равным $r_0 = 3 \text{ \AA} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. В таком случае число атомов на каждом квадратном метре поверхности разрыва кристалла равно

$$N_{\text{ат}} \approx \frac{1}{(3 \cdot 10^{-10})^2} = 1,1 \cdot 10^{19} \approx 10^{19} \text{ 1/м}^2. \quad (11)$$

В нашей модели кристалла число связей, которые приходятся на единицу площади, равно

числу атомов ($N_{ce} = N_{am}$), следовательно $N_{ce} \approx 10^{19} \text{ 1/м}^2$.

Зная величину максимальной силы взаимодействия между ионами F_{\max} (см. (10)) и число атомов на каждом квадратном метре поверхности разрыва кристалла N_{am} (см. (11)), по формуле (8) можно оценить теоретическую величину предела прочности кристалла NaCl

$$\sigma = 2 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2. \quad (12)$$

При известных значениях единичной межатомной связи и, следовательно, предела прочности кристалла, можно оценить величину модуля упругости.

Согласно закону Гука в пределах упругой деформации напряжение σ пропорционально коэффициенту относительной деформации при растяжении ε .

Коэффициент пропорциональности между величиной деформации ε и напряжением σ равен модулю упругости E . Следовательно,

$$\sigma = E \cdot \varepsilon; E = \sigma / \varepsilon. \quad (13)$$

Подставим в формулу (4) вычисленные ранее значения величин σ и ε и получим

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{2 \cdot 10^{10}}{1/6} \approx 1 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2. \quad (14)$$

Отметим, что полученный результат оценочного расчета величины E соответствует экспериментальным данным. Например, модуль упругости стали равен $2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$, алюминия - $0,7 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$, каменной соли - $0,4 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ [6].

Вычисление энергии связи. В первом приближении, среднее значение силы взаимодействия между двумя атомами кристалла, при изменении расстояния между ними от r_0 до $2r_0$, равно $0,5F_{\max}$. В таком случае энергия связи между ионами в расчете на одну связь равна

$$E_1 = A = F \cdot l \approx F_{cp} \cdot (2r_0 - r_0) \approx 0,5F_{\max} \cdot r_0 = 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-10} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}. \quad (15)$$

При известном значении энергии одной связи атомов в кристалле можно найти энергию связи для всего кристалла, т.е. ту энергию, которую необходимо затратить, чтобы разделить кристалл на отдельные атомы.

На опыте величина энергии связи кристаллического состояния вещества равна теплоте испарения твердого тела. Энергия связи одного моля кристалла равна

$$E_{св} = E_1 \cdot N_1 \cdot N_A, \quad (16)$$

где E_1 - энергия одной связи, Дж; N_1 - число связей, которые приходятся на один атом; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ - число Авогадро.

В нашем случае $N_1 = 1$, поэтому энергия связи кристалла равна $E_{св} = 3 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \approx 18 \cdot 10^4 \text{ Дж/моль} \approx 40 \text{ ккал/моль}$.

Выводы. Авторами разработан метод определения физико-механических свойств горных пород на основе модели кристаллического строения вещества.

Использование предложенного авторами метода позволяет определять параметры физико-механические свойств пород без длительных экспериментальных исследований, на научной основе проектировать основные процессы горного производства в т.ч. разрушение и транспортирование горных пород, управление состоянием массива, обогащение и др.

Список литературы

1. Ржевский, В.В. Основы физики горных пород // Серия: "Классика инженерной мысли: горное дело" [Текст] / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. - Издательство «Ленанд», 2014.
2. Ржевский, В.В. Свойства горных пород и методы их определения [Текст] / В.В. Ржевский, Г.Я. Новик. - М., 1969.
3. Барон, Л.И. Методы и средства контроля состояния и свойств горных пород в массиве [Текст] / Л.И. Барон Л.Б., Глатман. - М., 1989.
4. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела [Текст] / Ч. Киттель. - М.: «Наука», 1978. - 790 с.
5. Жданов, Г.С. Физика твердого тела [Текст] / Г.С. Жданов. - М.: Издательство МГУ, 1962. - 560 с.
6. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. - Киев: «Наукова думка». 1988. - 734 с.

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

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

У сучасних умовах найбільш ефективними технологіями транспортування гірничої маси в глибоких кар'єрах є циклічно-поточні технології. При обґрунтуванні раціональних параметрів надійності експлуатації кар'єрних транспортних комплексів важливою є проблема взаємодії складових видів транспорту. В статті проведено аналіз взаємодії видів промислового транспорту глибоких кар'єрів у сучасних умовах з метою її удосконалення. Відмічено, що об'єктивною є необхідність створення транспортних комплексів, що базуються на одночасному або послідовному використанні двох чи більше видів транспорту в самостійному чи комбінованому використанні. Велике значення при цьому має досягнення збалансованої роботи всіх видів транспорту в комплексі. Для оптимізації транспортної системи кар'єру необхідно встановити кількісні та якісні показники взаємодії між транспортними процесами та їх обладнанням, а також раціональні співвідношення параметрів кожного виду кар'єрного транспорту в комплексі. Визначено напрямки дослідження закономірностей взаємодії елементів гірничотранспортної системи кар'єрів з метою збільшення її ефективності. На підставі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується провести обґрунтування параметрів надійності експлуатації автомобільно-конвеєрного комплексу глибоких кар'єрів.

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

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Розвиток гірничорудної промисловості визначається діяльністю великих гірничо-збагачувальних комбінатів, на частку яких припадає близько 80% видобутої руди. Сучасний гірничо-збагачувальний комбінат об'єднує кар'єри, фабрики підготовки руди, ремонтні, енергетичні та інші допоміжні підрозділи та за своєю структурою і функціональною діяльністю є дуже складною організацією, що має властивості, характерні для великих систем.

Гірниче підприємство являє собою складну систему багаторазового або безперервного функціонування; всі технологічні процеси та операції, що відбуваються в ньому, постійно повторюються. Причому ці повторення відбуваються в умовах впливу безлічі випадкових перешкод, в результаті чого мають місце різні порушення як в роботі окремих підрозділів, так і підприємства в цілому [1].

Конвеєрний транспорт широко використовується на підприємствах гірничодобувної промисловості для переміщення розсипчастих порід. Стрічкові конвеєри найбільш широко представлені на збагачувальних і брикетних фабриках гірничо-збагачувальних комбінатів, на поверхні шахт і кар'єрів (бункери, склади, похилі галереї тощо).

З початком використання важких конвеєрів зі стрічкою шириною 1600 і 2000 мм на кар'єрах Інгулецького, Північного, Центрального, Новокриворізького та Південного ГЗК Кривбасу об'єми перевезення залізної руди та скельних порід складають 400 млн т на рік.

У сучасних умовах на підприємствах гірничодобувної промисловості технологічні та транспортні лінії взаємопов'язані та утворюють одну промислову систему.

Відмова транспортної конвеєрної системи часто призводить до зупинки виробництва в цілому та до зниження обсягів випуску продукції. Надійність роботи конвеєрів є однією з вирішальних властивостей гірничодобувного комплексу, яка визначає ефективність транспортування гірничої маси.

Аналіз досліджень і публікацій. Кар'єри Криворізького залізорудного басейну відносяться до характерного типу родовищ «похилі та такі, що круто падають» поклади зі скельними породами і рудами та невеликою потужністю м'яких покривних порід. Конвеєри на підприємствах відкритого видобутку залізних руд Кривбасу транспортують розкривні та скельні породи з розмірами шматків до 200÷300 мм.

Продуктивність по розсипчастим породам доходить до 15000 м³/год. Траси конвеєрів у горизонтальній площині зазвичай прямолінійні, а у вертикальній можуть бути похилими або мати складну конфігурацію.

Короткі пересувні стрічкові конвеєри монтуються на колісному ході і використовуються на навантажувально-розвантажувальних роботах, найчастіше на складах готової продукції агломерацийних фабрик.

Із збільшенням глибини кар'єрів і обсягів видобутку залізних руд часто комбінують два або декілька видів транспорту: автомобільний із залізничним; автомобільний з конвеєрним; автомобільний зі скіповим підйомом та ін.

Досвід експлуатації конвеєрних установок на кар'єрах Кривбасу (ІнГЗК, ПГЗК, Північний ГЗК) дозволяє визначити їх роль і область подальшого використання. Щорічні обсяги переміщення руди конвеєрними трактами досягли 18-20 млн т, що не виключає необхідності прямих перевезень руди автомобільним або іншими видами транспорту.

На Південному ГЗК використовують стрічкові конвеєри ЛК-9, 1КТ, реверсивні пересувні стрічкові конвеєри 2Т виробництва Новокраматорського машинобудівного заводу. В 2012 р. комплекс циклічно-поточної технології Північного ГЗК був обладнаний шістьма стрічковими конвеєрами виробництва цього машинобудівного підприємства.

Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат першим серед гірничорудних підприємств освоїв в промисловому масштабі циклічно-поточну технологію видобутку руди з використанням автомобільно-конвеєрного транспорту.

У 1973 р. був зданий в експлуатацію конвеєрний тракт «Східний», а в 1983 р. - конвеєрний тракт «Західний» (кожен продуктивністю 18 млн т руди на рік). У 1996 р. введено в експлуатацію 3-ю чергу конвеєрного тракту.

Технологічна схема передбачає переміщення неокисленої добутої руди із забоїв самоскидами до приймальних пристроїв концентраційних горизонтів, обладнаних конусними дробарками ККД-1500/180 ГРЦ.

Приймальний пристрій являє собою залізобетонний бункер, перекритий нерухомим колосниковим решетом з відстанню між колосниками 250 мм.

Дробарно-перевантажувальні пункти розташовані на додаткових горизонтах - мінус 180 м і мінус 240 м (дно кар'єру - мінус 426 м). Продукт з-під решітки з бункера за допомогою живильника надходить на конвеєр; після первісного дроблення руда похилими конвеєрами по підземних виробках і наземних галереях подається на збагачувальні фабрики.

Надрешітний продукт за допомогою самоскидів доставляють на поверхню. На кар'єрі ІнГЗК за наявності двох конвеєрних підйомників самоскидами вивозять до 21 % усієї видобутої руди.

Виймку скельних розкривних порід на глибоких горизонтах із застосуванням циклічно-поточної технології по похилим конвеєрам застосовують на Первомайському кар'єрі Північного ГЗК та на кар'єрі № 2 ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з розташуванням конвеєрів в стовпах [2].

У даний час на всіх кар'єрах Криворізького залізорудного басейну (крім Петровського і Артемівського кар'єрів ВАТ «ЦГЗК») застосовується циклічно-поточна технологія гірничих робіт у варіантах виконання схем розкривання горизонтів підземними виробками (конвеєрні стовбури і квершлагги) і схем з розташуванням конвеєрних підйомників в крутих траншеях. Конвеєрний транспорт створює безперервний магістральний потік скельної гірничої маси з кар'єру, а подачу дробленої гірської маси на конвеєр забезпечують живильники дробильно-перевантажувальних пунктів (ДПП).

Відстань транспортування руди від забоїв до концентраційних горизонтів при цьому щорічно збільшується на 40÷100 м [3].

В умовах глибоких кар'єрів енергетична ефективність конвеєрного транспорту у 1,9÷2,2 рази вища, ніж електрифікованого залізничного транспорту та у 2,4÷3,0 рази – ніж автомобільного.

Для забезпечення високої надійності та ефективності роботи конвеєрів всі основні показники надійності повинні бути нормовані. Нормативний термін служби конвеєрів 4-8 років. Стрічковий конвеєр є однією з найбільш надійних установок для переміщення гірської маси. Такі конвеєри мають високу експлуатаційну надійність.

Нормативні мінімальні значення коефіцієнта готовності стрічкових конвеєрів магістральних конвеєрних систем знаходяться в межах 0,95÷0,96, для дільничних конвеєрів - дещо нижче (0,9÷0,95). В окремих випадках коефіцієнт готовності конвеєрів може досягати 0,98÷0,99.

Конвеєрні системи утворюються послідовним, паралельним і комбінованим розташуванням окремих елементів. У послідовній системі конвеєрів можуть бути наявними або відсутніми накопичувальні пристрої у кожного окремого конвеєра або у всієї системи в цілому. Такі сис-

теми можуть мати дублюючу лінію за окремими складовими частинам або у всій системі в цілому [4-5].

У ланках транспортного ланцюга, представлених конвеєрним транспортом, процес транспортування проходить дискретно. Збільшення глибини сучасних залізрудних кар'єрів Кривбасу внаслідок розробки родовищ призводить до значного подовження конвеєрних ліній та до збільшення кількості конвеєрних ставів на похилих висхідних трасах. Це зменшує загальну надійність системи транспортування.

Маючи високу продуктивність, технологічні конвеєрні системи містять лімітуючі елементи, які швидко зношуються, наприклад, роликові опори і конвеєрна стрічка. Довговічність конвеєрних стрічок суттєво залежить від крупності, щільності та абразивності транспортованих порід, а також від впливу динамічних навантажень.

Унаслідок підвищення навантажень на окремі елементи конвеєрів при крутих підйомах великих шматків породи надійність системи транспортування повинна бути найбільш повно врахована. Тим більше, що на відміну від систем стрічкових конвеєрів загального призначення, для яких одним з основних способів підвищення надійності є резервування, конвеєрні лінії гірничодобувних підприємств відносяться до нерезервованих систем.

Резервування дозволяє створити системи, надійність яких вища за надійність окремих елементів, що входять до її складу. Але для конвеєрних систем гірничодобувних підприємств установка резервної лінії значно підвищує капітальні витрати на додаткові гірничі роботи та спорудження резервної конвеєрної лінії, що робить резервування всієї системи неприйнятним [6-8].

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз функціонування конвеєрних систем, що використовуються на кар'єрах та збагачувальних фабриках гірничо-збагачувальних комбінатів Криворізького залізрудного басейну та окреслення напрямків підвищення надійності конвеєрних систем з метою збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

Викладення матеріалу та результати. Техніко-економічні показники конвеєрного транспорту визначаються, в першу чергу, продуктивністю, а також енергоємністю і вартісними характеристиками конвеєрних установок.

Експлуатаційна продуктивність конвеєрів залежить від ширини стрічки, швидкості транспортування, а також від коефіцієнта використання конвеєрного транспорту протягом зміни. Витрати на технічне обслуговування та ремонт конвеєрних систем складають 10-15 % від загальної суми витрат на експлуатацію.

Конвеєрна система гірничодобувної промисловості розглядається як складна імовірнісна система, функціонування якої описується математичними моделями. Підвищення надійності конвеєрних систем вимагає науково обґрунтованих рішень на базі теорії надійності.

Математичні моделі перехідних станів систем конвеєрного транспорту будуються на основі безперервних марковських процесів, що описуються системами диференціальних рівнянь, які можуть мати різні методи рішень, включаючи і наближені [9-10]. Із загального числа аварійних простоїв системи транспортування і переробки гірничо-збагачувального підприємства на долю конвеєрного транспорту приходиться близько половини простоїв. Час «чистої» роботи конвеєрної лінії, що складається з послідовно з'єднаних конвеєрів, на практиці виявляється менше часу ймовірних простоїв. Коефіцієнт готовності конвеєрної лінії та ступінь використання конвеєрів в часі зменшуються при збільшенні кількості конвеєрів у технологічній лінії.

Найпоширенішими причинами простоїв конвеєрних ліній є несправності механічного та електричного устаткування конвеєрів, проведення перевірок та регулювання, несправності контролюючої апаратури, нерегулярне підвезення або відсутність руди, пошкодження стрічок конвеєрів. На конвеєрних лініях глибоких залізрудних кар'єрів за зміну спостерігають в середньому 2-3 зупинки з переважною тривалістю від 14 до 22 хвилин.

До 20 % простоїв стрічкових конвеєрів визвано позаплановими роботами із заміни та ремонту стрічок, що отримали пошкодження внаслідок передчасного зношування стиків через роботу з несправними роликами. Значні об'єми ремонтів стиків стрічки (до 25 % втрат часу) визвано ушкодженнями стикувальних з'єднань, що виникають під час пуску конвеєра. На вулканізацію стиків стрічки конвеєра припадає найбільший час простоїв.

Ще одна причина - схід стрічки на сторону, особливо в місцях перевантажування руди, та швидке зношування неякісної стрічки за шириною. Значна частина пошкоджень (до 10%) ви-

никає через проколи та розриви стрічки одиничними ударами значної сили при неякісному подрібненні рудної маси.

До 12% простоїв виникає за причиною забивання видобутою гірничою породою транспортних конвеєрних ліній через низьку ефективність очищувальних пристроїв. У таких умовах максимальне напруження на відмову - це тривалість роботи конвеєрної лінії, протягом якої відсутні простої з тривалістю 15-30 хвилин [7].

За відсутності накопичувальних пристроїв зупинка будь-якого окремого послідовно розташованого конвеєра викликає відмову всієї конвеєрної системи. Ймовірність безвідмовної роботи системи, що складається з n конвеєрів, визначається добутком ймовірностей безвідмовної роботи кожного окремого конвеєра.

Загальний коефіцієнт готовності системи визначається аналогічно. Коефіцієнт готовності конвеєрної лінії, що складається з n послідовно встановлених конвеєрів і $(n-1)$ перевантажувальних вузлів, зменшується при збільшенні кількості конвеєрів.

У конвеєрних лініях, довжина яких досягає 8 км, зазвичай послідовно встановлюється до 10 стрічкових конвеєрів.

При нормативних значеннях коефіцієнта готовності конвеєрів 0,96 і коефіцієнта готовності перевантажувальних пунктів 0,996, прийнятих при проектуванні конвеєрних ліній, зниження надійності конвеєрної лінії в залежності від числа встановлених в ній конвеєрів значне: наприклад, при 7 конвеєрах в лінії коефіцієнт її готовності $K_1=0,73$.

Зі збільшенням часу експлуатації конвеєрної лінії відбувається зниження її надійності порівняно з проектною внаслідок спрацювання вузлів і деталей як конвеєрів, так і перевантажувальних пунктів, що приводить до зростання числа відмов, а також витрат на їх ліквідацію, збільшуються простої конвеєрних ліній і пов'язані з цим втрати видобутку руди.

При проведенні аналізу оцінки надійності конвеєрних ліній важливо встановити всі можливі причини простоїв системи та їх відповідний ймовірнісний вплив на працездатність лінії та виконання планових показників гірничодобувного підприємства.

Оскільки значна частка простоїв конвеєрних ліній відбувається за різних аварійних причин, то при розрахунку продуктивності конвеєрної лінії на глибоких і надглибоких залізрудних кар'єрах необхідне більш повне врахування надійності комплекуючого і допоміжного обладнання.

При аналізі тих чи інших абсолютних значень показників надійності, отриманих на основі обробки статистичних даних, необхідно брати до уваги, що при зміні навантаження й умов роботи конвеєра показники надійності будуть різними.

При існуючих конструкціях і схемах конвеєрний транспорт поки не повністю вирішує проблеми переміщення великих обсягів гірничої маси при безперервному посуванні фронту гірничих робіт та їх поглибленні.

Зростання проектної глибини кар'єрів з видобутку родовищ залізних руд Кривбасу може надалі призводити до збільшення довжини конвеєрних ліній за підвищення міцності видобутої гірської маси та ускладнення гірничо-геологічних умов видобутку і транспортування.

Тому підвищення надійності роботи конвеєрних ліній при транспортуванні гірської маси в глибоких і надглибоких кар'єрах - одна з головних задач для підтримання високої ефективності гірничо-транспортної системи кар'єрів Криворізького залізрудного басейну.

Економічна сутність проблеми підвищення надійності обладнання конвеєрних систем досить актуальна, тому що її мета - це стабільне функціонування виробництва та зростання продуктивності праці при зниженні собівартості видобутку залізних руд.

Підвищення надійності конвеєрних систем може бути здійснено або за рахунок резервування окремих елементів системи, або за рахунок підвищення їх надійності внаслідок проведення заходів конструктивного, виробничого і експлуатаційного характеру, а також вдосконалення організації процесу транспортування.

Планується дослідити накопичений досвід застосування конвеєрних систем на кар'єрах глибиною 350÷500 м при обсягах транспортування гірничої маси 70-120 млн т на рік, виконати статистичний аналіз їх роботи, вибір та обґрунтування основних показників надійності таких систем.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Проведений аналіз функціонування конвеєрного транспорту, що використовуються на гірничо-збагачувальних комбінатах Криворізького залізрудного басейну.

Окреслено напрямки підвищення надійності конвеєрних систем з метою збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів.

На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується розробити методику нормування показників надійності конвеєрних систем із можливістю побудування моделі раціональної системи технічного обслуговування і ремонту складових елементів транспортної системи залізородних кар'єрів.

Список літератури

1. Стахеев, Н.Л. Структуры управления на горно-обогатительных комбинатах [Текст] / Н.Л. Стахеев, В.Л. Казакова. – М.: Недра, 1990. – 124 с.
2. Четверик М.С. Формирование комплексов при технологии преобогачения руды в карьерах [Текст] / М.С. Четверик, Е.В. Бабий, А.А. Икол // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2007. - № 3. – С. 91-93.
3. Бабец, Е.К. Современное состояние горного производства на глубоких карьерах, основные проблемы и пути их решения [Текст] / Е.К. Бабец // *Збірник наукових праць державного підприємства «Науково-дослідний гірничорудний інститут»* - 2010. - №52. - С.10-16.
4. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. - 487 с., ил.
5. Хачатрян, С. А. Обоснование методов повышения надежности эксплуатации конвейерных систем угольных шахт [Текст]: Дисс. ... доктор техн. наук / С.А. Хачатрян. – С.-Пб., 2004. – 280 с.
6. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров [Текст] / под ред. А.Ю. Дриженко. – М.: Недра, 1994. – 288 с.
7. Литвиненко К.В. Надежность конвейерного транспорта при открытой разработке полезных ископаемых [Текст] / К.В. Литвиненко // *Репозиторий НТБ НГУ. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – ГЕА №87.*
8. Дриженко, А.Ю. Закономерности формирования рабочей зоны глубоких карьеров [Текст] / А.Ю. Дриженко, К.В. Литвиненко // *Сб. научн. трудов НГУ. – Днепропетровск: НГУ, 2008. - №31. – С.61-69.*
9. Герцбах, И.Б. Модели отказов [Текст] / И.Б. Герцбах, Х.Б. Кордонский / под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Советское радио, 1966. – 166 с.
10. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения [Текст] / Е.С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Наука, Гл.ред. физ.-мат. лит., 1991. – 384 с.

Рукопись поступила в редакцию 11.03.14

УДК 624.042.65

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф.,

О.Ю. ЄРЬОМЕНКО, М.О. ВАЛОВОЙ, кандидати техн. наук, доц.

Криворізький національний університет

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОВЕДІНКИ СТАЛЕЙ ПРИ СКЛАДНОМУ ДЕФОРМУВАННІ І НАВАНТАЖЕННІ

Наведено результати та аналіз експериментальних досліджень по пружно-пластичному деформуванню сталі при складних навантаженнях. Інтенсивності навантажень на конструкції збільшуються, і як наслідок, поява пружно-пластичних деформацій. Їх врахування у роботі та визначення граничного стану конструкцій є важливим етапом безпечного їх функціонування та довговічності при правильному виборі коефіцієнтів запасу. Більшість реальних елементів конструкцій в процесі експлуатації зазнають дії комплексу термомеханічного навантаження, яке істотно впливає на їх несучу здатність. Тривалі дослідження конструкційних матеріалів, які працюють в умовах складного напружено-деформованого стану, показують, що анізотропія пластичного стану елемента матеріалу залежить як від напружено-деформованого стану та історії деформування, так і від напрямку дії напруження. Дослідження закономірностей пружно-пластичного деформування матеріалів при складному напруженому стані, виявлення впливу та оцінка цих закономірностей в залежності від параметрів складного навантаження при ізотермічних процесах деформування є актуальною задачею механіки деформованого твердого тіла. Наведено результати та аналіз експериментальних досліджень по пружно-пластичному деформуванню сталі при складних навантаженнях. Зроблено висновки по наведеним відомостям.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У сучасному будівництві характерним є збільшення інтенсивності навантажень на конструкції, і як наслідок, - поява пружно-пластичних деформацій.

Їх врахування у роботі та визначення граничного стану конструкцій є важливим етапом безпечного їх функціонування та довговічності при правильному виборі коефіцієнтів запасу.

Спроби спрощення теорії процесів пружнопластичного деформування конструкційних матеріалів призводять до великої розбіжності розрахунків з експериментальними даними.

Тому необхідність повного обліку параметрів складного навантаження для отримання достовірних розрахункових результатів вельми необхідна і важлива для сучасної теорії пластичності та експериментальних досліджень, її подальшого прогресивного розвитку та оцінки використовуваних на практиці наближених теорій і моделей пластичного деформування металів, що не містять параметрів складного деформування в своїх співвідношеннях і рівняннях.

Більшість реальних елементів конструкцій в процесі експлуатації зазнають дії комплексу термомеханічного навантаження, яке істотно впливає на їх несучу здатність. Тривалі дослідження конструкційних матеріалів, які працюють в умовах складного напружено-деформованого стану, показують [4-20], що анізотропія пластичного стану матеріалу залежить як від напружено-деформованого стану та історії деформування, так і від напрямку дії напруження. Дослідження закономірностей пружнопластичного деформування матеріалів при складному напруженому стані, виявлення впливу та оцінка цих закономірностей в залежності від параметрів складного навантаження при ізотермічних процесах деформування є актуальною задачею механіки деформованого твердого тіла [1-3].

Аналіз досліджень і публікацій. Початок досліджень пластичності матеріалів відноситься до 1864, коли Тріска опублікував свої дослідження по незворотному деформуванню ряду твердих матеріалів і дійшов висновку, що «існує характеристика матеріалу, що виражає максимальне дотичне напруження, при якому незалежно від типу досвіду тверде тіло тече». Цю умову плинності Сен-Венан поклав в основу своєї теорії течії в 1870 р. Подальший інтенсивний розвиток теорія пластичності отримала в першій половині ХХ ст. в працях Хаара і Кармана, Мізеса, Генки, Прандтля, Рейсса, Хілла, Надаї, Одквіста, Прагера, А.А. Ільюшина, В.В. Соколовського, А.Ю. Ішлінського, Л.М. Качанова, Л.С. Лейбензона та ін. Ці роботи супроводжувалися розробками ефективних експериментальних методів дослідження пластичності матеріалів при складному напруженому стані і в основному простому навантаженні (Рош і Ейхінгер, Надаї-Лоді, Прагер-Хоенемзер, Тейлор-Квини, Шмідт, Девіс, А.М. Жуков та ін.). В феноменологічній теорії пластичності намітилося два основні напрями: теорії течії і теорії пластичного деформування матеріалів що зміцнюються. На рубежі 50-х років ХХ ст. Прагером була розроблена концепція існування граничної поверхні навантажування матеріалів що зміцнюються і встановлений, в загальному вигляді, зв'язок приростів пластичних деформацій з цією поверхнею, створена загальна теорія течії Мелана-Прагера. Цей напрямок надалі розвивався А.Ю. Ішлінським, В.В. Новожиловим, Ю.І. Кадашевичем та іншими дослідниками. У цей же час А.А. Ільюшиным були введені поняття напрямних тензорів простого і складного навантажень, теоретично доведена тотожність усіх, що існували в той час, основних теорій пластичності в разі простого навантаження однієї загальної теорії малих пружно-пластичних деформацій. Пошуки шляхів створення загальної теорії пластичності при складному навантаженні привели А.А. Ільюшина до введення в теорію пластичності лінійних координатних евклідових n -мірних просторів E_n і векторів напружень $\bar{\sigma}$, деформацій $\bar{\varepsilon}$, поняття образу процесу і постулату ізотропії для початково ізотропних у фізичному просторі матеріалів. Систематичні дослідження з перевірки постулату ізотропії були проведені В.С. Ленським. Великий вклад в розвиток нового напрямку в теорії пластичності, названого теорією процесів, внесли В.С. Ленський, В.Г. Зубчанинов, А.С. Кравчук, Р.А. Васін, В.І. Малий, В.П. Дегтярьов, Дао-Зуй-Бік, А.В. Муравльов, П.В. Трусов, Ю.Н. Шевченко, В.В. Москвітін, Н.Л. Охлопков, В.В. Гараніков і ін. Істотний внесок у розвиток теорії ідеальної пластичності та граничних станів внесли Д.Д. Івлєв, С.Л. Христианович, А.Ю. Ішлінський, В.В. Соколовський, Є.І. Шемякін, В.Д. Ключников та ін.

Постановка завдання. Метою дослідження був аналіз існуючих експериментальних відомостей [4-20] для дослідження залежностей пружнопластичного деформування сталі при складних навантаженнях.

Викладення матеріалу та результати. Для проведення експерименту використовувалися тонкостінні трубчасті зразки зі сталі 12ХН3А [6]. Заготовки зразків піддавалися термічній обробці при температурі 897 К з витримкою на протязі 2 год. і наступним остиганням разом з пічкою.

Дослідження закономірностей пружнопластичного деформування при складному навантаженні проводилося за програмами, які містили однакові перші ділянки пропорційного навантаження.

Навантаження по траєкторіях у вигляді дволанкових ламаних розділено на дві групи. До першої віднесено дослідження на складне навантаження зразків, яке супроводжувалося зростанням інтенсивності напружень. До другої групи входять дослідження, в яких складне навантаження при-

водило до зменшення інтенсивності напружень при подальшому зростанні інтенсивності деформації. При цьому кути зламу траєкторії напружень в девіаторній площині Ільюшина (S_1, S_2) перевищували 90° [12].

На рис. 1 у вигляді залежностей «напруження - деформація» представлено результати випробування дослідного зразка (№ К-025), навантаженого по траєкторії у вигляді дволанкової ламаної [6].

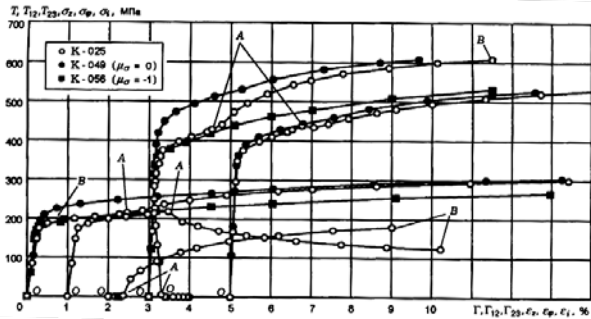


Рис. 1. Результати випробувань зразків № К-025

У пластичний стан А (стан повної пластичності) зразок введений осьовим розтяганням $\sigma_z > 0, \sigma_\phi = 0, \mu_\sigma = -1$. На ділянці складного навантаження АВ параметр виду довантаження $\mu_{\Delta\sigma} = 3$ зберігається сталим. Приріст дотичних напружень в цьому випадку $\Delta T = -\Delta T_{12} = 2\Delta T_{23} > 0$. У точці А зламу траєкторії навантаження в девіаторній площині Ільюшина кут зламу становить

90° , приріст інтенсивності напружень $\Delta\sigma_1 = 0$. Наступні довантаження супроводжуються зростанням σ_1 . Точці зламу траєкторії навантаження на кривих відповідає точка А. Точці В відповідає момент, що передує руйнуванню зразка.

Дані дослідження свідчать про наступне [6]. На майданчиках Π_{12}^\pm здійснюється часткове розвантаження при подальшому активному навантаженні по майданчикам Π_{13}^\pm головного зсуву. У другому головному напрямку пружне деформування не відновилося.

Як видно з ділянки АВ складного навантаження σ_ϕ (ϵ_ϕ), додатному приросту окружного напруження відповідає від'ємний приріст окружної деформації.

У точці А перелому траєкторії навантаження кривої σ_z (ϵ_z) довантаження викликало різку зміну дотичного модуля. На криві σ_z (ϵ_z), T (Γ) нанесені точки кривої чистого зсуву $\mu_\sigma = 0$, та осьового розтягання, $\mu_\sigma = -1$. На ділянці АВ складного навантаження точки кривих σ_z (ϵ_z), T (Γ) розташовуються між точками кривих чистого зсуву та осьового розтягання до тих пір, доки $\mu_\sigma \leq 0$, а $T \geq_{12} \geq T_{23}$. Зі зростанням ϵ_z і Γ точки вказаних кривих монотонно наближуються знизу до точок кривих чистого зсуву. Подальше навантаження призводить до спів падання точок кривої $T(\Gamma)$ з точками кривих чистого зсуву. Приросту напружень $\Delta\sigma_\phi > 0$ відповідає додатний приріст окружної деформації.

Деформований стан на ділянці АВ складного навантаження є станом повної пластичності.

Так, при довантаженні і зміні параметру Лоде в інтервалі $-1 \leq \mu_\sigma \leq 0$ пластичні зсуви відбуваються за площадками головного зсуву Π_{13}^\pm , а по другій парі площадок ковзання Π_{12}^\pm відбувається розвантаження. У напрямку розвантаження продовжуються відносні зміщення міцних елементів внаслідок активних довантажень на інших площадках ковзання. При $\mu_\sigma = 0$ і $T = 2T_{12} = 2T_{23}$ відбувається перемикання площадок ковзання: площадки Π_{23} стають другими.

Пластичні зсуви відбуваються як і раніше на площадках головного зсуву Π_{13} , довантаження призводять до розвитку пластичних зсувів на площадках ковзання Π_{23}^\pm .

На рис. 2 наведено результати випробування другої групи [6]. Зразок № К-075 на ділянці пропорційного навантаження ОА осьовим розтяганням виведено в пластичний стан.

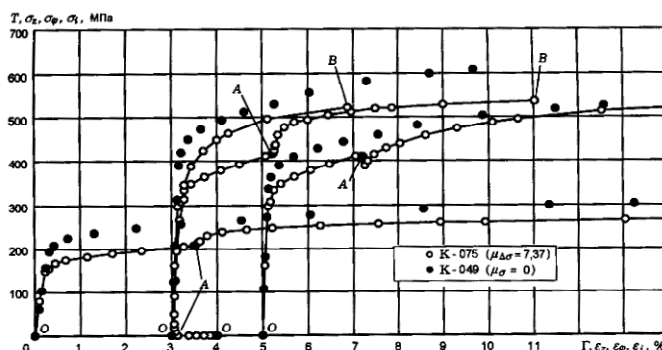


Рис. 2. Результати випробувань зразків № К-075

У точці А виконано різкий злам траєкторії навантаження. Кут зламу перевищує 90° в девіаторній площині Ільюшина. На ділянці складного навантаження $\mu_{\Delta\sigma} = 7,37$.

Як видно з розташування точок кривих на ділянці АВ, після точки А

зламу траєкторії навантаження також спостерігається помітне пластичне деформування в осьовому та радіальному головних напрямках, а в окружному головному напрямку відновлюється пружне деформування. На площадках попереднього пластичного деформування P_{12}^{\pm} відбувається часткове розвантаження зі зміцненням, а на площадках P_{23}^{\pm} триває активне довантаження. Деформований стан - стан неповної пластичності.

Часткове зміцнення на площадках ковзання P_{12}^{\pm} при довантаженні з точки А викликає різке збільшення дотичного модуля кривої $\sigma_z(\epsilon_z)$: в точці А нахил цієї кривої співпадає з пружним. При наступних довантаженнях точки кривої $\sigma_z(\epsilon_z)$ наближаються до кривої чистого зсуву (темні кружки). Аналогічно розташовуються точки на ділянці складного навантаження кривої Т(Г).

Складне навантаження на ділянці АВ траєкторії навантаження, яке розглядається як послідовність довантажень, при яких на одній з площадок головних дотичних напружень відбувається часткове розвантаження зі зміцненням, призводить до того, що на додаток до активного ковзання на площадках чистого зсуву P_{13}^{\pm} з'являються та отримують розвиток пластичні зсуви на площадках ковзання P_{23}^{\pm} . Елемент матеріалу знов деформується у стан повної пластичності.

На діаграмі $\sigma_i(\epsilon_i)$ після точки А зламу траєкторії навантаження спостерігається ділянка зростання інтенсивності деформацій при спадаючій інтенсивності напружень.

Інтенсивність напружень зменшується тим більше, чим більше значення параметру виду довантаження. При наступних довантаженнях величина σ_i починає зростати, а крива $\sigma_i(\epsilon_i)$ прямує до аналогічної кривої чистого зсуву.

Для порівняння на рис. 2 нанесені точки залежностей, побудованих за результатами випробувань зразка № К-049 при двоосному розтяганні $\sigma_z = 2 \sigma_{\phi}$ ($\mu_{\sigma} = 0$).

Аналіз наведених на рис. 2 експериментальних результатів показує, що непружне деформування матеріалу істотно залежить від виду досягнутого напруженого стану, напрямку довантаження та історії навантаження.

Пластична деформація є результатом послідовного накладання стану повної, неповної та повної пластичності (зі зміною площадок головного зсуву).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Наведені відомості дозволяють зробити наступні висновки [6].

Попередньо однорідний ізотропний матеріал стає анізотропним в наслідок пластичної деформації. Анізотропія пластичного стану залежить як від досягнутого напруженого стану, так і від напрямку довантаження.

Довантаження, що супроводжується частковим розвантаженням зі зміцненням і монотонним зростанням інтенсивності напружень, призводить до різкого збільшення дотичного модуля, аж до пружного, залежності першого головного напруження від відповідної деформації та до пружної зміни другої головної компоненти тензора деформацій.

Список літератури

1. Гігіняк Ф.Ф., Лебедєв А.О., Шкодзінський О.К. Міцність конструкційних матеріалів при мало цикловому навантаженні за умов складного напруженого стану. – Київ: Наук. Думка, 2003. – 270 с.
2. Можаровский Н.С., Антипов Е.А., Бобьрь Н.И. Ползучесть и долговечность материалов при программном нагружении. – К.: Вища школа, 1982. – 282 с.
3. Гигиняк Ф.Ф., Сторчак М.В., Башта В.В. и др. Циклическая прочность и ползучесть теплоустойчивых сталей в условиях сложного напряжённого состояния // Всесоюз. науч.-техн. конф. "Прочность материалов и элементов конструкций при сложном напряжённом состоянии": Тез. докл. – К., 1984. Ч. 1. – 82 с.
4. Гультияев В.И. Закономерности пластического деформирования конструкционных материалов при сложном нагружении. Диссертация... докт. техн. наук. – Тверь, 2012. – 45 с.
5. Петров А.Н. Деформационная модель нелинейной ползучести железобетона и её приложение к расчёту плосконапряжённых элементов и систем из них. Дисс... докт. техн. наук. – Москва, 2001. – 326 с.
6. Анин Б.Д., Жигалкин В.М. Поведение материалов в условиях сложного нагружения. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 1999. – 342 с.
7. Доцинский Г.А., Коренева А.М. Исследование прямого и возвратного нагружений с постоянной интенсивностью напряжений в пластической области // Инж. журн. Механика твёрдого тела. 1968. № 4. - С. 163-165.
8. Христианович С.А. Механика сплошной среды. М.: Наука, 1981.
9. Шемякин Е.И. Анизотропия пластического состояния // Числ. методы механики сплошной среды. 1973. т. 4, № 4. - С. 150-162.

10. Дошинский Г.А. Экспериментальное исследование пластической деформации “нейтрального нагружения” // Изв. Томск. Политехн.ин-та, 968. Т. 183. С. 45-48.
11. Гениев Г.А., Курбатов А.С., Самедов Ф.А. Вопросы прочности и пластичности анизотропных материалов. – М.: “Интербук”, 1993.
12. Ильюшин А.А., Механика сплошной среды. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 310 с.
13. Ohasi Y., Tanaka E. Plastic behavior of mild steel along orthogonal trilinear strain trajectory in three-dimensional vector space of strain deviator. – Transactions of the ASME, 1981, V. 103, # 4, p. 287-292.
14. Яхно Б.О. Пошкоджувальність та руйнування конструкційних матеріалів при складному мало цикловому навантаженні. Дисертація... канд. техн. наук. – Київ, 2005. – 135 с.
15. Булах П.А. Кинетика накопления поврежденных теплоустойчивых сталей при различных режимах нагружения [Текст] / Ф.Ф. Гигиняк, П.А. Булах, Т.Н. Можаровская // Проблемы прочности. – 2010. - № 1. – с. 120-126.
16. Borodii M.V. Obtaining a low-cycle fatigue strain criterion // Strength Mater. – 2001. - 33, No. 3. – p. 28-37.
17. Іваницький Я.Л. Методи оцінки тріщиностійкості конструкційних матеріалів за умов складного навантаження. Дисертація... докт. техн. наук. – Львів, 2005. – 315 с.
18. Іваницький Я.Л. Критерії руйнування конструкційних матеріалів в умовах складного напруженого стану та їх експериментальна перевірка / Я.Л. Іваницький // Тези доп. шостого міжнар. симп. укр. інженерів-механіків у Львові. – Львів, 2003. – С. 21-22.
19. Zyczkowski M. Combined loading in the theory of plasticity. Warszawa: Polish. Sci. Publ., 1981.
20. Tokada M., Ohashi Y., Iida T. On the hypothesis of local determinability and a concise stress-strain relation for curved strain path // Bull. ASME. 1983. V. 26, N 219. P. 1475-1480.

Рукопис подано до редакції 16.04.14

УДК 62-503.5

И.А. КОЗАКЕВИЧ, ст. преподаватель, Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ ПУТЕЙ УЛУЧШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЙ ДВИГАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ БЕЗДАТЧИКОВОГО ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены основные способы идентификации статорных потокосцеплений асинхронного двигателя для реализации бездатчикового управления. Выявлены основные причины снижения точности косвенного оценивания при работе привода на низких угловых скоростях. Проанализированы пути улучшения точности за счет использования программируемых фильтров низких частот, адаптивных систем с задающими моделями, а также за счет каскадного соединения нескольких фильтров. Основные выводы подтверждены математическим моделированием в среде Matlab/Simulink.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Рассматривая существующие системы бездатчикового векторного управления, а также системы прямого управления моментом, можно отметить, что одной из важнейших задач, непосредственно влияющих на показатели качества регулирования угловой скорости электропривода, является идентификация величины и положения вектора потокосцепления двигателя.

Анализ исследований и публикаций. Одним из простейших путей реализации поставленной задачи является использование уравнений электрического равновесия статорных цепей, получивших в литературе название «напряженческой» модели [1-3]. Однако, данный подход имеет ряд существенных недостатков, связанных с чувствительностью к дрейфу нуля аналоговой части схемы управления приводом, что вызывает насыщение интегратора, а также с неопределенностью начальных условий [4], что приводит к появлению постоянной составляющей в проекциях вектора потокосцепления. Для устранения указанных недостатков было разработано ряд способов. В [5] представлен модифицированный интегратор с обратными связями. Он отличается от классического тем, что благодаря определению наличия насыщения в интеграторе, выполняется компенсация дрейфа нуля, которая успешно функционирует при работе на высоких частотах. Таким образом, точность такого интегратора непосредственно зависит от уровня насыщения.

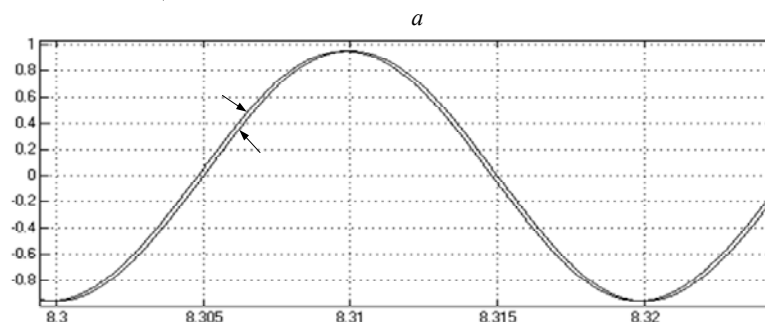
Второй предложенный в литературе подход предлагает использование интегратора с ограничением амплитуды, что основывается на допущении о работе двигателя с постоянным магнитным потоком. На основе рассмотренных двух структур предложен адаптивный интегратор, который позволяет с достаточной для таких систем точностью и устойчивостью компенсиро-

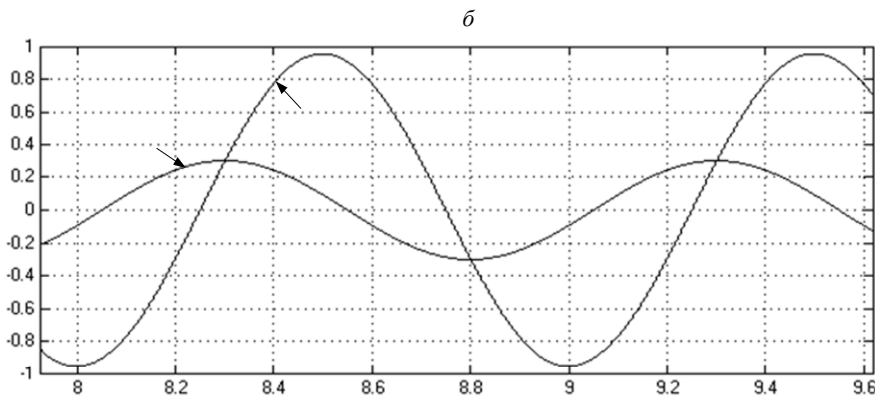
вать наличие дрейфа нуля во входных измеряемых сигналах. В [6] представлена замкнутая система наблюдателя потокосцепления статора на основе модели асинхронного двигателя полного порядка. В отличие от использования операции чистого интегрирования, которое базируется на «напряженческой» модели, наблюдатели полного порядка базируются на токовой модели. Это позволяет избежать проблем, связанных с дрейфом нуля, но использование токовой модели предполагает наличие полного набора параметров схемы замещения двигателя, определенных с высокой точностью, а также величины угловой скорости, определенной косвенно. В [7] предложены пути улучшения устойчивости за счет использования нелинейного наблюдателя. В этом случае коэффициенты наблюдателя изменяются так, чтобы позволить ему поддерживать высокую точность при работе в широком диапазоне условий, поскольку у линеаризованных наблюдателей устойчивость изменяется при изменении величины угловой скорости или нагрузки двигателя.

В [8] представлена адаптивная система с задающей моделью с использованием в качестве выходных сигналов тока, который измеряется на выходе инвертора, а также оценивается с использованием наблюдателя тока. Это позволяет существенно увеличить устойчивость системы идентификации, уменьшить чувствительность к изменению параметров привода по сравнению с существующими адаптивными системами. В [9] представлен способ идентификации с использованием нелинейного наблюдателя потокосцепления в режиме скольжения, а также модифицированный интегратор с использованием ПИ-регулятора для коррекции смещения сигналов. Использование скользящего режима существенно улучшает динамические показатели системы, а замкнутая система компенсации постоянной составляющей выходного сигнала интегратора имеет малое время переходного процесса. К недостаткам следует причислить тот факт, что предложенные варианты решений базируются на использовании известной величины статорного тока, а также задающей величины потокосцепления, что используется для расчета его составляющих. Это не является корректным в тех условиях, когда система управления не устраняет статическую ошибку регулирования полностью, что характерно для систем прямого управления моментом. В [10] представлен наблюдатель замкнутого типа с использованием расширенного фильтра Калмана. Такой подход характеризуется высокими требованиями к вычислительным способностям микропроцессорной системы управления электроприводом, поскольку содержит громоздкие математические вычисления.

Постановка задачи. Проанализировать точность существующих способов идентификации вектора потокосцепления асинхронного двигателя при работе на низких угловых скоростях. Предложить реализацию способа, имеющего повышенную устойчивость при работе в широком диапазоне регулирования.

Изложение материала и результаты. Существует несколько систем идентификации статорных потокосцеплений машины, которые не используют обратные связи, но в то же время способны устранить те недостатки, которые свойственны идентификаторам с использованием чистых интеграторов. В общем случае, такое решение предусматривает использование фильтра низкой частоты (ФНЧ) в качестве замены блокам интегрирования для оценки величин составляющих вектора потокосцепления. Существует несколько модификаций подобного способа идентификации, которые являются простейшими способами косвенного оценивания неизменяемых переменных состояния привода. Поскольку замена интегратора на ФНЧ приводит к значительным погрешностям, как в амплитуде, так и в фазе оцениваемого сигнала (рис. 1) при работе в области низких частот, то для реализации качественного бездатчикового управления следует выполнять компенсацию этих искажений.





2

Рис. 1. Оценка составляющей вектора потокосцепления с использованием фильтра низкой частоты: *a* - при частоте питания статора 50 Гц; *б* - при частоте питания статора 1 Гц; 1 - кривая реального значения величины; 2 - кривая, полученная косвенно в результате оценивания

Рассмотрим возможные пути выполнения коррекции амплитуды и частоты оцениваемого сигнала. К ним следует отнести использование ФНЧ первого порядка с фиксированным значением полюса, который включает в себя алгоритм компенсации ошибки оценивания; несколько последовательно включенных ФНЧ с адаптивно подстраиваемыми значениями полюсов для получения нулевой фазовой ошибки составляющих вектора потокосцепления, включающий алгоритм коррекции амплитудной ошибки; а также программируемые ФНЧ, величины полюсов которых выбираются равными или кратными частоте статорного напряжения с использованием компенсации амплитудной и фазовой ошибки.

На рис. 2 представлена структура модифицированного интегратора для определения составляющих вектора статорного потокосцепления.

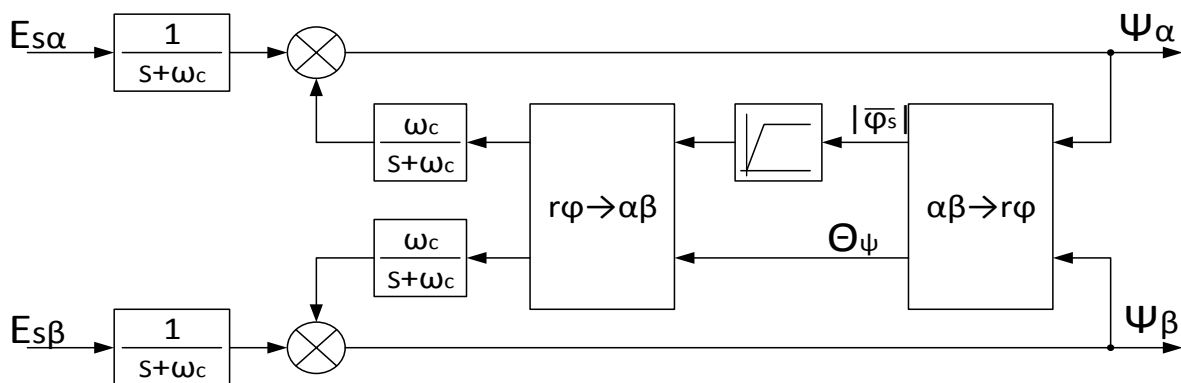


Рис. 2. Оценка составляющих вектора потокосцепления с использованием корректирующей составляющей ограниченной величины

Проекция этого вектора, получаемые в системе, переводятся из неподвижной относительно статора декартовой системы координат $\alpha\beta$ в полярную систему $r\varphi$. Величина амплитуды потокосцепления ограничивается с помощью нелинейного блока насыщения, после чего выполняется обратное координатное преобразование из полярной системы в декартовую.

Такая модификация приводит к тому, что точность идентификации потокосцепления зависит от выбора величины ограничения в блоке насыщения.

В случае, если двигатель работает с законом частотного регулирования, предусматривающем постоянство магнитного потока, то точная настройка представленного интегратора не представляет сложности. Однако, есть немало механизмов, требования к электроприводу которых удовлетворяются путем изменения уровня потокосцепления. Если при этом величина ограничения остается постоянной, это приводит к снижению точности косвенного оценивания.

Для устранения указанного недостатка система может быть дополнена адаптивным регулятором, основывающемся на ортогональности векторов потокосцепления и противоЭДС в уста-

где $\bar{\psi}_s, \bar{\psi}_r$ - векторы статорного и роторного потокосцеплений; \bar{u}_s, \bar{i}_s - векторы статорного напряжения и тока; L_s, L_m, L_σ - индуктивности статора, намагничивания и рассеяния, соответственно; R_s - активное сопротивление статора; T_r - постоянная времени ротора.

Для анализа работы наблюдателя со скользящим режимом была разработана математическая модель в среде Matlab/Simulink.

Проведенные исследования (рис. 5) показали, что точность оценивания составляющих вектора потокосцепления при работе в диапазоне 1:20 не превышает 1,7%, а в диапазоне 1:200-6,1%.

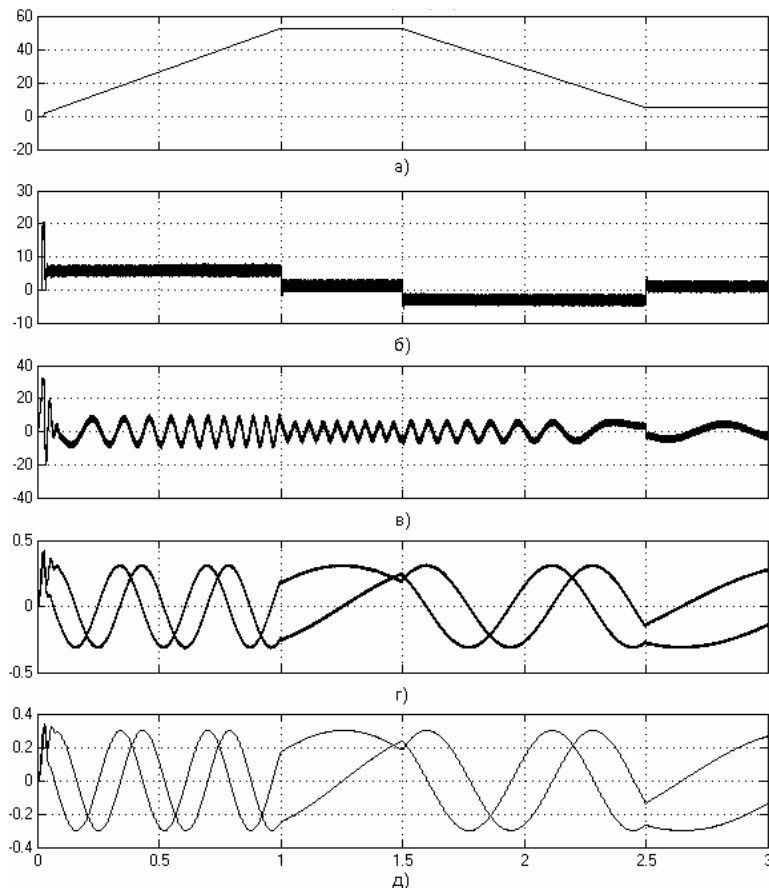


Рис. 5. Результаты моделирования системы бездатчикового векторного управления асинхронным двигателем с использованием наблюдателя потокосцепления со скользящим режимом: *а* - график угловой скорости; *б* - график электромагнитного момента; *в* - график статорного тока; *г* - график составляющих потокосцепления статора; *д* - график составляющих потокосцепления ротора

Выводы и направление дальнейших исследований. Использование наблюдателей потокосцепления на основе «напряженческой модели» невозможно при работе в зоне низких угловых скоростей из-за насыщения интегратора, вызванного наличием дрейфа нуля в аналоговой части системы привода.

Замена блоков интегрирования на фильтры низкой частоты сокращает диапазон регулирования, поскольку нуждается в корректировании вектора потокосцепления, получаемого в результате проведения процедур идентификации.

Использование наблюдателя потокосцепления со скользящим режимом позволяет обеспечить необходимую точность оценивания неизмеряемых переменных состояния привода. К преимуществам предложенного подхода следует отнести нечувствительность к наличию ошибок в оценивании угловой скорости, что особенно важно для бездатчиковых приводов.

Список литературы

1. Пивняк Г.Г., Волков А.В. Современные частотно-регулируемые электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. Монография. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2006. – 470 с.

2. Пересада С.М., Дымко С.С. Прямое векторное управление моментом асинхронных двигателей с максимизацией соотношения момент-ток // Электромеханические и энергосберегающие системы. – Кременчук: КрНУ, 2011. – Вып. 3, 2011, С. 16-20.

3. Козакевич І.А., Шкурко Д.О. Дослідження адаптивних систем з задаючою моделлю для бездатчикового векторного керування асинхронним двигуном при роботі на низькій швидкості // Вісник Криворізького технічного університету, Вип. 29, 2011 р.

4. Пересада С.М., Ковбаса С.Н., Бовкунович В.С. Экспериментальное тестирование адаптивного к вариациям активного сопротивления роторной цепи наблюдателя потокоцепления асинхронного двигателя // Праці Інституту електродинаміки НАН України, 2010, №25, С. 68-71.

5. Stojic D., Milinkovic M., Veinovic S., Klasnic I. Improved stator flux estimator for speed sensorless induction motor drives // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 30, Iss. 4, 2015, pp. 2363-2371.

6. Hu J., Wu B. New integration algorithms for estimating motor flux over a wide speed range // IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 13, 1998, pp. 969-977.

7. Hinkkanen M., Luomi J. Modified integrator for voltage model flux estimation of induction motor // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 50, 2003, pp. 818-820.

8. Orłowska-Kowalska T., Dybkowski M. Stator-current-based MRAS estimator for a wide range speed-sensorless induction-motor drive // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 57, 2004, pp. 1296-1308.

9. Lascu C., Andreescu G.D. Sliding-mode observer and improved integrator with DC-offset compensation for flux estimation in sensorless-controlled induction motor // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 53, 2006, pp. 785-794.

10. Barut M., Bogosyan S., Gokasan M. Speed-sensorless estimation for induction motors using extended Kalman filters // IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 54, 2007, pp. 272-280.

Рукопись поступила в редакцию 28.03.14

УДК 621.313.2

В.А. ВЛАСЕНКО, асистент, О.В. ІЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ВПЛИВ ВЗАЄМОІНДУКЦІЇ ФАЗ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ДВИГУНА НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ

Здійснено якісний та кількісний аналіз впливу явища взаємоіндукції фаз вентильно-індукторного двигуна на його електромеханічні характеристики на основі математичного моделювання із застосуванням програмного пакету Matlab. Розроблено рекомендації щодо ефективної схеми ввімкнення фаз обмотки вентильного індукторного двигуна.

Ключові слова: взаємоіндукція, вентильно-індукторний двигун, схема ввімкнення

Актуальність роботи. За останній час вентильно-індукторні двигуни (ВІД) набувають активного розвитку, що передбачає здійснення поглиблених досліджень складних електромагнітних та механічних процесів при їх роботі.

Отримані результати теоретичних досліджень мають прикладне значення, так як дозволяють підвищити енергетичні та експлуатаційні характеристики машин.

Один з мало досліджених процесів роботи ВІД обумовлений явищем взаємоіндукції, яке проявляється як вплив магнітного потоку котушки однієї фази на потокозчеплення іншої фази.

Мета роботи. Метою даної роботи є виявлення характеру впливу взаємної індуктивності фаз на електромеханічні властивості індукторного двигуна, а також розробка відповідних рекомендацій для ефективного використання цього явища в процесі експлуатації машини.

Матеріали дослідження. У роботі [1] виконано дослідження явища взаємної індуктивності фаз вентильно-індукторної машини на основі польового підходу.

Під час даного дослідження встановлено ряд положень: найбільше значення взаємної індуктивності мають суміжні фази; взаємоіндукція проявляється більшою мірою при збільшенні числа полюсів статора; значення взаємної індуктивності складає 5-12 % відносно власної індуктивності фази залежно від конфігурації магнітної системи машини.

Взаємоіндукція суміжних фаз може бути представлена аналітичною залежністю у вигляді ряду Фур'є

$$M_{kj} = \sum_{i=0}^N M_i \cos \left[ipz_2 \theta - \frac{\pi(2k-1)}{m} + (k-j) \frac{\pi(z_1 - z_2)}{z_1} \right] \quad (1)$$

де k, j - номери фаз, причому $j = k \pm 1$, так як розглядаються суміжні фази; N - кількість гармонік ряду Фур'є; i - номер гармоніки; p - кількість пар полюсів на фазу; θ - кут положення ротора; m - кількість фаз; z_1, z_2 кількість полюсів статора і ротора відповідно; M_i - амплітуда i -ї гармоніки.

Система диференціальних рівнянь [2], що описують електромеханічні процеси індукторного двигуна, з урахуванням взаємоіндукції суміжних приймає вигляд

$$\begin{cases} u_k = Ri_k + L_k(\theta, i_k) \frac{di_k}{dt} + \omega \frac{\partial L_k(\theta, i_k)}{\partial \theta} i_k \pm M_{kj}(\theta, i_j) \frac{di_j}{dt} \pm \omega \frac{\partial M_{kj}(\theta, i_j)}{\partial \theta} i_j; \\ M_e = \frac{\partial L_k(\theta, i_k)}{\partial \theta} \cdot \frac{i_k^2}{2} \pm \frac{\partial M_{kj}(\theta, i_j)}{\partial \theta} \cdot \frac{i_j^2}{2}; \quad \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} \cdot (M_e - M_c); \quad \frac{d\theta}{dt} = \omega, \end{cases} \quad (2)$$

де $k=1 \dots m$ - номер фази; $j = k \pm 1$ - номери фаз, суміжних з k -ю фазою; u_k, i_k - відповідно напруга та струм k -ї фази; R - активний опір обмотки; L_k - власна індуктивність k -ї фази; M_{kj} - взаємоіндукція між фазами k та j ; M_e - електромагнітний момент двигуна; M_c - статичний момент навантаження; J - момент інерції; ω - кутова частота обертання ротора.

У наведеній системі рівнянь знак «+» перед останніми двома доданками першого рівняння та останнім доданком другого відповідає узгодженому з'єднанню суміжних фаз, тобто такому їх взаємному включенню при якому їх магнітні потоки направлені в одному напрямі.

Реалізувати такий режим роботи, при якому власний магнітний потік фази та створений суміжною фазою потік співпадають за напрямом в полюсі статора, можливо у випадку різноіменного ввімкнення суміжних фаз до джерела живлення.

На рис. 1 схематично показано при такому з'єднанні фазних обмоток напрями власних потоків фаз (суцільні лінії) та потоків наведених суміжними фазами (штрихові лінії) на прикладі трифазної машини конструкції $6/4$.

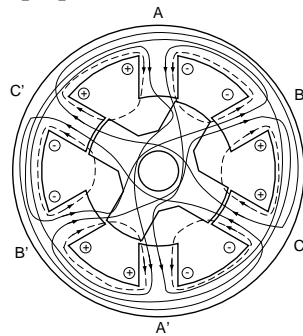


Рис. 1. Власні та наведені від суміжних фаз магнітні потоки

Відповідно до наведеної вище системи рівнянь розроблена та побудована імітаційна модель індукторного двигуна конфігурації $6/4$ у віртуальному середовищі **Simulink** програмного пакету **Matlab**, зображення якої показано на рис. 2.

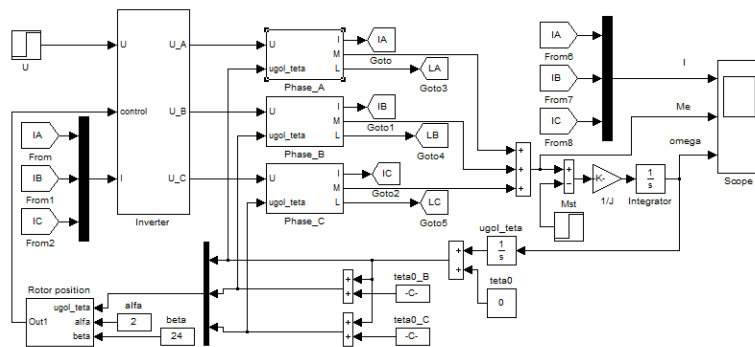


Рис. 2. Імітаційна модель ВІД з урахуванням взаємоіндукції фаз

Параметри зразка двигуна відповідають представленим у джерелі [3].

На рис. 3 наведено структуру блоку, що виконує функцію однієї фази машини.

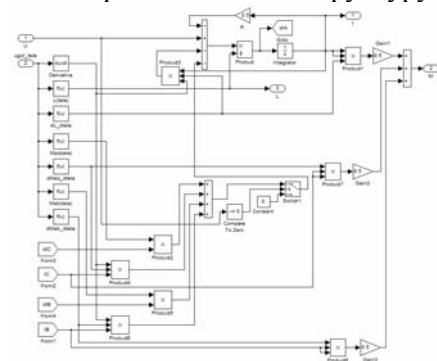


Рис. 3. Модель фази індукторного двигуна

У результаті обчислювального експерименту за допомогою розробленої моделі знято механічні характеристики індукторного двигуна для зустрічного та узгодженого ввімкнення суміжних фаз.

Отримані результати наведено на рис. 4.

Крива 1 відповідає узгодженому ввімкненню суміжних фаз, тобто різноіменному приєднанню обмоток до джерела, крива 2 - зустрічному, при якому обмотки ввімкнені одночасно.

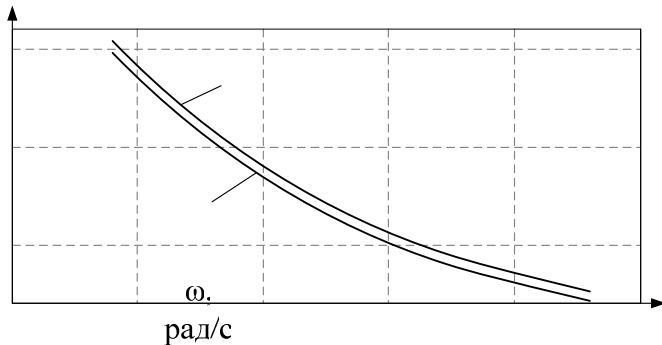


Рис. 4. Механічні характеристики ВІД

У більшості джерел, наприклад [4], представлено схему ввімкнення фаз індукторного двигуна, за якої фази з'єднуються з джерелом живлення одночасно, тобто полярність обмоток усіх фаз однакова.

Аналізуючи вплив взаємоіндукції на характеристики двигуна, можна зробити висновок, що така схема являється менш ефективною, ніж різнофазне з'єднання фаз, при якому потужність на валу двигуна збільшується на 4-5 %.

Висновки. У даній роботі розроблено математичну модель вентильного індукторного двигуна з урахуванням взаємної індуктивності фаз. За допомогою імітаційного моделювання доведено ефективність різнофазного вмикання до джерела живлення суміжних фаз з точки зору врахування явища взаємоіндукції.

Список літератури

1. **Власенко В.А.** Дослідження взаємоіндукції фаз вентильно-індукторного двигуна // Вісник НТУ ХП. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів, 2010 – №55, с. 3-8.
2. **Голландцев Ю.А.** Вентильные индукторно-реактивные двигатели. - СПб.: ГНЦ РФ - ЦНИИ «Электроприбор», 2003. - 148 с. 150
3. **Krishnan Ramu.** Switched reluctance motor drives: modeling, simulation, analysis, design, and applications. - Boca Raton London New York Washington, D.C., 2001. – 416 p.
4. **Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А.** Вентильно-индукторные двигатели. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 70 с.

Рукопис подано до редакції 18.03.14

5

10

15

20

УДК 658.011.56

В.О. КОНДРАТЕЦЬ, канд. техн. наук, проф., О.М. СЕРБУЛ, канд. техн. наук, доц.
Кіровоградський національний технічний університет

СТОХАСТИЧНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СПІВВІДНОШЕННЯМ ТВЕРДЕ/РІДКЕ ПРИ ПОДРІБНЕННІ РУДИ З ЦИРКУЛЮЮЧИМИ ПІСКАМИ

Розглянуто умови забезпечення необхідної точності ідентифікації співвідношення тверде/рідке у стохастичній системі автоматичного керування цим параметром.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Україна належить до розвинутих країн по виробництву залізорудної сировини для металургійної промисловості.

Особливістю залізних руд є низький вміст корисного компоненту, що передбачає їх збагачення. Одним з енерго- і матеріалоємних процесів при цьому є подрібнення руд, на яке приходить до 50 % всіх енергетичних витрат. Найвища ефективність подрібнення руди в кульових млинах досягається лише при підтриманні певного значення співвідношення тверде/рідке.

З розгляду вирішення даної задачі видно, що вона залишається до кінця не розв'язаною. Тому не виконуються умови напряму “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі”, передбаченого Законом України “Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки”.

Зважаючи на це в Кіровоградському національному технічному університеті була започаткована наукова тема “Комп'ютерно-інтегрована система автоматичного регулювання співвідношення руда/вода в кульових млинах з циркулюючим навантаженням” (0105U008334), матеріали виконання якої покладені в цю публікацію.

Оскільки дану статтю спрямовано на розв'язання поставлених задач, її тема є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. Для автоматичного підтримання заданого співвідношення тверде/рідке в кульовому млині, що працює в замкнутому циклі з механічним спіральним класифікатором, розроблялось ряд пристроїв, однак за різними причинами їх реалізувати не можливо. Для розв'язання даної задачі запропонована стохастична система автоматичного регулювання розрідження пульпи, однак умови її роботи не досліджувались.

Постановка завдання. Метою даної роботи є встановлення умов забезпечення необхідної точності ідентифікації співвідношення тверде/рідке в стохастичній системі автоматичного керування даним параметром.

Викладення матеріалу та результати. Функціональну схему запропонованої стохастичної системи автоматичного керування (САК) співвідношенням тверде/рідке у кульовому млині показано на рис. 1.



Рис. 1. Функціональна схема стохастичної системи автоматичного керування співвідношенням тверде/рідке у кульовому млині

Тут узагальненим регульованим об'єктом (УРО) виступає магістраль подачі води (МІВ) в млин з датчиком витрати води ДВ та регульовальним органом РО. В якості інформаційного

засобу прийнятий блок ідентифікації співвідношення тверде/рідке БІС, на вхід якого надходить інформація про вміст вологи в пісках K_n , густину твердого δ_p , витрату води в пісковий жолоб $Q_{вж}$, витрату пульпи Q_n в ньому, витрату руди Q_p , витрату води в млин Q_e та враховується густина води δ_e . На базі цих даних в БІС за алгоритмом

$$K_{(m/p)\phi} = \frac{A(K_n, \delta_p) \cdot (Q_n - Q_{вж}) + Q_p}{\delta_e \cdot (Q_e + Q_{вж}) + K_n [A(K_n, \delta_p) \cdot (Q_n - Q_{вж})]}, \quad (1)$$

формується сигнал про фактичне значення співвідношення тверде/рідке $K_{(m/p)\phi}$ на вході в кульовий млин. Воно порівнюється з заданим значенням $K_{(m/p)\phi}$ і сигнал неузгодження $\Delta K_{m/p}$ діє на вхід автоматичного регулятора АР, який шляхом зміни витрати води Q_e забезпечує необхідне розрідження пульпи в технологічному агрегаті.

У результаті дії внутрішніх і зовнішніх перешкод змінні Q_p, Q_n і Q_e є випадковими процесами. Оскільки перешкоди накладаються на корисні сигнали, то вихідна величина даної системи також буде випадковим процесом [1]. Випадковим процесом буде і керуюче діяння $\Delta K_{m/p}$. Зважаючи на те, що САК співвідношення тверде/рідке знаходиться під впливом випадкових діянь, її слід досліджувати статистичними методами. В таких системах критерієм якості є середньоквадратична похибка [2].

Враховуючи те, що випадковий процес формується в інформаційній частині системи, дослідимо блок ідентифікації співвідношення тверде/рідке (БІС). Він має шість входів і один вихід. На три входи подаються незмінні сигнали - $Q_{вж}, K_n, \delta_p$. Інші три величини мають перешкоди і змінюються як випадкові функції часу - це Q_e, Q_p, Q_n . Таким чином, БІС являє собою багатоканальну динамічну систему, яка в загальному випадку має кілька вхідних функцій, по яким необхідно отримати кілька функцій на виході [3]. Рахуючи БІС лінійною системою, вихідні функції $Y_j(t)$ можна визначити через вхідні функції $X_i(t)$ у вигляді співвідношення [3]

$$Y_j(t) = \sum_{i=0}^n \int_0^t l_{ji}(t_1 t_1) X_i(t_1) dt_1, \quad (2)$$

де t - верхня границя інтегрування, що відповідає умовам, коли надходження реалізацій випадкових функцій $X_i(t)$ розпочинається одночасно з ввімкненням системи; n - число вхідних величин; $l_{ji}(t_1 t_1)$ - вагові функції, які у випадку стаціонарних систем дорівнюють $l_{ji}(t-t_1)$. Формула (2) показує, що для кожного виходу системи необхідно визначити n вагових функцій $l_{ji}(t_1 t_1)$, а вся їх сукупність для багатоканальної системи такого виду з m виходами складає nm .

У конкретному випадку маємо багатоканальну систему, коли різні вхідні величини використовують для отримання з найбільшою точністю однієї вихідної величини. Тоді залежність (2) стане більш простішою. В цілому для БІС необхідно враховувати і той факт, що серед вхідних сигналів є як випадкові функції часу, так і незмінні в часі константи. Тому розглянемо проход-

ження через *BIC* будь-яких сигналів. Оскільки *BIC* є лінійною системою і здійснює лінійні перетворення над кожною з вхідних величин, для нього справедливий принцип суперпозиції.

Відповідно з принципом суперпозиції лінійному поєднанню будь-яких вхідних сигналів відповідає та ж лінійна комбінація відповідних вихідних сигналів. Це дозволяє розглядати окремо ефект впливу на вихідну величину *BIC* випадкових функцій часу і констант, які в часі не змінюються.

Для визначення впливу випадкових функцій часу на вихідну величину *BIC* перетворимо залежність (2) у відповідності з однією вихідною величиною. Вона прийме вигляд

$$K_{(m/p)BB\Sigma} = \int_0^t l_p(t_1 t_1) Q_p(t) dt + \int_0^t l_n(t_1 t_1) Q_n(t) dt + \int_0^t l_e(t_1 t_1) Q_e(t) dt, \quad (3)$$

де $l_p(t_1 t_1), l_n(t_1 t_1), l_e(t_1 t_1)$ - відповідно вагові функції по витраті руди, пульпи у пісковому жолобі та води у кульовий млин.

Враховуючи, що вагова функція дорівнює зворотному лапласівському зображенню передавальної функції динамічної системи, знайдемо їх для *BIC* по кожній вхідній величині. *BIC* реалізує алгоритм ідентифікації, який полягає у виконанні арифметичних операцій. Якщо він реалізований на аналогових безінерційних елементах, то являє собою підсилювальну ланку, яка характеризується передавальним коефіцієнтом по кожній вхідній величині - $K_{Q_p}, K_{Q_n}, K_{Q_e}$. Оскільки для підсилювальних ланок передавальні коефіцієнти дорівнюють передавальним функціям, а їх зворотні лапласівські зображення - передавальним коефіцієнтам, вагові функції у (3) відповідно будуть дорівнювати - $K_{Q_p}, K_{Q_n}, K_{Q_e}$. Зважаючи на те, що передавальні коефіцієнти лінійних елементів є величинами незмінними і що сталі можна виносити за знак інтеграла, рівняння (3) подамо у вигляді

$$K_{(m/p)BB\Sigma} = K_{Q_p} \int_0^t Q_p(t) dt + K_{Q_n} \int_0^t Q_n(t) dt + K_{Q_e} \int_0^t Q_e(t) dt. \quad (4)$$

Оскільки інтегрування та множення на сталу є лінійними операціями, в (5) праворуч будемо мати три нові випадкові функції, які однозначно характеризуються вхідними випадковими процесами.

Виходячи з принципу суперпозиції та його умови про те, що сумі будь-яких кількох вхідних збурень відповідає сума відповідного числа вихідних змінних [4], можна визначити результуючий вплив вхідних змінних констант на вихідний сигнал *BIC*. Він буде дорівнювати

$$K_{(m/p)BK\Sigma} = K_{Q_{вж}} Q_{вж} + K_{K_n} K_n + K_{\delta_p} \delta_p, \quad (5)$$

де $K_{Q_{вж}}, K_{K_n}, K_{\delta_p}$ - відповідно передавальні коефіцієнти по витраті води в пісковий жолоб класифікатора, вмісту вологи в пісках класифікатора, густині руди.

Отже, можна стверджувати, що вихідний сигнал *BIC* містить постійну складову, яка характеризує вплив витрати води в пісковий жолоб, вмісту вологи в пісках класифікатора та густини руди, і три випадкових процеси, еквівалентні дії випадкових функцій часу на вході - зміни витрати руди $Q_p(t)$, пульпи $Q_n(t)$ та води $Q_e(t)$.

Випадкові процеси на вході *BIC* формуються незалежно один від одного, вони фізично ніяк не зв'язані один з одним, тому є незалежними. Враховуючи, що математичне сподівання інтеграла від випадкової функції дорівнює інтегралу від її математичного сподівання [5], відповідно для випадкових функцій (4) можливо по математичним сподіванням вхідних сигналів $Q_p(t), Q_n(t), Q_e(t)$ знайти їх математичні сподівання $m_p(t), m_n(t), m_e(t)$. Оскільки при додаванні до випадкової функції не випадкового доданка до її математичного сподівання додається та ж не випадкова величина [5], усталене значення вихідного сигналу на виході *BIC* можна подати як суму

$$K_{(m/p)\phi} = K_{(m/p)BK\Sigma} + m_p(t) + m_n(t) + m_e(t). \quad (6)$$

Ця не випадкова величина $K_{(m/p)\phi}$ характеризує сигнал на виході *BIC* і може бути знайденою за відповідними передавальними коефіцієнтами, незмінними в часі сигналами на вході та математичними сподіваннями випадкових функцій $Q_p(t), Q_n(t), Q_e(t)$.

Дисперсія сигналу $K_{(m/p)\phi}$ (6) характеризує похибку ідентифікації співвідношення тверде/рідке, вона в основному викликана випадковими процесами на вході БІС. Дисперсії складових вихідного сигналу БІС можна отримати по їх кореляційним функціям. Кореляційна функція суми некорельованих випадкових функцій дорівнює сумі кореляційних функцій складових [6].

Оскільки випадкові процеси на виході БІС являють собою інтеграли від відповідних вхідних випадкових функцій (4), то кореляційні функції складових вихідного сигналу можна отримати шляхом подвійного інтегрування кореляційної функції вхідних випадкових функцій [5]. Тоді результуюча кореляційна функція вихідного сигналу БІС буде дорівнювати

$$K_{K_{(m/p)}}(t_1 t^1) = K_p(t_1 t^1) + K_n(t_1 t^1) + K_e(t_1 t^1), \quad (7)$$

де $K_p(t_1 t^1)$, $K_n(t_1 t^1)$, $K_e(t_1 t^1)$ - відповідно кореляційні функції складових вихідного сигналу БІС.

Поклавши у виразі (7) $t=t^1$, отримаємо дисперсію вихідного сигналу БІС. Складові дисперсії залежать не лише від дисперсій вхідних випадкових процесів, а і від параметрів їх кореляційних функцій.

Таким чином, знаючи кореляційні функції вхідних випадкових процесів, можливо оцінити дисперсію вихідного сигналу БІС, яка характеризує точність ідентифікації співвідношення тверде/рідке на вході у кульовий млин.

Модель БІС отримана при допущенні, що система ідентифікації співвідношення тверде/рідке є лінійною. Зважаючи на це, необхідно перевірити її на лінійність.

Оцінка степені нелінійності достатньо складна і значно ускладнюється для багатовимірних систем, а строга перевірка гіпотези лінійності відпрацьована практично лише для систем з однією вхідною і вихідною величинами і, як правило, вимагає проведення експерименту [1].

Зважаючи на це, здійснимо перевірку на лінійність безпосередньо по виду статичних характеристик БІС.

Визначимо статичні характеристики БІС відповідно алгоритму ідентифікації (1).

Статичні характеристики БІС отримувалися в процесі комп'ютерного моделювання технологічного процесу подрібнення в кульовому млині МШЦ. Моделювання здійснювалося стосовно робочої точки на характеристиках, яка відповідає показникам: $Q_p=66,7$ кг/с; $K_{p/\phi}$ 4,3; $K_n=0,12$; $\delta_p=3300$ кг/м³; $Q_{\text{вжс}}=6,8$ кг/с; $Q_{\text{ци}}=125\%$ Q_p ; $\delta_e=1000$ кг/м³; $Q_e=18,1 \cdot 10^{-3}$ м³/с.

Залежності співвідношення тверде/рідке на вході кульового млина від масової витрати руди в усталеному режимі при різних значеннях циркулюючого навантаження, якому надавались рівні - 50; 100; 150 % номінального навантаження млина $Q_p = 66,7$ кг/с, наведено на рис. 2.

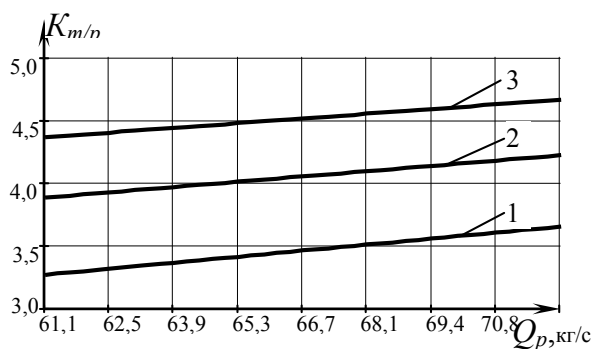


Рис. 2. Залежність співвідношення тверде/рідке $K_{m/p}$ від масової витрати руди Q_p в кульовий млин в усталеному режимі роботи при різних значеннях циркулюючих навантажень: 1 - 50%; 2 - 100%; 3 - 150%

З рис. 2 видно, що при всіх циркулюючих навантаженнях співвідношення тверде/рідке зростає лінійно при збільшенні витрати руди в млин.

Із залежностей, зображених на рис. 3, витікає, що співвідношення тверде/рідке лінійно змінюється від витрати води в пісковий жолоб

класификатора і густини руди при будь-яких значеннях циркулюючого навантаження.

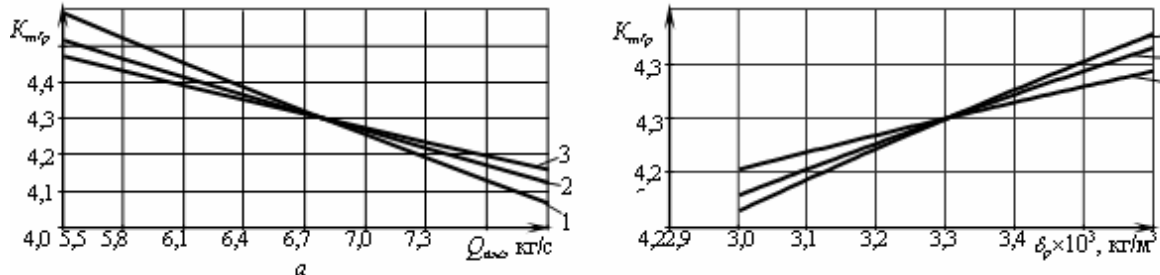


Рис. 3. Залежність співвідношення тверде/рідке $K_{m/p}$ від витрати води в пісковий жолоб $Q_{\text{вжс}}$ (а) і густини твердого δ_p (б) в усталеному режимі роботи при різних циркулюючих навантаженнях: 1 - 50%; 2 - 100%; 3 - 150%

Статичні характеристики *BIC* по зміні об'ємної витрати пульпи в піщовому жолобі класифікатора та води в кульовий млин при різній масовій витраті вихідної руди показані на рис. 4.

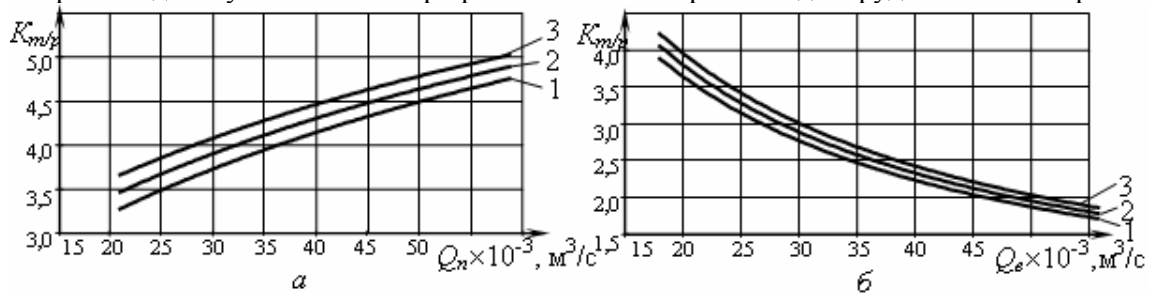


Рис. 4. Залежність співвідношення тверде/рідке $K_{m/p}$ від об'ємної витрати пульпи Q_n в піщовому жолобі класифікатора (а) і об'ємної витрати води Q_e в кульовий млин (б) в усталеному режимі роботи при різній масовій витраті вихідної руди: 1 - 61,1 кг/с; 2 - 66,7 кг/с; 3 - 72,2 кг/с

З даних графіків видно, що вихідна величина *BIC* під впливом цих параметрів змінюється нелінійно. Отже, блок ідентифікації співвідношення тверде/рідке в цілому є не строго лінійною системою.

Не чітко лінійні системи в певних межах допускають лінеаризацію.

Прийом наближеної лінеаризації диференціальних рівнянь широко використовують в теорії похибок динамічних систем.

Якщо випадкові функції на вході системи достатньо малі, то практично будь-яка система може розглядатися в межах цих малих відхилень як наближено лінійна [5].

Зважаючи на значні відхилення випадкових процесів, особливо $Q_n(t)$, від математичного сподівання, *BIC* не можливо визнати лінійною системою з наступною оцінкою дисперсії вихідного сигналу по отриманим залежностям.

Тому *BIC* необхідно розглядати як нелінійну систему перетворення інформації.

Дослідження нелінійних динамічних систем є значно більш складною задачею порівняно з дослідженням лінійних систем.

Здебільшого відпрацьовані підходи дослідження так званих “зведених нелінійних систем” і “незведених нелінійних систем”, однак *BIC* не може бути приведеним до таких систем, оскільки в ньому не можливо вичленувати лінійну і нелінійну частини [3].

Одна з можливостей ідентифікації нелінійних систем полягає у використанні дисперсійних методів, які оперують математичними сподіваннями, кореляційними і дисперсійними функціями [1].

Дані методи базуються на стаціонарності випадкових функцій, причому поняття стаціонарності в широкому розумінні недостатньо при ідентифікації нелінійних систем, додатково висуваються вимоги стаціонарності в дисперсійному розумінні [1].

Оскільки вихідний сигнал *BIC* містить інтеграли від вхідних випадкових функцій, а інтеграл від стаціонарної функції властивістю стаціонарності не володіє [3], в досліджуваній інформаційній системі умова стаціонарності не виконується і описати її з певним наближенням як нелінійну систему немає можливості.

Ще більш важливішою є задача забезпечення мінімуму середньої квадратичної помилки вихідного сигналу *BIC*. Такі задачі добре відпрацьовані в теорії лінійних систем автоматичного регулювання, що знаходяться під випадковими впливами [2].

Їх також реалізують в інформаційній техніці при кількох вхідних випадкових функціях [3].

У даному випадку забезпечити мінімум середньої квадратичної помилки вихідного сигналу *BIC* неможливо не стільки внаслідок нелінійності, скільки зважаючи на неможливість змінювати структуру і параметри *BIC*, які реалізують розроблений алгоритм ідентифікації співвідношення тверде/рідке.

Тому єдиним підходом підвищення точності визначення співвідношення тверде/рідке на вході у кульовий млин є вплив на характеристики випадкових процесів - фільтрація випадкових сигналів перед подачею на вхід *BIC*.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, забезпечити необхідну точність визначення співвідношення тверде/рідке на вході у кульовий млин можливо лише впливом на

характеристики випадкових процесів, тобто, фільтрацією випадкових сигналів перед подачею на вхід блока ідентифікації співвідношення.

Особливо це стосується сигналу витратоміра пульпи у піщовому жолобі та витратоміра вихідної руди.

Отримані результати досліджень відкривають перспективу розробки заходів фільтрації сигналів, що є випадковими процесами в даній системі, з метою забезпечення необхідної точності ідентифікації співвідношення тверде/рідке в кульовому млині, який працює у замкнутому циклі з механічним спіральним класифікатором.

Список літератури

1. Бессонов А.А. Методы статистического анализа погрешностей устройств автоматики / А.А. Бессонов, Л.З. Свердлов. - Л.: Энергия, 1974. – 144 с.
2. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления: [підруч. для студентів вищ. навч. закл.] / Зайцев Г.Ф., Стеклов В.К., Брицький О.І.; за ред. . – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
3. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций / Свешников А.А. – М.: Наука, 1968. – 464 с.
4. Певзнер Л.Д. Теория систем управления [учебн. пособие для студ. вузов] / Певзнер Л.Д. – М.: Изд-во МГТУ, 2002. – 470 с. (Высшее горное образование).
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
6. Пугачев В.С. Введение в теорию вероятностей / Пугачев В.С. – М.: Наука, 1968. – 368 с.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 621.316

Ю.Б. ФІЛІПП, М.М. МАКСИМОВ, кандидаты техн. наук, доц.,
О.В. КОВАЛЬ, магістрант, Криворізький національний університет

РЕЖИМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ СУБАБОНЕНТІВ НА ПІДСТАНЦІЯХ ПАТ «КРИВБАСЗАЛІЗРУДКОМ»

Розглянуто режими енергоспоживання активної та реактивної електроенергії на підстанціях ПАТ «Кривбасзалізрудком», які отримані за допомогою автоматизованої системи комерційного енергообліку, проаналізовані режими роботи насосних станцій субабонента ВАТ «Кривбасводоканал». Рекомендовано використовувати пристрої плавного пуску та перетворювачі частоти для насосних установок.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Від підстанцій виробничих підприємств міста живляться як самі підприємства, так різні субабоненти. Субабонентами зі значним споживанням електроенергії є такі, як електротранспорт, міські електромережі, міські водопровідні та каналізаційні насосні станції.

Підвищення вартості електроенергії ставить задачу оптимізації енергоспоживання не тільки перед підприємствами-власниками автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії, але й перед їхніми субабонентами.

Якщо виробничі підприємства активно використовують місячні і добові графіки активної, реактивної електроенергії та зведення, то субабоненти не завжди в змозі отримати таку інформацію. Це не дозволяє оперативно зреагувати на погіршення енергетичних і економічних показників.

Аналіз досліджень та публікацій. Для вирішення проблеми енергозбереження необхідно здійснювати пошук організаційних і технічних заходів переважно у централізованих вузлах мережі живлення без чіткого врахування особливостей формування кількісних і якісних показників енергоспоживання окремими енергоємними установками, тобто на технологічних рівнях. Субабоненти при модернізації електрообладнання починають використовувати регульований електропривод на основі тиристорних (транзисторних) перетворювачів малої та середньої потужності для насосних станцій, які дозволяють оптимізувати технологічні і енергетичні режими.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз особливостей режимів споживання активної і реактивної електроенергії на підстанціях, які живлять споживачів субабонентів, визначення

коефіцієнту потужності і економічне обґрунтування впровадження в експлуатацію компенсуючих пристроїв реактивної потужності.

Викладення матеріалу та результати. З метою аналізу режимів активної і реактивної потужності споживачів підстанцій насосних станцій ВАТ «Кривбасводоканал» були досліджені добові та місячні графіки активної та реактивної потужності.

На рис. 1 наведено графіки активної і реактивної потужностей водопровідної насосної станції ВНС №1 за 18 грудня 2013 р., а на рис. 2 - графік коефіцієнта потужності $\cos\phi$. Як видно з наведених графіків, споживання реактивної потужності на підстанції водопровідної насосної станції становить значну величину, тому коефіцієнт потужності нижче оптимальних значень (0,95 - 0,98).

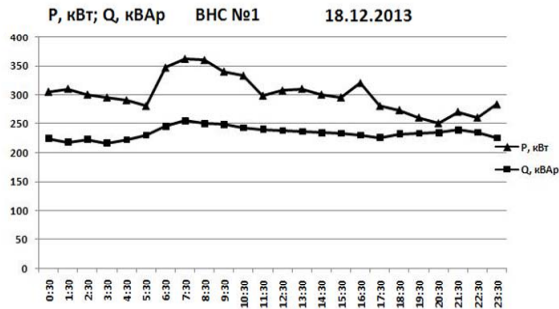


Рис. 1. Графіки активної і реактивної потужності на підстанції ВНС №1

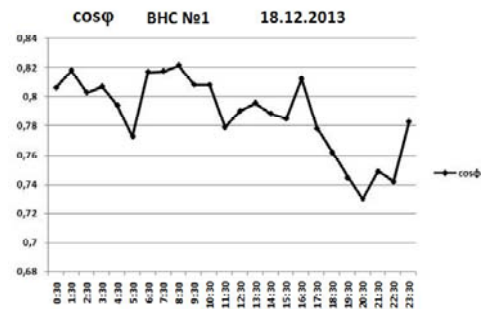


Рис. 2. Графік коефіцієнта потужності на підстанції ВНС №1

Також видно, що збільшення споживання води у ранішні години призводить до збільшення споживаної активної потужності. Зменшення реактивної потужності у вечірні години незначне, тому можна спостерігати значне зниження коефіцієнта потужності (див. рис. 2) підстанції ВНС №1. Тому з метою енергозбереження необхідно проводити аналіз режимів енергоспоживання кожного споживача на своїй підстанції з метою визначення споживача підвищеної реактивної потужності та розробки відповідних заходів для її зниження.

Також було проаналізовано енергоспоживання на каналізаційній підстанції КНС №7 за 18 грудня 2013 р.

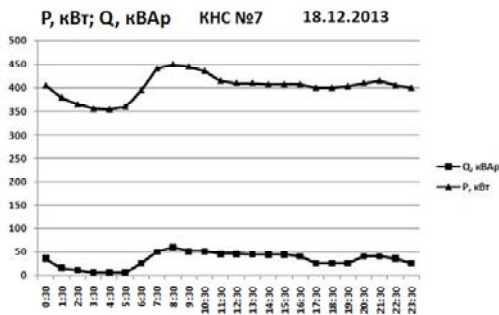


Рис. 3. Графіки активної і реактивної потужності на підстанції КНС №78

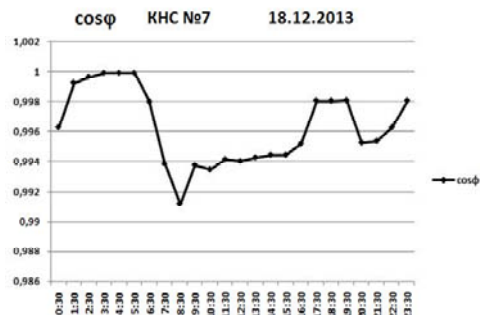


Рис. 4. Графік коефіцієнта потужності на підстанції КНС №78

На рис. 3 наведено графіки активної і реактивної потужностей, а на рис. 4 - графік коефіцієнта потужності $\cos\phi$.

Як видно з наведених графіків, у ранішні години можна спостерігати підвищення споживання активної електроенергії через збільшення каналізаційних витоків. Але через якісне підтримання балансу реактивної потужності спостерігається високе значення коефіцієнта потужності, так і незначний діапазон його коливання (0,992-1,0).

Отже, правильне проектування системи енергопостачання і використання енергоефективного обладнання дозволяє зменшити вплив режимів роботи на енергетичні показники. При проведенні обстеження електро-обладнання водопровідних і каналізаційних насосних станцій ВАТ «Кривбасводоканал» встановлено, що для насосів використовується як нерегульований електропривод з асинхронними і синхронними електродвигунами, так і регульований електропривод з перетворювачами частоти Lenze з метою підтримання необхідного тиску у мережах

використовують для пуску насосів на каналізаційних станціях. при перекачуванні води. Також ці перетворювачі

Проведений аналіз використання перетворювачів для пуску асинхронних двигунів у інших регіонах і містах вказує на те, що з метою зменшення витрат на придбання такого обладнання, можна використовувати більш дешевші пристрої плавного пуску (ППП), які працюють на час пуску, а потім живлення здійснюється про прямому підключенню двигуна до живлячої мережі. Таким пристроєм плавного пуску можна запускати всі двигуни насосів станції.

Було проведено дослідження енергетичних показників електропривода насоса з прямим пуском і пуском через пристрій плавного пуску на базі тиристорного регулятора напруги (ТРН) шляхом моделювання у середовищі MATLAB. На рис. 5 наведено схему моделі електропривода насоса з ТРН.

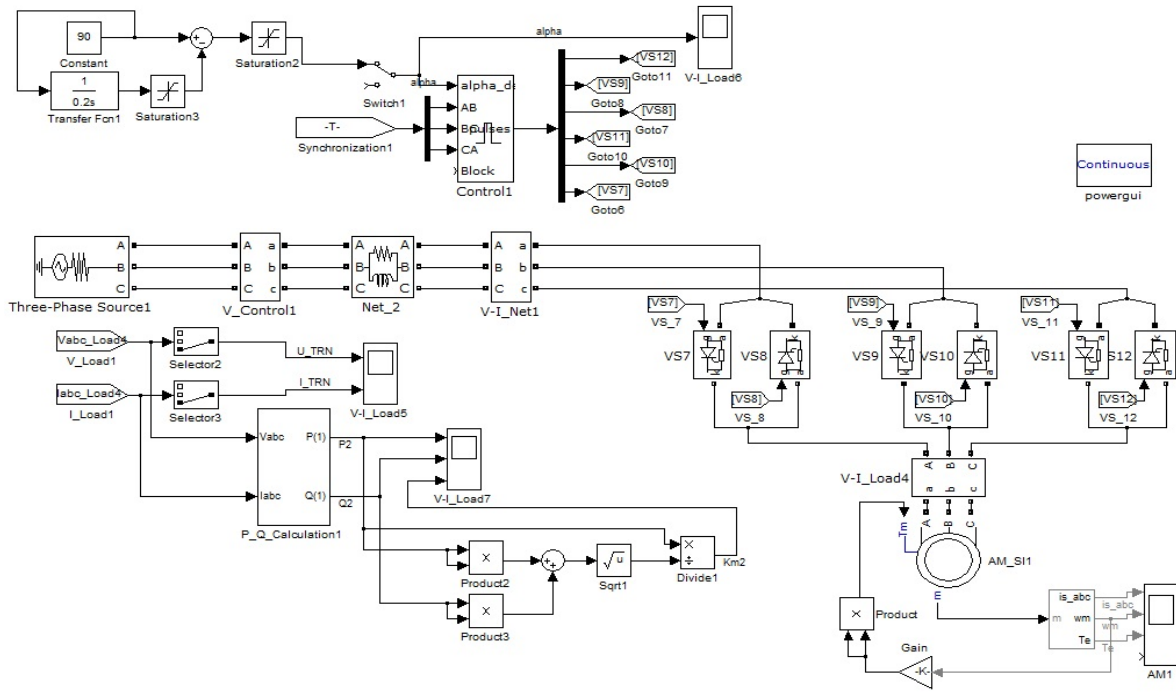


Рис. 5. Схема моделі електропривода насоса на підстанції КНС №78

На рис. 6 наведено графіки коефіцієнта потужності для випадків прямого пуску електропривода насосу і пуску за допомогою ТРН.

Як видно з наведених графіків використання ТРН для пуску дозволяє на 15-20 % зменшити накид споживання реактивної потужності і відповідно зменшити вплив на живлячу мережу.

Отже, використання перетворювачів частоти і тиристорних регуляторів дозволить зменшити вплив електроприводів насосів на живлячу мережу і підвищити їх енергетичні показники.

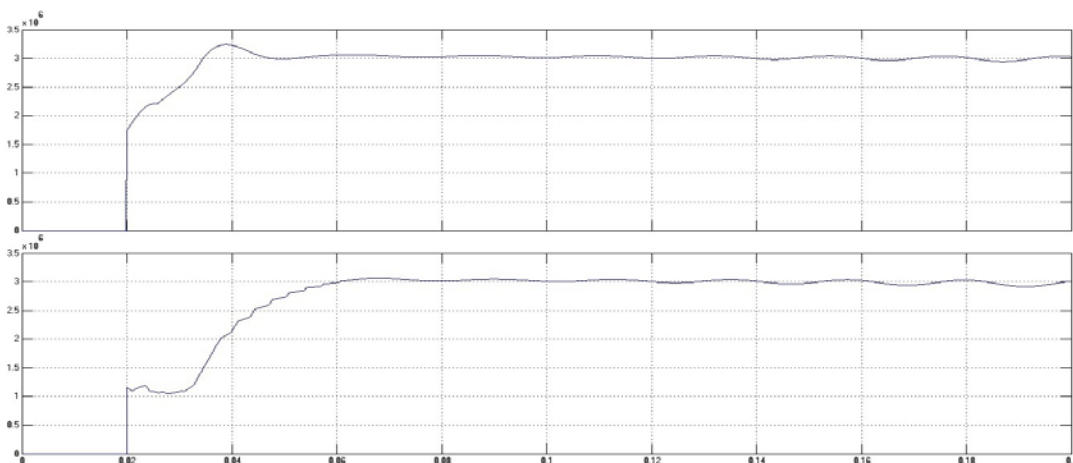


Рис. 6. Графік реактивної потужності за результатами моделювання для насоса підстанції КНС №78

Висновки та напрямок подальших досліджень. Постійний аналіз добових і місячних графіків споживаних активної і реактивної потужностей с вивченням питомих витрат на одиницю об'єму питних та стічних вод дозволить своєчасно виявляти порушення балансів потужностей та знизити втрати активної і реактивної електроенергії.

Впровадження перетворювачів частоти і пристроїв плавного пуску у мережах насосних станцій призведе до зменшення споживання реактивної потужності та поліпшення енергетичних показників електроприводів насосів.

Список літератури

1. **Закладний О.М., Праховнік А.В., Соловей О.І.** Энергозбереження засобами промислових електроприводів. Навч. посіб. – К.:Кондор,2005. – 408с.
2. **Коренькова Т.В.** Техничко-економическая оценка эффективности использования системы ТРН-АД в электроприводе насосных установок // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці ДПУ. –Кременчук: КДПУ. 2001. –Вип.2(11). –С.98 -101.
3. **Гаврилов П.Д.** Автоматизированный частотноуправляемый электропривод – основа энерго- и ресурсосбережения. www.energsovet.ru/stat65.html.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 621.926: 34.16

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук., проф., А.В. ПИКИЛЬНЯК, аспірант
Н.С. ПОДГОРОДЕЦКИЙ, И.В. КАСАТКИНА, кандидаты техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ГАЗОВЫХ ПУЗЫРЬКОВ ПО РАЗМЕРАМ В ПРОЦЕССЕ ФЛОТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ

Приведено описание метода, позволяющего эффективно управлять составом газовой фазы пульпы в процессе флотации с использованием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука.

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

Проблема и ее связь с практическими задачами. Флотация - наиболее широко используемый процесс разделения в обогащительной промышленности и является наиболее полной и универсальной операцией переработки минерального сырья. Важность флотационной технологии в глобальной экономике очень значительна. Грубая оценка количества измельченной руды, которая перерабатывается посредством флотации составляет около 9 млрд т в год [1].

Существующие методы и автоматические системы управления процессом флотации не позволяют эффективно управлять параметрами газовой фазы в условиях изменяющихся характеристик, параметров среды и состояния технологического оборудования.

Анализ исследований и публикаций. Для понимания физических процессов, определяющих флотацию необходимы точные данные о параметрах газовой фазы, из которых наиболее важными являются, размер и распределение пузырьков по размерам. Эти параметры сильно зависят от различных эксплуатационных, технических и физико-химических факторов, воздействие которых следует учитывать при моделировании процесса флотации [2].

Известно, что в процессе флотации для распределения частиц твердой фазы пульпы по крупности может существовать оптимальное распределение пузырьков газовой фазы по размерам. Тогда задача исследований состоит в формировании и поддержании заданного распределения газовых пузырьков по размерам, которое бы соответствовало распределению частиц измельченной руды по крупности. В противном случае, если размеры пузырьков будут значительно больше размеров частиц, гидродинамические потоки вблизи поверхности пузырька будут уносить частицы и тем самым препятствовать их присоединению к пузырьку, пузырьки же значительно меньших размеров не смогут поднять гидрофобные частицы руды к поверхности пульпы.

Цель исследований. Задачей исследований является усовершенствование метода формирования распределения газовых пузырьков по размерам в процессе флотации путем воздей-

вия на поток пульпы высокоэнергетического ультразвука на базе технологии ультразвуковых фазированных решеток.

Изложение материала и результаты. Для формирования необходимой функции распределения газовых пузырьков по размерам, которая бы совпадала с функцией распределения частиц твердой фазы пульпы по крупности в процессе флотации, предлагается, воздействовать на поток пульпы высокоэнергетическими ультразвуковыми колебаниями с заданными амплитудой и частотой, что приведет к изменению концентрации газовых пузырьков и перераспределению их по размерам. Характер этого перераспределения зависит от размеров самих пузырьков, частоты и амплитуды воздействующего излучения. Увеличивая частоту и амплитуду до значений, при которых начинается переходная кавитация, размеры пузырьков будут уменьшаться, за счет дробления более крупных пузырьков. При уменьшении амплитуды и частоты, пузырьки будут увеличиваться, за счет коалесценции более мелких пузырьков.

Для решения поставленной задачи предлагается формировать управляющее воздействие на основе динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука с использованием технологии фазированных решеток, главной особенностью которой являются управляемые компьютером амплитуда и фаза импульсов возбуждения отдельных пьезоэлементов в многоэлементном преобразователе для управления параметрами ультразвукового луча, например, углом, фокусным расстоянием, размером фокусного пятна посредством компьютерной программы.

С учетом изложенного в предлагаемом методе с помощью ультразвуковой фазированной решетки, закрепленной на внешней стенке камеры флотационной машины, в рабочей зоне машины, в каждый текущий момент времени генерируется высокоэнергетическое ультразвуковое воздействие с заданной частотой 0,7-2,5 МГц, (потому как значение ниже 0,7 МГц не дает стойкого эффекта изменения размера пузырьков, что вызвано экстремальным характером кавитационного воздействия, а значение выше 2,5 МГц уже не влияют на изменение необходимых показателей) и амплитудой давления $10^2-5 \cdot 10^6$ Па, (потому как значение ниже 10^2 Па недостаточно для эффективного управления газовой фазой, а значения выше $5 \cdot 10^6$ Па не дают прироста качественных показателей), сфокусировано на окно в междукламерной перегородке.

Газовые пузырьки, образовавшиеся на этапе аэрации, после диспергирования импеллером, подвергаются воздействию сфокусированного ультразвука, что приводит к изменению их концентрации и необходимого перераспределения по размерам в потоке пульпы.

Для точной фокусировки на окне в междукламерной перегородке необходимо произвести расчет параметров фазированной решетки и построить диаграмму ее направленности.

Вычислим давление ультразвука $p(x,y,z)$ путем моделирования группы пьезоэлементов и суммирования воздействий каждого элемента в каждой точке поля (x,y,z) , используя уравнение Релея-Зоммерфельда, которое может быть представлено в следующем виде [3]

$$p_i(x,y,z) = \sqrt{\frac{2W\rho}{cA}} \left(\frac{fS}{d} \right) e^{\left\{ \left(\phi - \frac{2\pi d}{\lambda} \right) i - d\alpha \right\}}, \quad (1)$$

где W - полная акустическая выходная мощность группы пьезоэлементов; ρ - плотность среды, c - скорость звука в среде; A - активная апертура преобразователя; f - частота; S - область; формируемая источником; d - расстояние от источника до точки (x,y,z) ; ϕ - фаза колебаний, λ - длина волны, и α - коэффициент затухания в среде.

Активная апертура может быть вычислена из формулы [4].

$$A = n \cdot e + g \cdot (n - 1), \quad (2)$$

где A - активная апертура; g - зазор между ближайшими элементами; e - ширина одного элемента (как правило $e < \lambda/2$); n - количество элементов.

Проекция активной апертуры на плоскость, перпендикулярную преломленным лучам (эффективная активная апертура A_{eff}) может быть представлена в следующем виде

$$A_{eff} = \frac{A \cdot \cos \beta_R}{\cos \alpha_I}, \quad (3)$$

Минимально необходимая активная апертура для получения достаточной фокусировки под максимальным преломленным углом может быть описана выражением

$$A_{\min} = 2 \left[\frac{F(v_R^2 - v_1^2 \cdot \sin^2 \beta_R)}{f \cdot v_R \cdot \cos^2 \beta_R} \right]^{0.5}, \quad (4)$$

где v_1 - скорость звука в первой брете; v_R - скорость звука в контролируемом образце; f - частота ультразвука; F - фокусная глубина для максимального угла преломления; β_R - максимальный угол преломления в испытуемом образце.

Оптимальная величина пассивной апертуры определяется частотой и требуемым диапазоном фокусных расстояний и определяется выражением

$$W = 1.4[\lambda(F_{\min} + F_{\max})]^{0.5}, \quad (5)$$

Влияние оптимальной величины пассивной апертуры на фокусное расстояние рассчитывается для несфокусированного преобразователя из формулы

$$N_o = \frac{(A^2 + W^2)(0,78 - 0,27W/A)}{\pi\lambda}. \quad (6)$$

На практике допустимо использовать приближенное значение в следующем виде

$$N_o = 0,25A^2/\lambda, \quad (7)$$

Шаг решетки p определяется по формуле

$$p = e + g, \quad (8)$$

где g - величина зазора; e - ширина элемента.

Максимальная ширина отдельного элемента, которая определяется максимальным углом отклонения луча при электронном управлении e_{\max} может быть представлена в следующем виде

$$e_{\max} = 0,514 \cdot \lambda / \sin \alpha_{R_{\max}}, \quad (9)$$

Отметим, что ширина луча зависит от фокусного расстояния и от угла ввода.

Сфокусированный луч характеризуется приведенным фокусным расстоянием, которое определяется по формуле

$$S_{ac} = F_{ac}/N_o, \quad (10)$$

где $0 < S_{ac} < 1$ и $F_{ac} < N_o$, и F_{ac} - действительное фокусное расстояние.

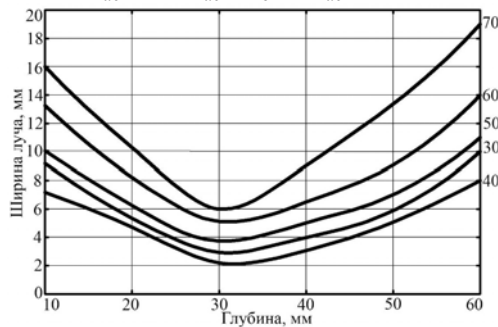


Рис. 1. Зависимость ширины луча от угла ввода и глубины

Фокусное расстояние линзы в оптическом приближении определяется следующим выражением

$$F_{opt} = R/1 - (v_{test\ piece}/v_{lens}), \quad (11)$$

где R - радиус кривизны поверхности призмы.

Приведенное фокусное расстояние в оптическом приближении определяется формулой

$$S_{opt} = F_{opt}/N_o, \quad (12)$$

Полезное давление всех пьезоэлементов, может быть получено суммированием воздействий каждого отдельного источника и представлено в следующем виде

$$P_{net}(x, y, z) = \sum_{i=1}^n p_i(x, y, z). \quad (13)$$

В результате затухания полезная мощность в точке (x, y, z) определяется следующим выражением [5]

$$q(x, y, z) = \frac{\alpha P_{net}^2(x, y, z)}{\rho c}, \quad (14)$$

Полная энергия в точке (x, y, z) определяется выражением

$$I(x, y, z) = \frac{P^2(x, y, z)}{2\rho c}, \quad (15)$$

где $I(x, y, z)$ - интенсивность в точке (x, y, z) , Вт м⁻².

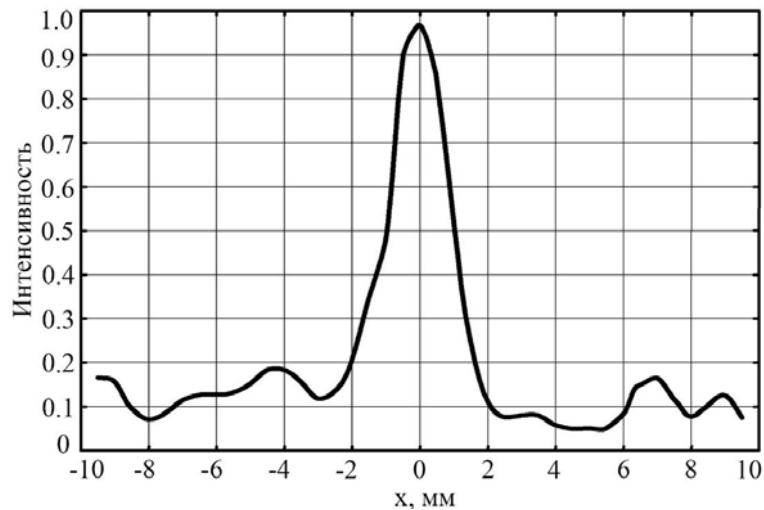


Рис. 2. Интенсивность ультразвукового поля

Фаза каждого пьезоэлемента вычисляется по следующей формуле

$$\phi_i = \frac{360^\circ}{\lambda}(d_i - d_o) - 360^\circ n, \quad (16)$$

где ϕ_i - фаза пьезоэлемента i в градусах, d_i - расстояние от центра пьезоэлемента i до фокуса, d_o - глубина фокуса, n - целое число, $0 \leq \phi_i \leq 360^\circ$.

На рис. 3 показано поле акустического давления 16-и элементного преобразователя в фокальной плоскости x - z при $y=0,05$ м, полученное при моделировании программно-техническими средствами пакета ТАС (Transducer Array Calculation) [6].

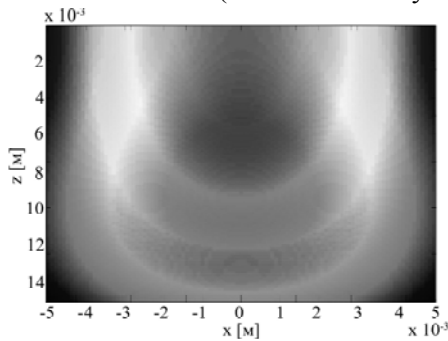


Рис. 3. Поле акустического давления в фокальной плоскости x - z

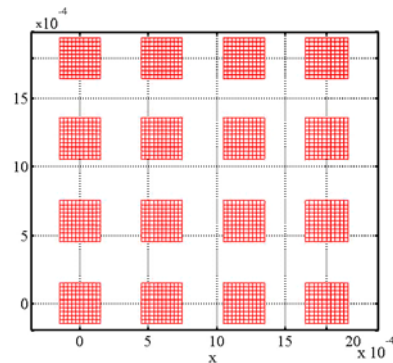


Рис. 4. Расположение элементов решетки

Нормированная диаграмма направленности для прямоугольной решетки при $Z=16$ элементов расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга $d=0,6$ мм на плоскости (рис. 4) имеет вид (рис. 5).

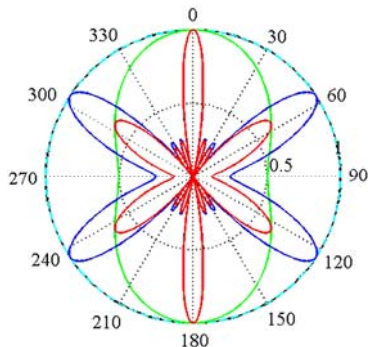


Рис. 5. Диаграмма направленности прямоугольной фазированной решетки при $Z=16$, $\phi=0^\circ$

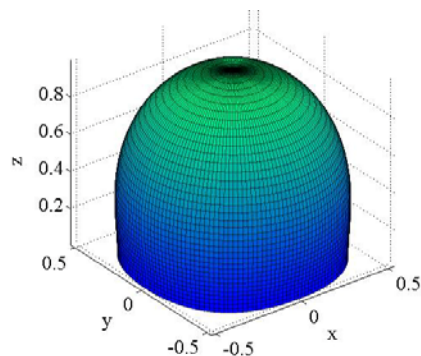


Рис. 6. Диаграмма направленности одного элемента решетки

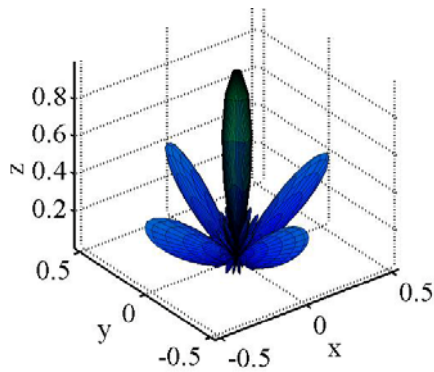


Рис. 7. Диаграмма направленности всей фазированной решетки

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

Выводы: Результаты моделирования процесса воздействия динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука на газовую фазу пульпы и результаты проведенных опытно-промышленных испытаний предлагаемого

метода оптимизации процесса флотации свидетельствуют о том, что такой подход позволяет реализовать эффективное управление составом газовой фазы пульпы, повысить качество получаемого концентрата и энергоэффективность всего технологического процесса.

Список литературы

1. **Brewis T.** Flotation cells. Mining Magazine, 1996,160(7): p. 18–24.
2. **Miskovic S.** An investigation of the gas dispersion properties of mechanical flotation cells: an IN-SITU approach. - Blacksburg, Virginia, 2011.
3. **Goodman J. W.**, Introduction to Fourier Optics, New York, 1968, p.5.
4. **Olympus NDT.** Introduction to phased array ultrasonic technology applications. R/D tech guideline. Canada, 2007, p.9.
5. **Seip R., VanBaren P., Cain C., Ebbini E.** Noninvasive Real-Time Multipoint Temperature Control for Ultrasound Phased Array Treatments, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 43(6), 1996, p.1063-1073.
6. **Kohout B.**, Transducer Array Calculation (TAC) GUI., <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/35657-transducer-array-calculation-tac-gui>.

Рукопись поступила в редакцию 16.04.14

УДК 331.45.001.85

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

АКМЕОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У СФЕРІ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ

Наведено аспекти підготовки фахівців. Для успішного формування професійних знань, умінь і навичок необхідно спиратися на наявні знання студентів, активізуючи, таким чином, їх пізнавальну діяльність. Особливо важливе значення набуває виконання цієї умови при формуванні знань в галузі промислової безпеки.

Постановка проблеми. Інтеграція сучасного українського суспільства в європейський простір потребує фундаментальних змін у соціально-економічній сфері країни. Важливою передумовою цього є покращення стану охорони праці (ОП) на основі новітніх технологій та вимог міжнародних стандартів.

За станом ОП Україна посідає 90-92 місце у світі. Щорічно в результаті нещасних випадків на виробництві економіка країни втрачає близько 4 млрд грн. за рік. Одна травма обходиться державі в середньому в 2 тис. грн., травма зі смертельним наслідком - близько 30 тис. грн. Враховуючи те, що однією з основних причин такого незадовільного стану ОП в Україні є «людський фактор», на який сьогодні припадає близько 75-80% усіх нещасних випадків на виробництві, першочерговим завданням є впровадження інноваційних модульних технологій випереджального безперервного навчання, перенавчання та підвищення кваліфікації робітничих кадрів в галузі ОП, які б характеризувалися високим ступенем гнучкості, мобільності, відкритості та економічності.

У теперішній час у зв'язку з широким розвитком засобів масової інформації обсяг знань, засвоєних студентами, досить великий. Для того, щоб отримані знання не носили поверхневої характеру, необхідно почуття новизни, відкриття. Це висуває особливі вимоги до змісту та організації їх пізнавальної діяльності. Тому для успішного формування професійних знань, умінь і навичок необхідно спиратися на наявні знання студентів, активізуючи, таким чином, їх пізнавальну діяльність. Особливо важливе значення набуває виконання цієї умови при формуванні знань в галузі промислової безпеки.

Для професійного виконання функцій в галузі промислової безпеки набуті знання повинні бути систематизовані, мати практичну спрямованість, яка би переходила в переконання і внутрішню потребу забезпечення як особистої безпеки фахівця, так і працюючого під його керівництвом персоналу.

Актуальність проблеми полягає у створенні акмеологічного підходу у сфері навчання культурі промислової безпеки, який передбачає зміну технологій навчання і дозволяє перевести управління педагогічним процесом з режиму функціонування до режиму розвитку за рахунок використання у студентів пізнавальних мотивів, коли навчання стає внутрішньою потребою, а творче переосмислення дійсності стає провідним. Мета вивчення курсів БЖД та охорони праці полягає в тому, щоб засвоєні знання студент міг не тільки відтворити, але і застосувати їх у майбутній професійній діяльності. Акмеологічні прийоми, акметехнології пропонують практичне рішення питання особистісного та професійного успіху в тісному зв'язку з теоретичними і практичними задачами, що на противагу неспроможності традиційної освітньої системи відповідати новим соціокультурним та економічним умовам дає можливість удосконалювати не тільки пошук правильних рішень, що висуваються викладачем на заняттях, але і взагалі отримати якісну освіту.

Акмеологічний підхід дозволяє вирішити цю проблему не тільки ефективно, а й досить оперативно. Акмеологія істотно змінює акценти у сфері професійної підготовки фахівців, створення й управління навчально-виховним процесом у вищому навчальному закладі. При акмеологічному підході домінує проблематика розвитку творчих здібностей, особистісних якостей, що сприяють реалізації індивідуальних якостей кожного студента.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням формування культури промислової безпеки присвячуються роботи В.В. Богуна, М.А. Котика, А.В. Магона, Е.С. Назаренко, Т. Скиби, В.І. Тарадая, С.О.Черняєва. При використанні акмеологічних підходів у навчанні автори спирались на теоретичні роботи таких учених-акмеологів, як А. Деркач, В. Зазакін, Н. Кузьміна, В. Максимова. На жаль в практиці інженерної освіти проблемам підготовки студентів у галузі охорони праці приділяється недостатня увага.

Аналіз літературних джерел свідчить про наявність інформаційного пробілу з питання про реалізацію зв'язків між завданнями професійно-практичної підготовки інженера в галузі промислової безпеки та формуванням навчальної діяльності студентів. При цьому слід відзначити не повне використання міжпредметних зв'язків в системі знань промислової безпеки. Останнє негативно позначається на формуванні знань, умінь, навичок працезахоронної діяльності майбутніх фахівців.

Постановка завдання. Метою даної статті є виявлення зв'язку між завданнями професійно-практичної підготовки інженера в галузі промислової безпеки та процесом створення акмеологічного підходу у сфері професійної підготовки.

Для цього необхідно:

Виявити взаємозв'язок між цілями, змістом дисциплін БЖД та охорони праці та організаційними методами навчання.

Розробити акмеологічну систему педагогічних цілей підготовки фахівців у сфері виробничої безпеки.

Великий російський педагог К.Д.Ушинський вважав, що навчання - це посильна діяльність студентів під керівництвом вчителя. Вчення повинно бути працею, розвиває і зміцнює волю студентів. Навчання як специфічна форма процесу пізнання має свою логічну структуру: 1-й ступінь - пізнання на стадії чуттєвого сприйняття (відчуття, уявлення). Вчитель повинен сприяти накопиченню студентами матеріалу, вчити їх спостерігати, 2-й - пізнання на стадії розумового процесу (поняття і судження). Вчитель вчить порівнювати, зіставляти факти, узагальнювати, робити висновки. 3-й ступінь ідейного (розумного) пізнання, це щабель формування само-

свідомості, світогляду. Вчитель через знання сприяє формуванню світогляду. І наступна щабель освоєння набутих знань - закріплення.[1] Всі ці основи педагогіки лежать в акмеологічному підході до навчання.

Викладення основного матеріалу. *Акмеологічний підхід* до розвитку освіти – це *створення* необхідних умов для становлення й розвитку в усіх суб'єктів освіти *уявлення про успіх*, високі досягнення, необхідні для розвитку особистості й соціуму. Такий підхід конкретизує ідею гуманізації освіти, засади сучасної ідеології виховання та перехід від знанневої до особистісно-орієнтованої (компетентної) освіти.

Перспективність акмеологічного підходу до формування знань полягає в тому, що він орієнтує особистість на постійний саморозвиток, що відповідає вимогам часу, спрямованим на необхідність досягнення найвищих результатів у діяльності особистості. При акмеологічному підході домінує проблематика розвитку творчих здібностей, особистісних якостей, що сприяють реалізації індивідуальних якостей. Без сумніву, акмеологія значуща для підвищення якості освіти.

Педагог-акмеолог прагне до максимального врахування й задоволення схильностей студентів, врахування їхніх інтересів, приділяючи при цьому особливу увагу рішенню питань створення комфортних умов навчання студентів.

Реалізація даної програми розвитку припускає створення в освітній установі умов для успішності всіх суб'єктів освітнього процесу. Успіх розглядається як форма самореалізації особистості. Досягнення успіху залежить від рівня самозбереження особистості, уявлень про самореалізацію, від соціальної зрілості особистості й від усвідомлення соціальної відповідальності [2]. Соціальний успіх розуміється як таке освітньо-виховне середовище, в якому учні й учителі одержують можливість максимально повно реалізувати наявний у них творчий потенціал, інтелектуальні можливості, що сприяють успішній соціалізації дитини та її адаптації в мінливих соціально-економічних умовах.

Програма розвитку розроблена з метою створення оптимальних умов для самореалізації, самовиховання й самоосвіти всіх суб'єктів освітньо-виховного процесу, удосконалення практики роботи освітньої установи відповідно до пріоритетних напрямів, позначених у дійсній програмі розвитку.

Пріоритетними напрямами освітньої політики ВНЗ є [3]:

- створення умов для оволодіння студентів культурними цінностями;
 - розширення сфери загальних соціально-економічних інтересів студентів;
 - формування та розвиток інформаційно-правового простору соціуму.
- Робота ВНЗ за зазначеними напрямами сприяє рішенню таких задач:
- відбір змісту освіти та педагогічних технологій, що розкривають студентам ціннісні життєві орієнтири та сприяють найбільш повній реалізації їх ціннісних і життєвих орієнтацій;
 - розширення спектра освітніх послуг, що дозволяють студентам опанувати культуру самовизначення й самореалізації;
 - збереження та зміцнення фізичного та психічного здоров'я студентів у всіх сферах їх діяльності;
 - розвиток соціального партнерства, що сприяє соціалізації особистості студента;
 - відновлення виховної системи ВНЗ у зв'язку з новими напрямами в розвитку освітньої установи;
 - удосконалення професійної компетентності й загальнокультурного рівня педагогічних працівників;
 - створення системи моніторингу якості навчально-виховного процесу;
 - виховання конкурентоспроможної особистості студента, формування конкурентоспроможної особистості всіх учасників освітнього процесу.

Моделювання працезохоронної діяльності [4,5] в навчальному процесі дозволяє сформулювати систему знань, засновану на міжпредметних зв'язках, які дозволяють систематизувати інформацію спеціальних і працезохоронних дисциплін, що вивчаються у вищій школі. Відображення в свідомості студентів таких зв'язків робить набуті знання більш міцними, гнучкими, рухливими.

Аналіз структурно-логічної схеми курсів БЖД та охорони праці дозволяє на основі отриманої інформації реалізувати виховний потенціал дисциплін.

В умовах технократичного мислення, традиційно сформованого у студентів випусковими кафедрами, навчання промислової безпеки покликане прищепити розуміння цінності людської особистості, її життя і здоров'я. Гуманістична спрямованість дисциплін в поєднанні з технічним її змістом дозволяє усунути однобічність інженерної освіти.

У структурі навчання використовуються наступні організаційні форми [6]:

індивідуальна форма, спрямована на самостійну поза аудиторну роботу студентів, включає консультації, дипломне проектування, виробничу практику;

фронтальна, спрямована на теоретичну підготовку студентів; до неї відносяться лекції, консультації.

групова форма, спрямована переважно на практичну підготовку студентів, дана форма застосовується для проведення лабораторних занять, дипломного проектування;

колективна форма застосовується як для теоретичної, так і для практичної підготовки студентів, якими можна вважати самостійні роботи під керівництвом викладача та ділові ігри.

форми контролю знань і умінь студентів. До них відносяться індивідуальні завдання, проміжні контрольні роботи, залік, іспит, захист дипломних робіт.

Використання акмеологічних технологій, тобто сукупності засобів, спрямованих на розкриття внутрішнього потенціалу особистості, розвитку властивостей і якостей, що сприяють досягненню високого рівня професіоналізму.

Акмеологічні технології вміщують технологію проектування і реалізацію програми професійно-педагогічної підготовки, технологію управління організаційно-педагогічними процесами, технологію успішного навчання кожного студента.

До методів, що сприяють ефективному опануванню знань, умінь, навичок працевпорядкової діяльності фахівця, можна на повній підставі віднести методи активного навчання [7].

Методи активного навчання поділяються на прямі та імітаційні залежно від типу управління пізнавальною діяльністю. Для первинного формування професійних знань, умінь і навичок досить використовувати в навчальному процесі прямі методи активного навчання, а для їх закріплення і вдосконалення ефективніше застосовувати імітаційні методи, тому що "процес формування цілей має бути органічною складовою процесу навчальної діяльності студента, тільки така його реалізація забезпечить ефективність процесу формування цілей, так і всього процесу навчальної діяльності" [8].

Застосування активних методів навчання вимагає від викладача точного визначення мети професійно - практичної підготовки фахівця "тільки при достатньому рівні доступності (зрозумілості)" цілей можлива ефективна робота студентів у напрямку вектора "мета - результат".

До акмеологічних технологій [9] також відносять: моделюючі технології, технологію кооперованого навчання, технологію самовиховання і життєвого успіху, технологію морального саморозвитку особистості.

Отже, зрозуміло, що сутність акмеологічних технологій вбачає у їх спрямованості на постійний розвиток особистості фахівця, його професійного мислення в діяльності.

За допомогою акмеотехнологій організовується рух особистості до вершин самореалізації за рахунок мотивації до самоствердження. Кінцевим результатом використання акмеотехнологій є - стійка спроможність до самостійного вибору правильних рішень в мінливих зовнішніх умовах, саме ці та цілий ряд інших вимог інтегрально можна об'єднати поняттями професійної культури та технології її формування в системі вищої школи.

Одним з компонентів такого процесу є комплексна розробка навчально-програмної документації з охорони праці, що включає наступні етапи:

визначення мети навчання, тобто теоретичних знань, практичних умінь і навичок, необхідних для працевпорядкової діяльності фахівця;

позначення об'єкта і предмета вивчення;

складання тематичного плану курсу;

розробка загальної структурної схеми курсу для виявлення розподілу часу між аудиторними та позааудиторними видами занять;

виявлення зв'язків курсу з раніше вивченими дисциплінами;

формування змісту лекційних, лабораторних і практичних занять та визначення значущості та складності кожної теми курсу;

визначення бюджету часу на проведення лекційних, практичних занять;

формування змісту позааудиторної роботи студентів;
визначення видів і періодичності проведення контролю знань і вмінь студентів.

Сумарним результатом знань і умінь є придбання навичок, тобто дій, які стають автоматичними, внаслідок багаторазових повторень, виконуються без контролю з боку свідомості [10].

Засвоєння знань, формування умінь і навичок, розвиток творчого мислення на основі реалізації пізнавального інтересу у студентів, як способу досягнення мети, особливо успішно реалізується при моделюванні працезахоронної діяльності в навчальному процесі.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Охорона праці - це складна проблема сьогодення. Незадовільний стан ОП призводить до значних фінансово-економічних, матеріальних та людських втрат.

Однією з основних причин смертельного травматизму та профзахворюваності є «людський фактор», що зумовлений низьким рівнем професійної підготовки працюючих із питань ОП, недостатньою установкою на дотримання правил безпеки, допуском до виконання небезпечних робіт осіб із підвищеним ризиком травматизму, не усвідомлення працівником своєї відповідальності перед роботодавцем і сім'єю.

Прогресивна система навчання з використанням акмеотехнологій має бути реалізована в Україні, що дозволить забезпечити інноваційний підхід до підготовки студентів.

Реалізація цієї концепції в навчанні з ОП сприятиме підвищенню якості та ефективності підготовки працівників, а також мінімізації витрат часу на процес навчання, перенавчання та підвищення кваліфікації робітничих кадрів, що сьогодні є актуальним в умовах економічної кризи.

Зазначена технологія не виключає існуючу традиційну систему, а є складовою дистанційної, відкритої, очно-заочної та інших різновидів навчання.

Отже, підводячи підсумок, можна зазначити :

Промислова безпека повинна стати невід'ємним елементом професійної компетенції інженера.

Формування знань, умінь і навичок з промислової безпеки відповідає вимогам загальної сучасної інженерної освіти, що ґрунтується на акмеологічній теорії навчання студентів.

Успішному засвоєнню студентами навчального матеріалу з питань промислової безпеки сприяє моделювання в навчальному процесі імітації реальних ситуацій, з якими стикаються молоді фахівці.

Список літератури

1. **Ушинский К. Д.** Избранные педагогические сочинения/Человек как предмет воспитания. Опыт педагогической антропологии (1861). - М.: Изд-во Академии наук РСФСР, 1945. - С. 461
2. **Бердяев Н. А.** Творчество и объективация. Минск, 2000
3. Модернізація вищої освіти України і Болонський процес. Уклад. **М.Ф. Степко, Я.Я. Болюбаш, К.М. Лемківський, Ю.В. Сухарніков**; відп. ред. М.Ф. Степко. – К., 2004. – С. 6
4. Акмеология. Учебник под общ. ред. Деркача А.А. - Москва: РАГС, 2002.
5. **Бранский В.П., Пожарский С.Д.** Социальная синергетика и акмеология. Теория самоорганизации индивидуума и социума. - СПб, 2001.
6. **Кузьмина Н.В., Пожарский С.Д., Паутова Л.Е.** Акмеология качества профессиональной деятельности специалиста. - СПб., Коломна, Рязань, 2008.
7. **Айзенк Г., Айзенк М.** Исследование человеческой психики. – М.: Эксмо-Пресс, 2001. - 480с.
8. Акмеология профессионального образования. Материалы II регион. науч.-практ. конф., 14-16 марта 2005г., Екатеринбург. – Екатеринбург: РГППУ, 2005. – 275с.
9. **Карпов А.В.** Психология принятия управленческих решений. – М.: Юристъ, 1998. – 435с.
10. **Москаленко О.В.** Рабочая тетрадь по изучению курса «Акмеология профессиональной карьеры личности». Учебное пособие - М.: РАГС, 2007. - 202с.

В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. С.Ю. ПОТАПЕНКО, магістрант
Донецький національний технічний університет

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ПО ЗБЕРЕЖЕННЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОКСІВНОГО ВУГІЛЛЯ ПРИ ЙОГО ДАЛЬНЬОМУ ГІДРОТРАНСПОРТІ

Постановка проблеми і стан її вивчення. Погіршення коксівних властивостей вугілля при дальньому гідравлічному транспортуванні дослідники пов'язують з різними технологічними чинниками. Гідродинамічна дія турбулентних потоків в трубопроводі, а також механічні удари в насосах, арматурі, на трасі транспортної системи приводять до подрібнення вугілля [1], (табл. 1).

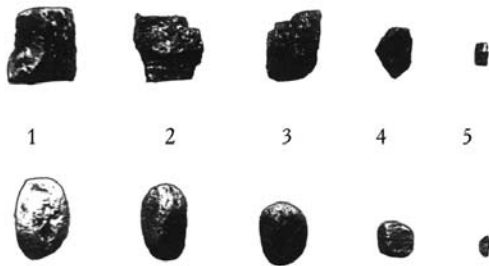
Таблиця 1

Подрібнення вугілля марки Г при дальньому гідротранспорті

Дальність транспортування, км	Вихід (%) класів крупності вугільної шихти, мм								Середній діаметр, мм
	(+6)	(3-6)	(1-3)	(0,5-1)	(0,2-0,5)	(0,1-0,2)	(0,074-0,1)	(-0,074)	
0	6	10	17,2	12,7	18,2	9,7	6,1	20	1,46
100	5,9	9,4	16,7	11	16,5	8,6	3,6	28,3	1,39
300	4,8	8,5	14	9,7	14,7	8,4	4,1	35,8	1,18
500	3,8	7,3	15	8,9	12,9	8,9	4	39,2	1,04
1000	3,2	7,2	12,7	8,1	10,4	6,5	4,6	47,3	0,93
1700	2,6	7,5	11,6	7	8,3	4,2	3,8	55	0,78
0	6	10	17,2	12,7	18,2	9,7	6,1	20	1,46

Ряд дослідників вказують на негативну роль саме фактора подрібнення матеріалу в гідротранспортній системі. В. Коршунов встановив, що перехід частини вугілля в клас $-0,5$ мм змінює температурні зони термохімічних процесів коксування, а це негативно впливає на міцності коксу [2]. Тривалий контакт з водою обумовлює гідролітичну деструкцію вугілля. Спостерігаються явища переходу в водну фазу гумінових кислот [1,3]. Крім подрібнення під час гідротранспортування, виявлено ефект перерозподілу петрографічних мікрокомпонентів по класах крупності [4]. Зокрема, спостерігається значне переподрібнення вітринітової частини шихти до розмірів 10 мкм і менше. При цьому головним чином переподрібнюється вітриніт вугілля марки Г. Вміст його в дрібних класах збільшується у порівнянні з вихідною шихтою у два рази.

Рис. 1. Зміна форми зерен вугілля марки Ж при гідравлічному транспортуванні на відстань 450 км: 1-15 мм; 2-12 мм; 3-10 мм; 4-5 мм; 5-2,5 мм



Ю. Гет пов'язує зміну коксівних властивостей вугілля із зміною форми вугільних зерен в трубопроводі - їх обкатуванням [5]. На рис. 1 показано ефект обкатування зерен, виявлений нами при дослідженні гідротранспорту на стенді типу «тор».

Г. Рігбі пояснює погіршення коксівних властивостей вугілля обволіканням вугільних зерен глинами, що на його думку, збільшує крихкість коксу [6].

Стосовно ефектів, пов'язаних з впливом глин, спостерігалось ще одне явище - глинистий матеріал вимивався з первинної вугільної речовини і обволікав зерна вугілля, зокрема тонкі, повністю чи частково, виключаючи їх з процесу спікання (по поверхні контакту з глиною).

В. Ердман, Р. Кьоллінг та Д. Лайнінгер вважають, що погіршення коксівності вугілля під час гідравлічного транспорту обумовлюється його окисненням [7]. На підтвердження цього нами виявлені зміни у ІЧ-спектрах вугілля до і після дальнього гідротранспорту [8] (рис. 2).

Отже при дальньому гідравлічному транспортуванні вугілля відбувається ряд фізико-хімічних змін вугільної речовини: подрібнення вугілля, обкатування зерен, обволіканням вугільних зерен глинами, окиснення вугільної поверхні, які негативно впливають на технологічних властивостях вугілля як об'єкта коксування.

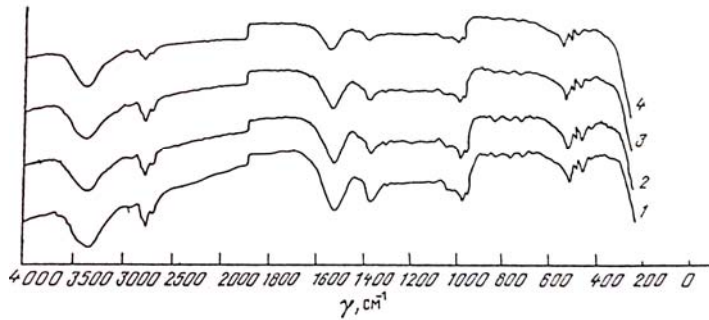


Рис. 2. ІЧ-спектри шихти коксівного вугілля Донецького басейну: 1- вихідної; 2-4 - після гідротранспортування відповідно на 300, 1000, 2000 км

Радикальне зниження дії цих негативних факторів можливе шляхом попередньої грануляції (агломерації) вугільної речовини гідрофобними агентами [8].

Мета роботи - ознайомлення наукової громадськості з авторськи-

ми технічними рішеннями по збереженню коксівних властивостей вугілля при дальньому гідротранспорті шляхом застосування технології масляної агломерації.

Викладення основного матеріалу. За результатами комплексу лабораторних та полігонних досліджень і промислових випробувань нами запропонована схема підготовки шихти до гідравлічного транспортування на підготовчому терміналі і схема зневоднення шихти коксівного вугілля на приймальному терміналі (рис. 3,4).

Схема технологічного процесу підготовки шихти (див. рис. 3) включає в себе прийом, переробку і подачу на головну насосну станцію вугільного концентрату. Крупність концентрату вугільної шихти, що надходить зі збагачувальної фабрики, становить 0-100 мм.

Класифікація концентрату відбувається на грохоті з отриманням двох класів крупності 0-6 та 6-100 мм. Дроблення шихти класу 6-100 мм у молоткових дробарках до крупності 6 мм.

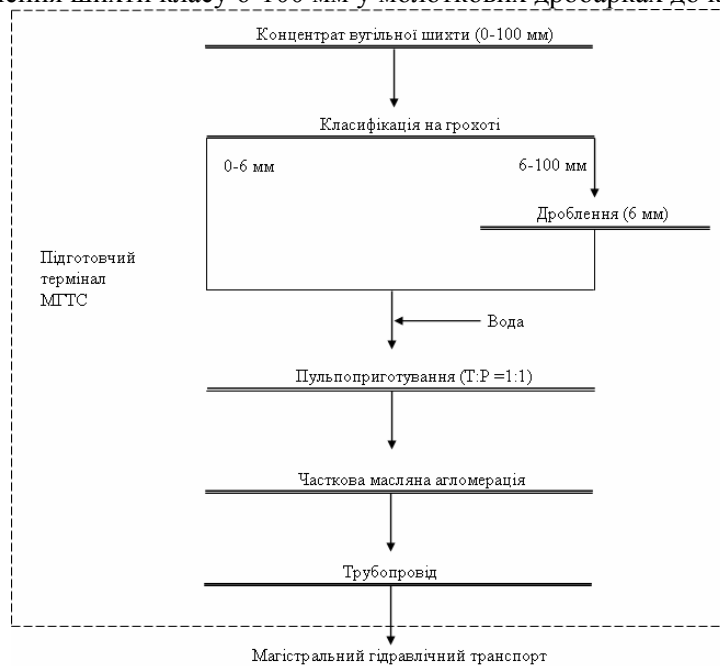


Рис. 3. Схема підготовки вугілля до магістрального гідравлічного транспортування

Далі відбувається подача води до змішувальних резервуарів для забезпечення масової концентрації 50 %. Подача вихідної пульпи і сполучної речовини в гранулятор для часткової масляної агломерації. Після цього відбувається акумулювання пульпи та її транспортування на головну насосну станцію. Забезпечення відділення пульпоприготування технічною водою здійснюється за рахунок технічної води повернутої з приймального терміналу.

Схема технологічного процесу зневоднення вугілля після його гідравлічного транспортування складається з наступних операцій (рис. 4):

прийому вугільної суспензії та його зневоднення на осаджувальних центрифугах;

зневоднення кеку ежектуванням до вологості $W_{tk}^r = 10\%$, та подальше його транспортування на КХЗ;

згущення фугату у радіальних згущувачах;

зневоднення фугату на фільтр-пресах, та подальше транспортування його на відвантаження (підприємства будівельної промисловості);

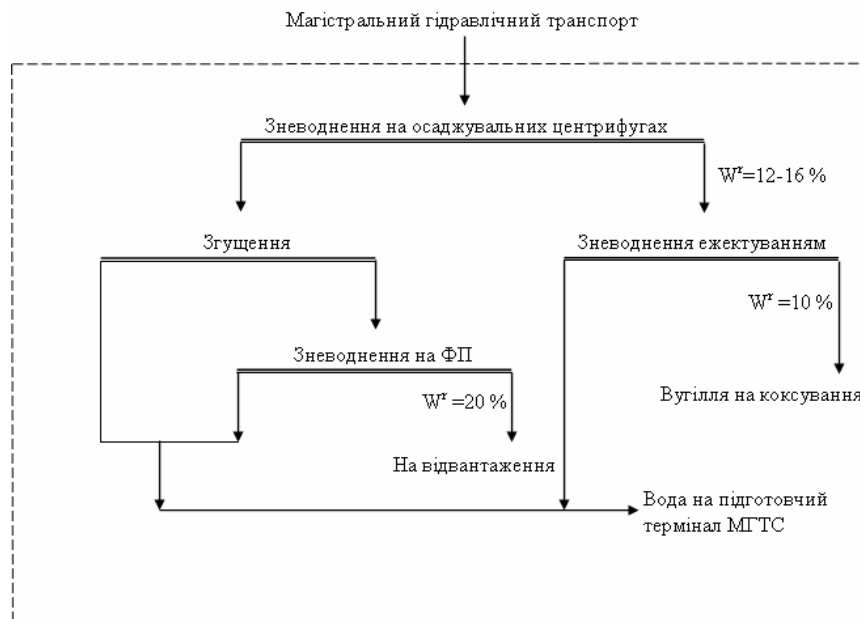


Рис. 4. Схема зневоднення вугілля після магістрального гідравлічного транспортування

Злив згущувача поєднується з водою гідроциклону ежектувальної установки і повертається по зворотному трубопроводу на підготовчий термінал МГТС.

Рациональні режимні параметри процесу пелетування вугілля головної станції і фугату центрифуг приймальної станції МГТС та викладені пропозиції з реагентного забезпечення процесу масляної агрегації вугілля.

Режимні параметри процесу пелетування і гідротранспорту: витрати масляного реагента $Q_{зв} = 1-5\%$, переважно $3-4\%$; концентрація гідросуміші $C = 50\%$, температура $t_c \geq 0^\circ\text{C}$; швидкість гідравлічного транспортування $V = (1,05 \div 1,10) V_{кр}$; $pH = 7$.

Для прискорення структуроутворення вуглемасляних комплексів можна використовувати інгібітор корозії $\text{Ca}(\text{OH})_2$ трубопроводу як pH-регулятор. При цьому його кількість відповідає прийнятому за умов корозійної стійкості трубопроводу. Як масляний реагент рекомендується використовувати продукти нафтопереробного, коксохімічного або масложирового виробництва, вторинні масла, що містять ароматичні сполуки з температурою плавлення не нижче значень, вказаних в основному регламенті процесу пелетування.

Основні засоби зневоднення вугле-масляного агломерату на приймальному тково застосовувати зневоднення ежектуванням – метод механічного зриву плівки ежектуванням при швидкості потоку газу на зрізі сопла $100-150$ м/с.

Флотовідходи і фугати, що передаються по промислових ГТС, доцільно піддавати частковій масляній агрегації при витраті масляного агента не більше $1-2\%$ від маси вугілля. Процес пелетування вести протягом $1-2$ хвилин до утворення мікрогранулят розміром $0,1-0,2$ мм. Основний гранулятор - турбінного типу. Як допоміжні гранулятори використовувати насоси, ділянки трубопроводу ГТС, байпасний трубопровід. Розділення грануляту і відходів вести або шляхом флотації, або відсаджувальним фугуванням. Як масляний агент процесу в умовах збагачувальних фабрик коксохім заводів доцільно використовувати знефенолене масло омаслювання шихти (МОШ) і його аналоги.

Стендові випробування процесу ящикного коксування вугілля після гідротранспортного транспортування дозволили порівняти технологічні властивості вугільної шихти і її агломерату. Випробування підтвердили, що селективна масляна агломерація вугілля перед гідротранспортуванням або в самому його процесі радикально знижує його подрібнення в трубопроводі на трасі довжиною 500 км., унеможливує блокування вугільних зерен розмокшими глинами, а також окиснення органічної маси при контакті з водою - тобто всі фактори, що погіршують коксівні властивості вугілля.

Висновки. На основі поєднання процесів «масляна агломерація - дальній гідротранспорт вугілля» розроблена нова технологія гідравлічної передачі вугілля на далекі відстані практично без втрати його коксівних властивостей. Полігонна та промислова апробація (ящичне коксування вугільної шихти) показують надійність технології в межах 500 км гідротранспортування вугілля.

Розроблено схеми технологічного процесу і режимні параметри підготовки вугільної шихти до гідравлічного транспортування на підготовчому терміналі гідротранспортної системи (ГТС) і зневоднення шихти коксівного вугілля на приймальному терміналі ГТС. Вони дозволяють:

забезпечити зневоднення гідротранспортованого вугілля механічними методами до $W^r_{тк} = 10\%$, що на 10-18% нижче, ніж для традиційних схем без масляної агломерації;

радикально зменшити втрати тонких класів з фугатом, підвищити зольність твердої фази фугату з 50-55 до 78-84%.

Список літератури

1. Елишевич А. Т., Рыбаченко В. И., Белецкий В. С. и др. // ХТТ. - 1984. № 1. С. 58-62.
2. Коршунов В.А. Исследование влияния гидравлического транспортирования на свойства коксуемых углей Кузбасса / Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Новокузнецк, 1974. - 33 с.
3. Schrick W.S., Smith L.G., Haas D. B., Husband W.H. Experimental studies on the hydraulic transport of coal. Third internat. confer. On the hydraulic transport in pipes. - May - 1974. Paper - B. 1. P. 14.
4. Елишевич А. Т., Белецкий В. С., Гребенюк А. Ф., Маценко Г.П., Дедовец И.Г., Потапенко Ю.Н. Изменение технологических свойств коксуемого угля Кузбасса при дальнем гидравлическом транспортировании // ХТТ. - 1989 -N 4.- С.54-59.
5. Gat L.J. Effect of pumping on the caking properties of coal // Canadian Mining and Metallurgical Bulletin. - 1974. - V. 67, No. 752. - P.71-74.
6. Rigbi G.R., Jones C.V., Meiwaring D.E. / Slurry pipeline studies on the BHP-BPA 30-tonne per hour demonstration plant // 5-th Int. Conf. on the Hydraulic Transport of Solids in Pipes. Johannesburg, August 25-27.- 1982. - P. D1.
7. Erdman W., Rolling R., Leininger D. Möglichkeiten der Entwässerung hydraulisch geförderter Steinkohlen // Aufbereitungs-Technik. -1978. - Bd. 19, Nr. 8.-S. 357-362.
8. Білецький В.С., Сергеев П.В., Папушин Ю.Л. Теорія і практика селективної масляної агрегації вугілля // «Грань» - Донецьк, 1996. - 264 с.

Рукопис подано до редакції 11.04.14

УДК 669.187.4: 669.15-198

Е.И. ЦЫБУЛЯ, канд. техн. наук, доц.

Национальная металлургическая академия Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ КРЕМНИЯ И ЖЕЛЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ТОРЦА НЕПРЕРЫВНОГО САМООБЖИГАЮЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОДА МОЩНЫХ РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

Рассмотрено влияние процессов восстановления оксидов золы антрацита при формировании непрерывных самообжигающихся электродов на мощных рудовосстановительных электропечах. Выполнены исследования изменения характеристик антрацита в зависимости от температуры его термообработки в интервале температур 0-2500 °С.

Проведено термодинамическое моделирование восстановления оксидов железа и кремния золы антрацита углеродом при формировании непрерывных самообжигающихся электродов.

Ключевые слова: антрацит, термоантрацит, зола, непрерывный самообжигающийся электрод, электродная масса, рудовосстановительная электропечь, термодинамическое моделирование.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Одним из главных условий стабильной работы высокоомощных ферросплавных печей является надежная эксплуатация непрерывных самообжигающихся электродов (НСЭ), размеры которых достигают $\varnothing 2000$ мм для печи РКГ-75 и 3000x750 мм для печи РПЗ-63. При этом эксплуатационные характеристики НСЭ во многом зависят от качества применяемой электродной массы и параметров ее обжига.

НСЭ создаются непосредственно на рудовосстановительных электропечах с применением электродной массы, состоящей из прокаленного антрацита (термоантрацита), каменноугольного кокса и пека. Электродная масса загружается в стальные кожухи электродов печей и обжигается по разработанным температурно-временным режимам по ходу выплавки ферросплавов.

На рис. 1 [1] представлена общая схема формирования НСЭ.

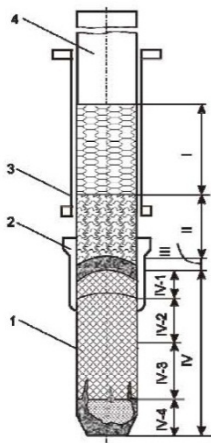


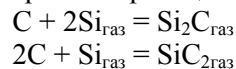
Рис. 1. Зоны агрегатного состояния электродной массы самообжигающегося электрода: I - твердая масса; II - «жидкая» масса; III - зона образования кокса из связующего; IV - угольный блок электрода; IV-1 – IV-4 - подзоны; 1 - скосованный электрод; 2 - электроконтактный узел; 3 - мантель; 4 - кожу электрода

При нагреве электрода теплом отходящих газов, нагретой шихтой, расплавленными металлом, шлаком и электричеством, за счет сопротивления кожу и массы при прохождении тока, в электроде происходят последовательные трансформации электродной массы в обожженный электрод, эксплуатационные характеристики которого во многом определяют надежность работы электропечи. При этом температура рабочего торца НСЭ (зона IV-3 - IV-4) достигает температуры 2500-3000 К, что обуславливает его графитацию [2].

Однако, в последнее время, в связи с бурным ростом мощности электропечных агрегатов, и в частности, геометрических размеров НСЭ, использование массы, изготовленной на основе каменноугольного кокса и термоантрацита, не обеспечивает надежной работы рудовосстановительных электропечей большой единичной мощности. Поэтому для повышения термостойкости обожженного блока электрода увеличивают количество термоантрацита в шихте, а на ПАО «Укрграфит» электродную массу изготавливают из термоантрацита и графитированных возвратов.

В промышленной практике качество электродной массы, применяемой для формирования НСЭ, принято определять комплексом свойств, наиболее важным среди которых является удельное электрическое сопротивление обожженной электродной массы (УЭС) (80-150 мкОм·м). Свойства электродной массы во многом определяются качеством наполнителей и пекка, применяемых для ее производства. При производстве термоантрацита в трубчатых вращающихся печах (ТВП) с газовым отоплением (ПАО «НЗФ» и ПАО «Укрграфит») УЭС термоантрацита должно быть не выше 1200-1300 мкОм·м, а в электрокальцинаторах (ЭК) - не более 1000 мкОм·м (ПАО «Укрграфит» и ПАО «СЗФ»). Одним из факторов, влияющих на УЭС термоантрацита и электродной массы, а, следовательно, и их качество, является количество золы, содержащейся в антраците, и ее химический состав. Как показано в [2] одни элементы минеральной части антрацита могут уменьшать, а другие увеличивать графитируемость термоантрацита. При этом наибольшее каталитическое действие на процесс графитации оказывают карбидообразующие элементы типа MeC (SiC), Me₃C (Fe₃C) и др.

Анализ исследований и публикаций. Так в [3] описан способ получения графита из кокса, при котором минерализатором в процессе получения графита служит кремний, который добавляют в кокс в небольшом количестве в виде кварцевого песка. Г. Шеффер полагает, что рост кристаллов графита обусловлен транспортными реакциями



Установлено, что при 2300 К давление насыщенного пара над жидким кремнием $P_{Si} = 2 \cdot 10$ кПа, а величины равновесных давлений пара над графитом и $SiC_{\text{тв}}$ при 2300 К составляет:

$$P_{SiC_2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ атм}; \quad P_{Si_2C} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ атм}; \quad P_{Si} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ атм}.$$

Известны работы [4] авторов И.М. Юрковского и Д.С. Константинова по интенсификации процесса графитации путем добавки к сажепековой композиции смеси порошков железа и кремния в соотношении 2:1 в концентрациях 1-2 %.

Японскими учеными Saka Minorі и Natano Hitomi [5], запатентован способ получения графитированного материала с высокой степенью графитации путем образования мезоуглеродных сферолитов и/или продуктов термической обработки углеродных материалов. Предлагаемый способ включает термическую обработку сырьевых углеродных материалов в присутствии железа (Fe) и кремния (Si), где количество (Fe) и (Si) составляет 0,1-25% масс. к количеству сырьевых материалов, при этом отношение Fe/(Fe+Si) равно 30-90 % (масс.).

Постановка задачи. Как показано в работах [2-10], повышение качества электродной массы и эксплуатационных характеристик самообжигающихся электродов является актуальной задачей. Одним из путей ее решения является введение различных железа и кремний содержа-

щих материалов в состав электродной массы, так как они оказывают положительное каталитическое действие на процесс формирования обожженного торца электрода. В связи с перечисленным, целью этой статьи является изучение влияния процессов восстановления железа и кремний содержащих элементов золы антрацита на процесс графитации рабочего торца НСЭ.

Изложение материала и результаты. Зола антрацита это несгораемый остаток, образующийся из минеральных компонентов угля при полном его сгорании. В основном она представлена оксидами Fe, Si, Al, Ca и Mg, которые могут образовывать разнообразные соединения, минеральный и химический состав которых зависит от условий образования угля. При этом на изменение минерального и химического состава золы электродной массы в большей мере влияет не марка применяемого антрацита, а температурно-временные показатели его прокаливания.

По данным ПАО «Укрграфит» содержание золы в антраците составляет 3-6 %, а в термоантраците - 4-6 %. Выполненными исследованиями установлено, что зола антрацита, применяемого для производства электродной массы для НСЭ на ПАО «Укрграфит», имеет следующий химический состав (% масс.):

SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O+K ₂ O
24,0-30,0	5,0-15,0	0,01-0,2	0,6-0,9	26,0-34,0	3,5-10,0	4,0-9,0	0,4-2,0

Автором экспериментально исследовано влияние температуры в широком интервале 1000 °С до 2500 °С на свойства термоантрацита. Высокотемпературную прокалку образцов производили в печи Таммана при скорости подъема температуры 30 °С/мин. Изотермическая выдержка образцов при достижении заданной температуры (с интервалом 300 °С) составляла 1 час.

Проведенные исследования показывают, что с увеличением температуры термообработки антрацита уменьшается содержание золы и серы, увеличивается истинная плотность и снижается показатель УЭС (рис. 2). Стоит отметить, что свыше 1000 °С происходит резкое снижение содержания золы в термоантраците. Это связано с протеканием химических реакций взаимодействия минеральных компонентов золы антрацита с углеродом при повышении температуры термообработки.

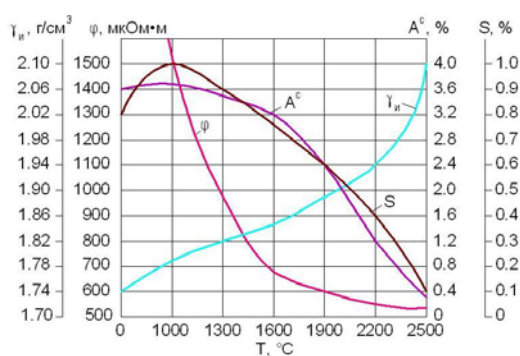


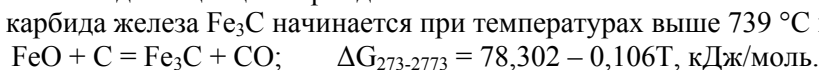
Рис. 2. Характеристики антрацита, прокаленного при различных температурах: T - температура термообработки, °С; $\gamma_{и}$ - истинная плотность, г/см³; ϕ - удельное электросопротивление, мкОм·м; A^c - содержание золы, %; S - содержание серы, %

Стоит отметить, что в процессе графитации углеродной продукции состояние карбидов элементов, образующихся при восстановлении компонентов золы антрацита, различно. Карбид железа находится в расплавленном состоянии, карбид кремния разлагается без плавления. Образующиеся в процессе графитации высокотемпературные карбиды далеки от плавления, однако в условиях избытка углерода образуют эвтектику MeC-C, температура плавления которой существенно ниже температуры плавления карбида стехиометрического состава. При температурах, близких к температурам плавления карбидов, возрастает давление их паров, что способствует улучшению диффузии элементов по объему обожженного тела электрода [11]. Эти процессы приводят к совершенствованию структуры углеродного материала торца НСЭ. При этом процесс проходит через карбидообразование, когда элемент реагирует с наиболее реакционным, т.е. наименее упорядоченным углеродом, снижая его долю в общем объеме торца НСЭ.

С использованием опции Equilibrium Compositions интегрированного пакета Outokumpu HSC Chemistry[®] for Windows версии 5.11 выполнено термодинамическое моделирование процессов взаимодействия оксидов железа и кремния золы термоантрацита с углеродом в составе электродной массы при формировании НСЭ на мощной рудовосстановительной электропечи.

Результаты вычислений представлены на рис. 3, что позволяет выявить механизма и последовательность восстановления оксидов железа и кремния золы антрацита при взаимодействии с углеродом, образование и диссоциация карбидов восстановленных элементов в НСЭ.

Образование карбида железа Fe₃C начинается при температурах выше 739 °С по реакции



При температурах свыше 1600°C происходит диссоциация Fe₃C с образованием жидкого железа и графита. По данным [12] преобразование неупорядоченного углерода в совершенный графит происходит в результате пропитки углеродного материала расплавленным металлом с последующим выделением графита в порах пересыщенного раствора углерода в железе.

Восстановление SiO₂ с образованием SiC начинается при температурах выше 1545 °C по реакции

$$\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{SiC} + 2\text{CO}; \quad \Delta G_{273-3273} = 596,76 - 0,3283T, \text{ кДж/моль.}$$

Как видно на рис. 3, при температурах свыше 1800 °C карбид кремния диссоциирует с образованием жидкого кремния и графита.

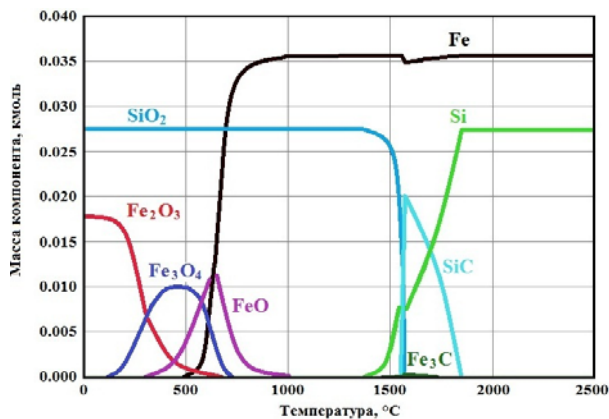


Рис. 3. Равновесные составы фаз - продуктов взаимодействия оксидов железа и кремния золы термоантрацита с углеродом во время формирования НСЭ в зависимости от температуры в интервале 0-2500 °C

Таким образом, образовавшиеся при восстановлении оксидов золы жидкие железо и кремний диффундируют по НСЭ и взаимодействуют с неупорядоченным углеродом термоантрацита или пека с последующим совершенствованием рабочего торца НСЭ по описанному выше механизму.

Выводы и направления дальнейших исследований. Проведенными исследованиями

показано изменения количества золы антрацита в зависимости от температуры его термообработки. Показано, что протекание реакций восстановления компонентов золы антрацита приводит к снижению его зольности с 3,7 % при 1000 °C до 0,3% при 2500 °C.

Выполнен анализ влияния кремния и железа на степень графитации углеродного материала. На основании литературного анализа показано, что кремний и железо взаимодействуют с наиболее неупорядоченным углеродом в углеграфитовых изделиях при их нагреве и посредством образования и диссоциации карбидов с выделением графита снижают пористость углеграфитового материала и повышают степень его графитации.

Выполнено термодинамическое моделирование процессов взаимодействия оксидов железа и кремния золы термоантрацита с углеродом в составе электродной массы при формировании НСЭ на мощной рудовосстановительной электропечи. Показаны температурные области существования карбидов железа (739-1600 °C) и кремния (1545-1800 °C) в НСЭ. Также установлено, что свыше температуры 1800 °C в качестве продуктов взаимодействия оксидов железа и кремния золы термоантрацита с углеродом во время формирования НСЭ выступают жидкие Fe и Si, которые в последующем взаимодействуют с неупорядоченным углеродом термоантрацита или пека и повышают эксплуатационные характеристики рабочего торца НСЭ.

Список литературы

1. Ферросплавные электропечи. - Учебник / [В.А. Гладких, М.И. Гасик, А.Н. Овчарук, Ю.С. Пройдак.] – Днепропетровск: Системные технологии, 2007. - 196 с.
2. Гасик М.И. Электроды рудовосстановительных электропечей / М.И. Гасик. – М.: Metallurgy, 1984. – 248 с.
3. Шерер Г. Химические транспортные реакции (пер. с нем.) / Г Шерер. – М.: Мир, 1964. – 189 с.
4. Юрковский И.М. Графитация углеродных материалов с катализаторами / И.М. Юрковский, Д.С. Константинов // Цветная металлургия. – 1988. - № 6. - С. 62-63.
5. Патент JP 2007031233, 200 S, METHOD FOR PRODUCING GRAPHITE MATERIAL / Saka Minori, Hatano Hitomi. - опубл. 08.02.2007 г., приорит. JP20050219339, 28.07.2005г.
6. Чалых Е.Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. – М.: Metallurgy. – 1972. – 432 с.
7. Нацумэ Исаму. Электроды из искусственного графита / «Тансо, Tanso». – 1970. - №60. – С. 30-38 (япон.). (РЖМ, 1971, 5Б50).
8. Демин А.В., Ракчеева А.В., Перкова Г.А., Шипков Н.Н. Новый класс искусственных графитов // Цветные металлы, 1970. - №4. – С. 61-62.
9. Кашкуль В.В. О повышении эксплуатационной стойкости самообжигающихся электродов. В кн.: Современные проблемы металлургии. Т. 2, Днепропетровск, 2001, с. 130 – 136.

10. Кашкуль В.В., Гриншпунт А.Г., Люборец И.И. Передовой опыт эксплуатации рудовосстановительных электропечей. – М.:Металлургия, 1988. – 88 с.

11. Патент України №100302, МПК С01В 31/04. Спосіб інтенсифікації процесу графітації вуглецевої продукції / Гасик М.І., Гасик М.М., Гріншпунт О.Г., Цибуля Є.І., Кутузов С.В., Буряк В.В. – опубл. 10.12.2012 р. Бюл. №23.

12. Солдатов А.И. Современная технология электродных масс / А.И. Солдатов, Т.В. Рогожина. – Челябинск: Фрегат, 1997. – 156 с.

Рукопис подано до редакції 11.04.14

УДК 669.184: 681.518.52

А.А .ВЕРХОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц., В.И. ГОЛОВКО, д-р техн. наук, проф.

М.А .РЫБАЛЬЧЕНКО, аспирант, Г.А .ПАПАНОВ, ст.преподаватель

ГВУЗ «Национальная металлургическая академия Украины», ГВУЗ «Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна»

ПРИНЦИПЫ УПРАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ОБ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ШЛАКА

В результате экспериментальных исследований установлена взаимосвязь радиолокационных данных с физико-химическими характеристиками шлака. Показана перспектива применения радиолокационных уровнемеров для контроля уровня расплава и для управления конвертерной плавкой в динамическом режиме на основе этой информации.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Выплавка стали в кислородных конвертерах представляет собой комплекс сложных, взаимосвязанных физических и химических процессов, происходящих в неоднородных средах. Одной из важнейших задач управления такими процессами является выявление и предотвращение различных нестандартных ситуаций, способных вызвать аварии, ухудшить качество продукции или уменьшить производительность агрегатов. С учетом неоднозначности конвертерного процесса и недостаточности его аналитического описания, можно утверждать, что значительную роль в управлении ими играет человек - оператор. В результате, управляющие воздействия часто носят субъективный характер, а от оператора требуется наличие большого опыта, что усложняет обучение новых кадров. В этих условиях одним из важнейших направлений в диагностировании стадий конвертерной плавки является определение качественных характеристик в ходе технологического процесса.

Анализ исследований и публикаций. Существующие методы и алгоритмы управления сложными технологическими процессами, к числу которых следует отнести и кислородно-конвертерную плавку стали, базируются в основном на представлениях и моделях внутренних механизмов протекающих процессов либо на функциональных зависимостях, отражающих соответствия входных и выходных параметров процессов. Однако, как показывает практика, эффективность математических моделей, основанных на расчёте, например, материально-теплового баланса, обычно не превышает 60-70 % по достижению заданных пределов химического состава и температуры стали на момент первой повалки. А вопросы надёжного прогнозирования таких состояний как вспенивание шлака, выносы и переливы шлакогазметаллической эмульсии до сих пор остаются нерешенными [1].

Протекание технологических процессов в неоднородных средах сопровождается генерацией электромагнитных, акустических, вибрационных сигналов. Эти сигналы и служат исходными данными в системах принятия решений для управления конвертерной плавкой. Перспективным путем разработки алгоритмов диагностирования для таких систем является применение методов машинного обучения, например техники «нечеткой логики». Применение подобных методов позволяет автоматизировать процесс настройки параметров алгоритмов идентификации состояний указанных процессов, а также упрощает адаптацию систем для подобных технологических объектов.

Постановка задачи. Конструкция конвертера и особенности протекания в нем высокотемпературных процессов затрудняют, а зачастую делают невозможным использование методов прямого контроля параметров конвертерной плавки. Это делает крайне актуальной задачу эффективного ведения динамики процессов, протекающих в конвертерной ванне для получения заданного состава, температуры готовой стали и предотвращения тенденций, связанных с выбросами расплава. При высокой скорости протекания процесса продувки и большом объеме текущей информации ручное управление кислородно-конвертерным процессом весьма сложным как физически, так и психологически. Поэтому, максимальную эффективность динамического контроля и управления конвертерной плавкой сможет обеспечить только привлечение непрямых методов диагностирования и компьютерной обработки информации.

Изложение материала и результаты. Одним из ключевых параметров конвертерного процесса является изменение уровня металлургического расплава. Получение оперативной информации об этом параметре связано с нестационарностью и агрессивностью среды, физико-химическими свойствами расплава в условиях шлакообразования, интенсивным пылегазовыносом и другими факторами.

Существующие средства измерения и контроля уровня материалов такие как пневмо- и электромеханические, электрические, оптоэлектронные, радиоизотопные, гидростатические, гидро- и газодинамические, акустические (ультразвуковые) и другие имеют ряд серьезных недостатков, связанных с сложностью конструкции, низкой надежностью, абразивным износом, высокой погрешностью измерений, ограниченностью применения в агрессивных средах, защитой измерительных элементов от высоких температур, вибрации, запыленности, а также с высокими капитальными затратами на их внедрение [2]. Большинство из этих недостатков лишены микроволновые уровнемеры (РДУ). Перспективность широкого использования этого принципа при контроле параметров конвертерного процесса определяется его бесконтактностью, быстродействием, устойчивостью к влиянию внешних факторов и экологичностью. Устройства этого типа давно зарекомендовали себя в тяжелых металлургических условиях [3]. Установка радиолокационных датчиков не требует значительных финансовых затрат, а для измерительных элементов разработаны устройства теплопылезащиты, позволяющие разместить их в благоприятных условиях, что обеспечивает высокую надёжность.

Использование РДУ для измерения уровня расплава в кислородных конвертерах позволит организовать динамическое управление конвертерной плавкой. Взаимосвязь и изменение во времени состава, свойств и соотношения металлической, шлаковой и газовой среды во время ведения конвертерной плавки практически не изучены [4]. Свойства шлаков и параметры процесса шлакообразования обычно определяются интуитивно, принимая во внимание косвенные признаки - шум, вибрация, выбросы и т.п.

На основании радиолокационных данных о параметрах конвертерной эмульсии можно утверждать существование их взаимосвязи с физико-химическими характеристиками процесса выплавки стали, в частности такими, как химический состав и свойства шлака. При этом амплитудные характеристики сигнала определяются не только расстоянием до поверхности ванны, но и, в значительной степени, отражательной способностью шлака [5].

Экспериментальные плавки подтвердили наличие указанных взаимосвязей [3]. Конвертер был оснащен лабораторным комплексом, обеспечивающим измерение и регистрацию радиосигналов для последующей их обработки и анализа. Зондирование конвертерной ванны осуществляли с использованием пассивного переотражателя. Причем продувку не прекращали, а переотражатель располагали непосредственно над конвертером на расстоянии 30-50 мм от фурмы. Обработка радиолокационных сигналов осуществлялась с использованием специальных программ для обработки спектра сигнала.

По ходу плавки через каждые 3-4 мин продувку останавливали и при вертикальном положении (без повалки) конвертера осуществляли радиолокационные измерения ванны, отбор проб металла и шлака, а также замер температуры. На повалке дополнительно отбирали пробы металла и шлака и измеряли температуру расплава. Химический анализ металла и шлака проводили с использованием приборов ДФС-41.

Во время всех плавок наблюдалось интенсивное снижение мощности отраженного сигнала U при наведении шлака (рис. 1) и появлении шлакометаллической эмульсии.

Последующий анализ изменения мощности отраженного сигнала показал, что в отдельные моменты ее снижение достигает -24 дБ от уровня шумов. Проведенные на пяти плавках сравнительные замеры расстояния метрическими средствами показали, что при спокойной ванне погрешность измерения не превышает $\pm 0,05$ м. Экспериментально полученные результаты указывают на перспективность применения радиолокационной техники как для контроля уровня расплава в конвертерной ванне на всех стадиях технологического процесса, так и для управления конвертерной плавкой в динамическом режиме на основе этой информации.

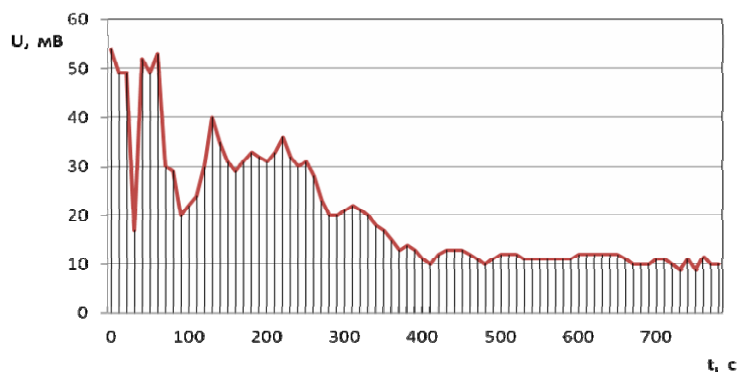


Рис. 1. Изменение величины отраженного сигнала радара по ходу продувки

Определение взаимосвязи параметров радиолокационного зондирования с характеристиками шлака проводилось по относительной величине отражательной способности R_o расплава. Физическая суть относительной величины отражательной способности R_o пропорционально соответствует коэффициенту отражения шлака.

Параметры дутьевого режима были выбраны таким образом, чтобы содержание железа в шлаке увеличивалось от плавки к плавке. При этом сопоставление составов шлака показало наличие взаимосвязи величины R_o и физико-химических характеристик шлака и, главное, от содержания в нем железа общего $Fe_{общ}$ (рис. 2).

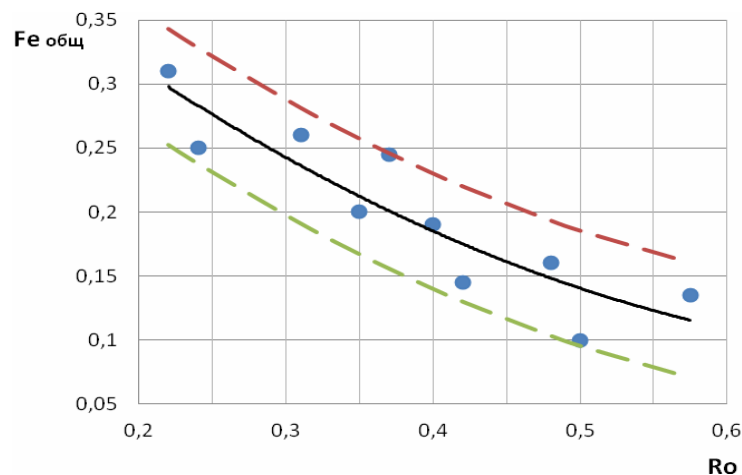


Рис. 2. Зависимость содержания железа общего в шлаке от его отражательной способности

Последнее особенно важно, так как содержание железа в шлаке является тем параметром, который главным образом определяет его свойства и ход технологического процесса [3]. Полученная зависимость с коэффициентом корреляции 0,82 описывается уравнением полиномиальной регрессии второго порядка, что говорит о высокой сходимости результатов.

Установлено, что экспериментальные точки полученной зависимости (см. рис. 2) лежат в интервале $\pm 4,5$ % от значения $Fe_{общ}$, соответствующего указанной линии тренда.

Выводы и направление дальнейших исследований. Таким образом, увеличение коэффициента отражения шлака свидетельствует о снижении содержания в нем железа общего и повышает склонность шлаков к вспениванию и выбросам. Физическая природа показателя R_o также свидетельствует о существовании четкой его взаимосвязи не только с наличием или от-

сутствием определенных химических составляющих в шлаке, но и с такими свойствами шлаков как вязкость, поверхностное натяжение, температура плавления. Информация об этих особенностях шлака, полученная после обработки радиолокационных сигналов, может стать в дальнейшем основой для создания системы динамического управления конвертерной плавкой, включающей в свой состав обучаемые блоки. В основе работы таких блоков лежит применение методов машинного обучения из области искусственного интеллекта.

Метод обучения по прецедентам представляет собой современный способ автоматизированного построения классификационных и регрессионных моделей. Обучение по прецедентам предполагает наличие обучающей выборки $\{(x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)\}$ - совокупности прецедентов (x_i, y_i) , $i = (1, 2, \dots, n)$, где вектор x_i определяет признаки (атрибуты) объекта, вектор y_i - значение искомой функции $f: y_i = f(x_i)$. Величину ошибки обучения характеризует функция потерь $L(y, f(x))$.

Применение подобных методов позволяет автоматизировать процесс настройки алгоритмов идентификации, упрощает адаптацию прикладных систем для новых технологических объектов [6], снижает требования к обслуживающему персоналу.

Список литературы

1. **Баптизманский В.И.** Теория кислородно-конвертерного процесса. - М.: Металлургия, 1975. - 376 с.
2. **Бойченко Б.М.** Конвертерне виробництво сталі (теорія, технологія, якість сталі, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія): Підручник / **Б.М. Бойченко, В.Б. Охотський, П.С. Харлашин.** - Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2004. - 454 с.
3. **Головко В.І.** Радіолокаційний контроль металургійних процесів / **В.І. Головко, О.М. Кукушкін, М.В. Михайловський та ін.** // Дніпропетровськ: Журфонд, 2010. - 428 с.
4. **Верховская А.А.** Особенности применения микроволнового зондирования уровня конвертерной ванны / **А.А. Верховская, В.И. Головкин** // Наукові праці Запорізької державної інженерної академії «Металургія» № 1 (29). - Запоріжжя: ЗДІА, 2013. - С. 144-148.
5. **Верховская А.А.** Перспективы применения радиолокационной техники для управления кислородно-конвертерной плавкой / **А.А. Верховская** // Nowe technologie osiągnięcia w metalurgii i inżynierii materiałowej. Seria: Monografie nr 15. - Częstochowa: Politechnika Częstochowska, 2011. - С. 102-105.
6. **Воронцов К.В.** Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) / **К.В. Воронцов.** - Москва, 2011. - 141 с.

УДК 622.648

Ю.Г. СВИТЛИЙ, канд. техн. наук, доц., В.С. БІЛЕЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.
Донецький національний технічний університет

САМОПЛИВНИЙ ГІДРОТРАНСПОРТ ПРИ ВИДОБУВАННІ І ЗБАГАЧЕННІ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Стаття стосується питання застосування самопливного гідравлічного транспорту при видобуванні і збагаченні корисних копалин. Подана характеристика сучасних технологічних рішень самопливного гідравлічного транспорту та методика його розрахунку.

Ключові слова: самопливний гідравлічний транспорт, технологічні характеристики, методика розрахунку.

Постановка проблеми та стан її вивчення. Самопливний гідротранспорт - переміщення гідросуміші по трубах при наявності вільної поверхні, або в каналах та жолобах, яке здійснюється під впливом природного напору. В недалекому минулому його широко використовували на вугільних шахтах, рудниках, збагачувальних фабриках. Самопливне транспортування матеріалу здійснюється по ґрунту або по спеціальних провідниках (настилах, жолобах, трубах, каскадних та гвинтових спусках тощо).

Самопливний гідротранспорт - це найбільш продуктивний, малогабаритний та безпечний вид транспорту, став якого прокладають з похилом не менше 3 %. Порівняння економічної ефективності самопливного гідротранспорту з автомобільним, залізничним та конвеєрним свідчить про його безумовну перевагу.

Широке застосування самопливного транспорту обумовлене такими перевагами, як легкість нарощування траси жолобів, простота з'єднання окремих жолобів, менша вага і менша вартість одного лінійного метра жолобового ставу у порівнянні з напірним гідротранспортом,

можливість швидкого виявлення закупорок та відносна легкість розбутовування жолобів. До недоліків самопливного гідротранспорту слід віднести відсутність засобів стабілізації продуктивності системи, забутовування жолобів внаслідок попадання до них сторонніх предметів та великих грудок транспортованого матеріалу, витік транспортної води через відсутність герметизації на стиках жолобів та підвищений знос жолобів. Зменшення гідроабразивного зношування жолобів забезпечується покриттям емаллю та футеруванням зносостійкими матеріалами (керамічною плиткою, кам'яним литтям, склом, тощо) [1-4].

Сьогодні при виборі засобів транспортування часто перевага віддається не самопливному гідротранспорту, а іншим, більш сучасним способам, хоча вони і програють в економічності, простоті, технологічності тощо.

Мета цієї статті - характеристика сучасних технологічних рішень самопливного гідравлічного транспорту та подання методики його розрахунку.

Викладення основного матеріалу. Найбільше розповсюдження сьогодні у самопливному гідротранспорті знайшли жолоби трапецієподібної форми, які складаються з окремих ланок довжиною до 1,5 м.

Застосовують жолоби при похилу ґрунту не більше 15-20°. При більшому похилі застосовують труби. Розміри жолобів найбільш розповсюдженого типу наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Типорозміри жолобів для самопливного гідротранспорту

Тип жолоба	Ширина, мм		Висота, мм	Довжина, мм	Площа перерізу, м ²
	внизу	зверху			
I	300	400	300	1250	0,105
II	350	450	300	1250	0,120
III	400	500	300	1250	0,135
IV	500	600	300	1250	0,165
V	570	670	300	1250	0,186

Транспортна здатність потоку води при самопливному транспортуванні визначається, в першу чергу, крупністю твердого матеріалу та концентрацією гідросуміші (масовою або об'ємною) - співвідношенням твердого матеріалу та рідкої фази в гідросуміші. Найбільша кількість транспортної води потрібна в тому випадку коли у масі транспортованого матеріалу переважають великі грудки.

Середньозважена крупність $d_{сеп.}$ гірничої маси та крупність найбільшої грудки d_{max} є основними характеристиками твердого матеріалу, які визначають витрату води, необхідну для здійснення надійного транспортування жолобковим ставом певного похилу. Оскільки у залежності від гірничо-геологічних факторів (потужність, міцність, тривкість та стійкість вмісних порід до розмокання) гірнична маса може бути у певній мірі засмічена пустою породою, ще одною визначальною характеристикою твердого матеріалу є густина, яку також враховують при визначенні кількості води для створення несучого потоку через відношення ρ_s/ρ_o .

Необхідні для забезпечення надійного транспортування витрати води визначаються також геометричними параметрами жолоба $b/tg\alpha$, коефіцієнтом тертя транспортованого матеріалу по дну та стінках жолобів f_m , похилом i , густиною гідросуміші $\rho_{см}$ та коефіцієнтом k_y , що визначає якість укладення ставу жолобів, та коефіцієнтом шорсткості стінок, які обмежують потік, n .

У загальному вигляді цю залежність можна подати рівнянням

$$Q_o = f\left(\frac{b}{tg\alpha}, d_{max}, d_{сеп.}, f_T, \frac{\rho_s}{\rho_o}, \rho_m, K_y, n, \frac{1}{i}\right). \quad (1)$$

Аналогічно похил необхідний для самопливного гідротранспорту вугілля (породи, руди) в трапецієподібних жолобах може бути визначений як

$$i = f\left(\frac{b}{tg\alpha}, d_{max}, d_{сеп.}, f_T, \frac{\rho_s}{\rho_o}, \rho_m, K_y, n, Q_o\right). \quad (2)$$

У кожному окремому випадку необхідні для здійснення надійного транспортування гірничої маси витрати води мають бути достатньо обґрунтованими. На підставі узагальнення досвіду

експлуатації самопливних гідротранспортних систем нами рекомендовано [1] такі параметри з урахуванням якості укладення жолобів та наявності місцевих опорів (табл. 2).

Таблиця 2

Рекомендовані параметри самопливного гідротранспорту

Матеріал, який транспортують	Тип жолобів			
	металеві		емальовані	
	глибина потоку перед введенням твердого матеріалу	похил	глибина потоку перед введенням твердого матеріалу	похил
Вугілля 0-250 мм	40-50 мм Т:Р = 1:4,5	0,05 Т:Р = 1:4,5	40-45 мм Т:Р = 1:3	0,02-0,03 Т:Р = 1:3
Порода 0-250 мм	60-75 мм Т:Р = 1:15	0,07-0,08 Т:Р = 1:15	60-65 мм Т:Р = 1:12	0,05 Т:Р = 1:12
Мінімальні похили				
Вугілля 0-250 мм	90-100 мм Т:Р = 1:7,5	0,03 Т:Р = 1:7,5	90-100 мм Т:Р = 1:5	0,015-0,02 Т:Р = 1:5
Порода 0-250 мм	0,07		0,04	

Для кожного похилу жолобового ставу існує певний інтервал витрат транспортуючої рідини, який відповідає мінімуму витрат енергії транспортної рідини на 1 т транспортованого матеріалу

$$E = \frac{Q_o \cdot \rho_o}{Q_s \cdot \rho_s} \cdot H \quad (3)$$

Практикою відмічено, а експериментальними дослідженнями підтверджено значну роль, яку відіграє у самопливному гідротранспорті сила тертя, що залежить від стану поверхні взаємодіючих матеріалів та враховується коефіцієнтом тертя. Визначені за результатами експериментів величини коефіцієнтів тертя для вугілля та породи наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Величини коефіцієнтів тертя для самопливного гідротранспорту

Матеріал жолоба	Стан жолоба	Середнє значення коефіцієнта тертя для		
		пісковіку	аргіліту	вугілля
Металевий:				
без покриття	Сухий	0,65	0,60	0,47
	Мокрий	0,66	0,46	0,36
емальований	Сухий	0,27-0,39	0,37	0,33
	Мокрий	0,43-0,45	0,30	0,225
Армований склом	Сухий	0,37	0,36	0,27
	Мокрий	0,45	0,34	0,22
Армований метлахською плиткою	Сухий	0,55	0,48	0,53
	Мокрий	0,57	0,54	0,54
Армований кахельною плиткою	Сухий	0,31	0,33	0,26
	Мокрий	0,52	0,36	0,31
Армований дерев'яними струганими дошками	Сухий	0,65	0,50	0,55
	Мокрий	0,78	0,61	0,62
Армований торцевими дерев'яними вставками	Сухий	0,87	0,74	0,79
	Мокрий	1,09	0,89	0,92
Армований гумою	Сухий	0,92	0,70	0,70
	Мокрий	0,65	0,67	0,76

Оптимальною формою перерізу жолоба, який призначено до транспортування гірничої маси, слід вважати таку, при якій глибина потоку забезпечує надійне транспортування вугілля та породи, виходячи з умов мінімальної витрати енергії на 1 т матеріалу, який транспортують.

Площа перерізу потоку ω , глибина потоку H , гідравлічний радіус R та кут нахилу стінок жолоба до горизонту β зв'язані такими залежностями

$$\omega = b \cdot H + H^2 \cdot ctg \beta, \quad (4)$$

$$\omega = b \cdot R + 2HR \cdot \frac{1}{\sin \beta}, \quad (5)$$

де b - ширина жолоба по низу.

Заданій площі перерізу потоку та куту $\beta=78^\circ$ відповідає певна ширина жолоба, яка і є гідравлічно найвигіднішою. Збільшити транспортувальну здатність потоку через збільшення його глибини можна змінюючи ширину жолоба та виходячи з умови

$$b \geq (1,5 \dots 2) d_{\max}, \quad (6)$$

де d_{\max} - максимальний розмір грудки твердого матеріалу, мм.

Найбільша транспортна здатність потоку при переміщенні монодисперсних (класифікованих) матеріалів крупністю більше за 6 мм в інтервалі похилів 0,04-0,07 забезпечується умовою

$$h_{\text{опт}} = (0,4 \dots 0,5) d_{\text{сеп}}, \quad (7)$$

де $h_{\text{опт}}$ - глибина потоку рідини до введення твердого матеріалу, мм.

Для полідисперсного (рядового) матеріалу в інтервалі похилу 0,04-0,10

$$h_{\text{опт}} = (0,25 \dots 0,5) d_{\text{сеп}}. \quad (8)$$

Транспортна здатність потоку залежить також від форми частинок матеріалу, який транспортують. Вона може бути найменшою при довгастій, дуже витягнутій з гострими гранями формі частинок, а найбільшою - при кулеподібних частинках, обкатаних на кшталт морської гальки.

На транспортувальну здатність потоку впливає також якість виготовлення жолобів, монтажу жолобових ставів, шорсткість зварних виступів, тощо. Певне значення мають місцеві опори: звуження, коліна і повороти, перетини (зливання) двох потоків, виположування ставу жолобів та уступи значної величини.

Рекомендується гідравлічний розрахунок самопливного гідротранспорту виконувати наступним чином.

Є.А. Бессонов [5] пропонує для наближених інженерних розрахунків похилів жолобів та швидкості течії гідросуміші різних ґрунтів метод А.М. Царевського.

Похил жолоба (каналу) визначається за формулою

$$i = \frac{\lg Q_{\text{см}} + 0,04C + A}{1000R}. \quad (9)$$

Розрахункова швидкість руху гідросуміші у жолобах

$$u_{\text{сеп}} = 64 \sqrt{R^3} \cdot \sqrt{(\rho_{\text{см}} - 1) w_o} \cdot a \quad (10)$$

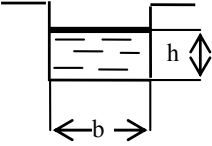
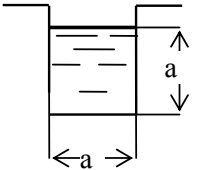
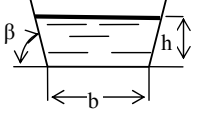
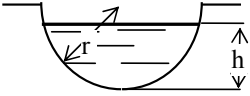
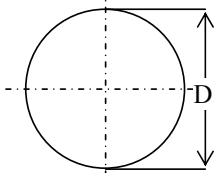
$$a = \left[\frac{d_{0-80}}{(0,5d_{\text{сеп}} + 0,8)d_{\text{сеп}}} \right]^{0,2},$$

де $Q_{\text{см}}$ - витрата гідросуміші, м³/с; C - масова концентрація гідросуміші, %; R - гідравлічний радіус, який визначають за допомогою формул, наведених у табл. 4; A - коефіцієнт, який характеризує склад ґрунту у гідросуміші (табл. 5); $\rho_{\text{см}}$ - густина гідросуміші, т/м³; w_o - осереднена гідравлічна крупність ґрунту, м/с

$$w_o = (\sum w_{\text{icc}} \cdot \gamma_i) / 100, \quad (11)$$

де w_{icc} - гідравлічна крупність стислого падіння окремих фракцій; γ - вміст цих фракцій у даній породі, %; d_{0-80} та $d_{\text{сеп}}$ - середньозважений розмір (діаметр) фракцій ґрунту від 0 до 80 % його складу та всього складу відповідно.

Визначення гідравлічного радіусу для жолобів різної форми

Форми потоку	Гідравлічний радіус
	$R = \frac{b \cdot h}{b + 2h}$
	$R = a/4$
	$R = h(h + btg\beta) / \left[\frac{tg\beta(b + 2h)}{\sin \beta} \right]$
	$R = \frac{r}{\frac{2 - \sqrt{2hr - h^2}(r - h)}{\sqrt{8hr + 1,33h^2}}}$
	$R = D/4$

Таблиця 5

Величина коефіцієнта А у формулі (9)

Вид ґрунтів	Коефіцієнт А
Глинисті та суглинисті	1,84
Супісок та пісок	2,0
Крупний пісок з невеликим вмістом гравію	3,0
Гравелистий	3-5

Таблиця 6

Швидкість падіння частинок гірничої маси у чистій воді (гідравлічна крупність) w , см/с при атмосферному тиску в інтервалі температур 0-20 °С

Розмір частинок, d , мм	Гідравлічна крупність w , см/с		
	порода $\rho_s = 2650 \text{ кг/м}^3$	антрацит $\rho_s = 1550 \text{ кг/м}^3$	вугілля $\rho_s = 1350 \text{ кг/м}^3$
0,5	5,402	2,4	2,0
1,0	11,002	4,1	3,4
1,5	16,00	5,0	4,5
2,0	19,00	6,4	6,1
2,5	21,25	7,3	7,4
3,0	23,25	8,0	8,0
5,0	30,00	10,9	10,7
7,0	35,50	13,1	12,9
10,0	42,5	16,1	15,3
12,5	47,7	18,4	16,9
15,0	52,0	20,4	18,2
17,0	56,2	21,5	19,3
20,0	60,2	22,9	20,0
22,5	63,7	23,8	21,8

25,0	67,2	24,8	22,5
30,0	73,6	26,0	24,2
40,0	87,0	30,2	29,0
50,0	98,5	33,7	32,7
60,0		37,0	36,0
70,0		40,0	38,9
80,0		42,5	41,5
90,0		45,0	44,0
100,0		47,3	46,5

Таблиця 7

Гідравлічна крупність ґрунтів при температурі 10 °С

Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, см/с	Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, см/с	Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, см/с	Діаметр частинок, мм	Гідравлічна крупність, см/с
30,0	73,6	3,0	22,75	0,37	3,90	0,065	0/201
27,5	70,6	2,5	20,92	0,35	3,50	0,06	0,173
25,0	67,2	2,0	18,75	0,32	3,12	0,05	0,124
22,5	63,2	1,75	17,32	0,3	2,74	0,02	0,020
20,0	60,2	1,5	15,65	0,27	2,38	0,01	0,0049
17,5	56,2	1,25	13,80	0,25	2,05	0,005	0,0012
15,0	52,0	1,0	11,68	0,2	1,45	0,003	0,0005
12,5	47,7	0,9	10,79	0,15	0,92	0,001	0,000049
10,0	42,5	0,85	10,29	0,14	0,81		
9,0	40,3	0,8	9,81	0,13	0,72		
8,0	38,0	0,77	9,56	0,12	0,62		
7,0	35,5	0,75	9,23	0,11	0,54		
6,0	32,8	0,65	7,88	0,1	0,46		
5,0	30,0	0,6	7,16	0,09	0,375		
4,0	26,8	0,5	5,67	0,08	0,30		
3,5	24,53	0,4	4,26	0,07	0,232		

Для твердого матеріалу різномірної за крупністю гідравлічну крупність розраховують як середньозважену величину, мм/с

$$w_{cp.} = \left(\sum_{i=1}^n w_{cp.i} \cdot \lambda_i \right) / 100. \quad (12)$$

де $w_{cp.i}$ - середньозважена гідравлічна крупність, яку підраховано для i -го класу по $d_{сер.}$ класу; γ - вихід класу у загальній пробі, %.

Таблиця 8

Дані для розрахунку жолобів за методом А.М. Царевського

Ширина жолоба по дну, м $b = 2h$	Наповнення, м $h = b/2$	Транспортований ґрунт					
		транспортований ґрунт					
		глина та суглинок без грудок		супісок та пісок дрібний та середній		пісок крупний з невеликим вмістом гравію	
		$u_{cp.}$, м/с	$Q_{cm.}$, м ³ /с	$u_{cp.}$, м/с	$Q_{cm.}$, м ³ /с	$u_{cp.}$, м/с	$Q_{cm.}$, м ³ /с
0,31	0,155	1,7	0,082	2,0	0,100	2,5	0,120
0,38	0,190	1,8	0,130	2,1	0,150	2,8	0,200
0,44	0,220	2,1	0,204	2,2	0,213	3,0	0,290
0,50	0,250	2,2	0,275	2,4	0,300	3,3	0,410
0,62	0,310	2,5	0,490	2,9	0,557	3,9	0,749
0,75	0,375	2,7	0,760	3,2	0,900	4,2	1,180

Приклад розрахунку.

Вихідні дані для розрахунку: $Q_{cm.} = 0,3$ м³/с; $C = 17$ %; склад ґрунту - пісок середньої крупності; коефіцієнт шорсткості жолобів $\Delta_E = 0,012$.

Згідно до табл. 8 для $Q_{см} = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$; $b = 0,5 \text{ м}$; $h = 0,25 \text{ м}$; $u_{сер.} = 2,4 \text{ м/с}$.
Гідравлічний радіус згідно табл. 4

$$R = \frac{b \cdot h}{b + 2h} = \frac{0,5 \cdot 0,25}{0,5 + 2 \cdot 0,25} = 0,125 \text{ м.}$$

Визначаємо похил жолоба за формулою (9) при $C = 17 \%$; $A = 2$.

$$i = \frac{\lg 0,3 + 0,04 \cdot 17 + 2}{1000 \cdot 0,125} = 0,0173.$$

Визначимо величину a за формулою (10) при $d_{0-80} = 0,2 \text{ мм}$;
 $d_{сер.} = 0,2 \text{ мм}$.

$$a = \left[\frac{0,2}{(0,5 \cdot 0,2 + 0,8) \cdot 0,2} \right]^{0,2} = 1,02.$$

Величина розрахункової швидкості гідросуміші у жолобі складатиме при $w = 0,02 \text{ м/с}$

$$u'_{cp.} = 64 \sqrt{0,125} \cdot \sqrt[3]{(1,07 - 1,0)0,02} \cdot 1,02 = 2,46.$$

Отже, розрахункова швидкість майже дорівнює швидкості, яку визначено з табл. 8.

Висновки. 1. Самопливний гідравлічний транспорт продовжує в сучасних умовах мати велику нішу для використання при видобуванні і збагаченні корисних копалин.

Порівняння економічної ефективності самопливного гідравлічного транспорту з автомобільним, залізничним та конвеєрним свідчить про його безумовну перевагу.

2. Подана характеристика сучасних технологічних рішень самопливного гідравлічного транспорту та методика його розрахунку. Це дозволяє актуалізувати застосування такого транспорту на сучасних гірничих підприємствах, сприяє його подальшому розвитку.

Список літератури

1. Світлий Ю.Г. Гідравлічний транспорт / Ю.Г. Світлий, В.С. Білецький. - Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. - 436 с.
2. Джваршеншвили А.Г. Системы трубного транспорта горнообогатительных предприятий. - М. - Недра, 1981. - 384 с.
3. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. - М. - Недра, 1985. - 192 с.
4. Харин А.И., Новиков М.Ф. Гидромеханизация земляных работ в строительстве. - М. -Стройиздат, 1989. - 192 с.
5. Бессонов Е.А. Технология и механизация гидромеханизированных работ: Справочное пособие для инженеров и техников. - М. - Центр, 1999. - 543 с.

Рукопись поступила в редакцию 25.03.14

УДК 621.926.2/3: 622.73

А.Д. УЧИТЕЛЬ, д-р техн. наук, проф., Н.А. Дац, аспирант
КметИ «Криворожский национальный университет»

МЕТОДИКА ВЫБОРА ТИПА ДРОБИЛКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ СНИЖЕНИЕ КРУПНОСТИ ЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ, ПОДАВАЕМОЙ НА ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

Приведена методика выбора типа дробилки, обеспечивающей минимизацию размеров частиц продуктов дробления железной руды перед подачей ее на измельчение из ряда применяемых и перспективных для применения типов дробилок.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Процесс обогащения железных руд включает последовательные технологические операции дробления (в реальных условиях до максимальных размеров частиц - 12-35 мм), и измельчения продуктов дробления до фракций (- 0,050-0,074 мм) в барабанных мельницах с инородной измельчающей средой, представленной в виде шаров, цельсов, стержней, рудной гали, а также в мельницах самоизмельчения.

Снижение крупности продуктов измельчения исходной руды для более полного раскрытия рудных минералов приводит к повышению содержания железа в концентратах, являющегося

основным показателем его качества [1], и при этом, чем мельче частицы исходной руды, подаваемой на измельчение, тем меньше затраты на их измельчение. В связи с тем, что реальные энергозатраты на измельчение руды многократно превышают энергозатраты на дробление, традиционно основным направлением совершенствования технологии диспергации руды является совершенствование операции помола (измельчения) и оборудования для ее осуществления.

Установлено, что приоритетным для обеспечения снижения затрат в процессе производства концентрата является совершенствование операции дробления для снижения крупности дробленого продукта.

Анализ исследований и публикаций. Снижение крупности дробленого продукта, подаваемого на измельчение может быть реализовано либо путем уменьшения ширины зазора между дробящими элементами в районе эвакуации дробленого продукта, либо путем повышения интенсивности их движения. Снижение зазора между дробящими элементами приводит к пропорциональному уменьшению производительности дробилки и увеличению износа дробящих элементов в районе минимального зазора между ними. Повышение интенсивности движения дробящих элементов дробилок путем повышения угловой скорости приводного вала приводит к увеличению потерь в подшипниковых узлах и потере энергии в металлоконструкциях, т.е. к снижению КПД дробилки [2,3].

Снижение затрат на измельчение неизбежно потребует их увеличения на стадии дробления, что позволяет представить задачу выбора размеров частиц дробленого продукта как оптимизационную. Оптимизация производится путем снижения крупности дробленого продукта до тех пор, пока сумма затрат на дробление 1 т железной руды, и затрат на ее измельчение не станет минимальной, а дальнейшее снижение крупности дробленого продукта приведет к росту затрат [4].

Опыт эксплуатации показывает, что у дробилок разных типов и модификаций (конусных, щековых, роторных и др.), которые реализуют разные виды воздействия рабочих органов на дробимый материал (сжатие-растяжение, изгиб, срез, удар или комплексные воздействия нескольких видов) эксплуатационные показатели (удельная производительность на 1 мм ширины зазора $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$), удельные энергозатраты на дробление 1 м^3 материала ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$), износ дробящих элементов ($\text{г}/\text{м}^3$), выход на стадии дробления готового класса (например - 0,05 мм в %) существенно различны [3]. Показатели дробилок разных типов показаны в табл. 1.

Таблица 1

Удельные эксплуатационные технологические показатели применяемых и перспективных для применения дробилок, при дроблении аглоруды, с кажущейся плотностью 2900-3600 $\text{кг}/\text{м}^3$, $d_{\text{исх}} = 20\text{-}35$ мм.

Тип дробилки	Удельные эксплуатационные затраты							
	производительность, $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$		выход класса (-0,050 мм, %)		износ рабочего органа дробилки, $\text{г}/\text{м}^3$		энергозатраты, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$	
	показатель	ранг	показатель	ранг	показатель	ранг	показатель	ранг
Щековая с простым движением щеки	0,189	6	15	5	6,8	6	1,95	7
Щековая с сложным движением щеки	0,122	9	18	4	7,0	8	2,18	9
Валковая с круглыми валками	0,117	10	23	2	7,5	10	2,2	10
Валковая с гранеными валками	0,153	7	14	6	6,5	4	1,6	4
Конусная вибрационная с гладкими поверхностями конуса и чаши, вибрирующими в противофазе	0,381	2	26	1	7,2	9	1,55	3
Конусная вибрационная с гранеными поверхностями конуса и чаши, вибрирующими в противофазе	0,417	1	13	7	6,3	3	1,49	2
Виброщековая	0,129	8	10	10	6,0	1	1,68	5
Кругловалковая с вибрирующим межвалковым шпунтом	0,205	5	19	3	6,7	5	2,15	8
Конусная с гладкими поверхностями конуса и чаши и эксцентриковым приводом конуса	0,310	4	11	9	6,9	7	1,93	6
Конусная с неподвижным внутренним граненым конусом и вибрирующим граненым верхним конусом	0,369	3	12	8	6,1	2	1,42	1

Под термином «ранг» в табл. 1 понимается место в ряду рассматриваемых типов дробилок; например, если по показателю «износ рабочего органа» самая высокая износостойкость (низкий износ) у виброщепковой дробилки, то ей по этому показателю присваивается ранг 1, той же дробилке по показателю «производительность» (восьмое место в упомянутом ряду) присваивается ранг 8.

Изложение материала и результаты. С учетом того, что показатели «производительность» и «выход класса (-0,050 мм)» позитивно характеризуют технический уровень дробилок, а показатели «износ плит дробилки» и «энергозатраты на дробление» – негативно, можно, приближенно, приняв допущение о равнозначности влияния указанных показателей на технический уровень дробилки, записать для каждого типа дробилки применительно к области ее использования (например, для подготовки руды к измельчению в схемах обогащения руд магнитной сепарацией)

$$P_{\Sigma g+} = \sum_{i=1}^2 K_i P_i n_i, \quad (1)$$

$$P_{\Sigma g-} = \sum_{j=3}^4 K_j P_j n_j, \quad (2)$$

$$P_{\Sigma g} = \sum_{i=1}^2 K_i P_i n_i - \sum_{j=3}^4 K_j P_j n_j, \quad (3)$$

где $P_{\Sigma g+}$ - обобщенный позитивный показатель технического уровня i -й дробилки; $P_{\Sigma g-}$ - обобщенный негативный показатель технического уровня i -й дробилки; P_i - ранг дробилки по каждому позитивному показателю ее технического уровня (удельная производительность $P_{пр}$, выход готового класса $P_{вых.кл}$); n_i - единичный показатель позитивных качеств дробилки, соответствующий её рангу (в баллах); P_j - ранг дробилки по каждому негативному показателю ее технического уровня (износ рабочего органа $P_{изн}$, энергозатраты $P_{эн.зат.}$); n_j - единичный показатель негативных качеств дробилки, соответствующий ее рангу (в баллах); K_i, K_j - коэффициенты значимости влияния фактора на экономичность использования дробилки (при равнозначном влиянии $K_1=K_2=K_3=K_4=1$).

Уточненное определение значений коэффициентов значимости требует самостоятельных исследований и в настоящей работе не приводится, считая, что в качестве первого шага к определению типа дробилки, применение которой целесообразно, для дробления руд перед подачей их на измельчение допустимо принять условие равнозначности ($K_i=1$).

Для машин, технический уровень которых характеризуется более, чем одним показателем; выбор типа машины для обеспечения определенной технологической операции затруднен, так как не понятна технология выбора; действительно, если из ряда аппаратов, совпадающих по назначению, нужно выбрать один, потребитель при принятии решения использует субъективное мнение, не всегда совпадающее с объективными показателями, характеризующими технический уровень аппарата.

Принятие наиболее рационального решения при выборе типа аппарата может быть обеспечено с использованием предложенной нами методики «CONSUMER INTEREST».

Согласно этой методики дополнительно к ранжированию основных показателей дробилок разных типов предлагается шкала (цена) ранга в баллах. Могут применяться разнообразные шкалы, важно, чтобы полученные с использованием шкалы результаты позволяли принять правильное решение с минимизацией субъективного подхода.

Например, в наиболее простом случае может быть использована равномерно убывающая шкала (табл. 2).

Таблица 2

Цена ранга в баллах

Ранг, P (согласно табл. 1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество баллов, n	10	8	6	4	2	0	-2	-4	-6	-8

С использованием принятой шкалы и выражения (3) получена трансформированная таблица удельных эксплуатационных затрат (табл. 3), в которой обобщенный сравнительный показатель технического уровня определялся из табл. 1 с учетом табл. 2, т.е. заменой ранга показателями в балла (табл. 2).

Согласно табл. 3 высокий обобщенный показатель технического уровня имеют: конусная с гладкой поверхностью конуса и чаши вибрирующими в противофазе (18 баллов);

конусная с неподвижным внутренним граненым конусом и вибрирующим граненым верхним конусом (20 баллов);

конусная с гранеными поверхностями конуса и чаши, вибрирующими в противофазе (22 балла).

Таблица 3

Удельные эксплуатационные показатели

Тип дробилки	Удельные эксплуатационные показатели								
	производительность м ³ /ч·мм		выход класса (-0,050 мм в %)		износ рабочего органа дробилки, г/м ³		энергозатраты КВт·ч/м ³		обобщенный показатель
	$P_{пр}$	показатель	$P_{вых.кл}$	показатель	$P_{изн}$	показатель	$P_{н.зат.}$	показатель	
Щековая с простым движением щеки	6	0	5	2	6	0	7	-2	0
Щековая с сложным движением щеки	9	-6	4	4	8	-4	9	-6	-12
Валковая с круглыми валками	10	-8	2	8	10	-8	10	-8	-16
Валковая с гранеными валками	7	-2	6	0	4	4	4	4	6
Конусная с гладкими поверхностями конуса и чаши, вибрирующими в противофазе	2	8	1	10	9	-6	3	6	18
Конусная с гранеными поверхностями конуса и чаши, вибрирующими в противофазе	1	10	7	-2	3	6	2	8	22
Виброщековая	8	-4	10	-8	1	10	5	2	0
Кругловалковая с вибрирующим межвалковым шпунтом	5	2	3	6	5	2	8	-4	6
Конусная с гладкими поверхностями конуса и чаши и эксцентриковым приводом конуса	4	4	9	-6	7	-2	6	0	-4
Конусная с неподвижным внутренним граненым конусом и вибрирующим граненым верхним конусом	3	6	8	-4	2	8	1	10	20

Выводы и направления дальнейших исследований. 1. При выборе типа дробилки из ряда выпускаемых промышленностью на основе их эксплуатационных показателей, оказалось, что для рассматриваемой задачи условий (дробление руды с последующим ее измельчением) - наиболее целесообразно использовать конусные - дробилки (табл. 3 пп. 5, 6, 10)

2. Принимаемая трехстадиальная схема дробления железной руды с последующим ее измельчением в барабанных мельницах не позволяет существенно снизить затраты на измельчение, так как конусная и щековая дробилки, используемые на завершающей стадии дробления, не обеспечивают существенного снижения размеров крупных кусков в продукте дробления, а снижение размеров частиц в дробленном продукте приводит к снижению производительности дробилки и росту энергозатрат.

3. Анализ эксплуатационных показателей дробилок одного назначения показывает, что их совершенствование возможно путем создания дробилки нового типа с повышенным (по сравнению с применяемыми) техническим уровнем.

Список литературы

1. Mular A.L., Jergensen G.V. Design and Installation of comminution circuits. Society of Mining Engineers AIME, New York, 1982.
2. Перов В.А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / В.А. Перов, Е.Е. Андреев, Л.Ф. Биленко: Учебн. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
3. Коротич В.И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке / В.И. Коротич – М.: Металлургия. 1978. – 208 с.
4. Учитель А.Д. Сортировка минерального сырья и шихты на вибрационных грохотах / А.Д. Учитель, В.В. Севернюк, В.П. Лялюк, В.И. Большаков // Дніпропетровськ: Пороги - 1998. – 194с.
Рукопись поступила в редакцию 25.03.14

В.С. ГИРИН, С.А. ЖУКОВ, доктора техн. наук, проф,
И.В. ГИРИН, ст. преподаватель, Криворожский национальный университет

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВ В УКРАИНЕ

Мнение специалистов в вопросе целесообразности и перспективах использования современных альтернативных автомобильных видов топлива в Украине расходятся, возникла необходимость провести обзор и анализ опубликованных работ в данном направлении.

Проведен анализ опыта Европы, где биотоплива применяются уже много лет, а также сообщений Национального института стандартов и технологий США. Киевский институт потребительских экспертиз установил, что при использовании смесей бензина с этилом мощность двигателя может повышаться, но с одновременным расходом топлива. Специалисты компании «Техсервис» утверждают, что изменений при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания не установлено, а негативные последствия связаны с некачественным продуктом.

В УкрНИИ «Автотранспроект» провели исследования о воздействии этанола на различные материалы и установили, что при содержании 7 % этанола в биотопливе не оказывает негативного влияния на процессы сгорания, то при содержании более 10 % картина противоположная и требуется адаптация к нему топливных систем. Эксперты ассоциации «Объединенные операторы рынка нефтепродуктов Украины» главной проблемой использования биотоплива в его низком качестве.

Специалисты правления Биоэнергетической ассоциации Украины относятся критически к производству биоэтанола и биодизеля в нашей стране из-за того, что значительная часть нашего автотранспорта не приспособлена по техническим характеристикам к использованию смесевых моторных топлив, при этом не выполняются нормы Энергетического сообщества по выбору парниковых газов, а также более высокой стоимости единицы энергии. Отмечено, что опыт применения современных альтернативных топлив недостаточно изучен и требует дальнейших исследований.

Проблема и ее связь с научными задачами. Автомобильный транспорт развивается во всем мире быстрыми темпами, что приводит к загрязнению окружающей среды, особенно в больших населенных пунктах, поэтому вопрос экологии стоит в настоящем времени очень остро.

В связи с этим много внимания стало уделяться производству и использованию новых видов автомобильных топлив, при сгорании которых выделяются менее токсичные отработанные газы.

Одним из таких топлив является биологическое сырье, для получения которого являются растительные продукты.

Такие виды топлива могут использоваться как самостоятельно, так и в качестве добавок к бензиновым и дизельным.

В настоящее время автомобильное биотопливо в том или ином количестве используется во многих странах и объемы его мирового производства с 2000 по 2012 гг. увеличились в семь раз - от 16 до 110 млрд л. Так в Бразилии уже каждый пятый литр автотоплива, получаемого из сахарного тростника имеет приставку «био», а в общемировом балансе доля биодизеля и биоэтанола оценивается экспертами уже в 8 %.

В тоже время ставится вопрос о целесообразности применения того или иного вида альтернативного топлива, поскольку мнение многих специалистов в этом вопросе расходится.

Сторонники ссылаются на опыт Европы, где биотопливо применяют уже много лет и никаких нареканий на него нет. Отечественные механики утверждают, что с двигателем ничего не случится, если спирта в бензине будет больше 10 %: количество вредных веществ в выхлопах уменьшается, поскольку в бензине смеси со спиртом меньше серы и бензола. Из-за этого, к слову, повышается и моторесурс.

Анализ исследований и публикаций. Что касается мнения других специалистов, то несколько лет назад киевский Институт потребительских экспертиз заправил Chevrolet Lacetti бензином, содержащим 40 % спирта. Выяснилось, что по сравнению с обычным бензином мощность двигателя повысилась на 3,4 %, а расход топлива на 8 %.

В остальном нежелательных последствий для двигателя не выявлено. Профессионалы компании «Техинсервис» утверждают: после двухлетней эксплуатации Lanos и Mitsubishi Lancer на биотопливе изменений, которые бы свидетельствовали о его вреде, не было обнаружено, а не-

гативные мнения связаны с некачественным продуктом, который, к сожалению, иногда попадает на АЗС.

Постановка задачи. Задачей данных исследований является анализ по проблемам и перспективам производства и использования современных альтернативных топлив в Украине.

Специалисты правления Биоэнергетической ассоциации Украины критически относятся к производству биоэтанола и биодизеля в нашей стране.

Во-первых, стоимость единицы энергии в биотопливе выше таковой в бензине/дизеле, а субсидировать конечного потребителя никто не собирается. В этом случае все будут покупать обычный бензин. В ЕС этот вопрос решили введением высокого акциза на нефтепродукты и установлением его на нулевой уровень для биотоплива.

Во-вторых, жидкое биотопливо с энергетической точки зрения значительно проигрывает сжигаемой в котлах биомассе (солома, подсолнечная лузга, стебли кукурузы, дрова древесные отходы, паллеты и брикеты).

В-третьих, согласно директиве 2009/28/ЕС, использование биотоплива должно обеспечить сокращение выбросов парниковых газов до 01.01.2017 г. как минимум на 35 %, с 01.01.2017 г. - на 50 % и 01.01.2018 г. - на 60 %. Между тем этот показатель не превышает 50 % и производство биотоплива, скорее всего, будет остановлено уже с 01.01.2017 г. или с 01.01.2018 г. К слову, эта директива с 1 января нынешнего года является обязательной для Украины при вступлении в Энергетическое сообщество.

В-четвертых, значительная часть нашего автотранспорта не приспособлена по техническим характеристикам к использованию смесевых моторных топлив (особенно при доле спирта более 5 %).

В-пятых, недавно ВР приняла закон об изменениях в Налоговом кодексе, согласно которым предусмотрен акцизный налог на альтернативные виды моторного топлива в размере 99 € на 1 т, раньше его не было.

Такая мера вряд ли будет способствовать развитию производства биотоплива. И это далеко не все риски, связанные с бензином, смешанным со спиртом.

Изложение материала и результаты. Район исследований соответствует актуальным проблемам использования современных альтернативных видов топлива в автомобильной промышленности.

По статистике Украина импортирует около 70 % бензина и 80 % дизтоплива, при этом 60 % нефтепродуктов осуществляется из России, поэтому стоит вопрос обеспечения энергозависимости и национальной безопасности.

На сегодня этот вопрос может быть решен за счет использования электротранспорта и, в частности, автомобилей, но при этом необходимо учитывать некоторые особенности этого вида рынка.

В среднем электромобиль на 30-50 % дороже аналогичного с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

По конструктивным параметрам электромобиль проще аналогичного с ДВС, узлы его меньше изнашиваются, не требуется частое техническое обслуживание со сменой масла, фильтров и других операций, а применение бесщеточных двигателей не требует ремонта на протяжении всей жизни автомобиля.

Преимущества нивелируются отсутствием дешевых аккумуляторов и проблем, связанных с их зарядкой. Самые дешевые модели электромобилей, претендующие на роль народных могут пробежать без зарядки 60-80 км и практически могут быть использованы в городских условиях, при этом время зарядки от обычной сети составляет порядка 8-10 часов.

Самые лучшие литиевые аккумуляторы последнего поколения могут обеспечить пробег до 1 млн км и выдерживают 5-7 тысяч зарядных циклов, но они требуют для этого мощные трансформаторные подстанции и их сеть по всей стране или области.

Стоимость комплекта таких аккумуляторов составляет приблизительно 30-35 тыс. долл., а электрокар в сборе не менее чем 50 тыс. долл.

Недавно национальный институт стандартов и технологий США сообщил, что в связи с тем, что многие автозаправочные станции разрабатывались и строились задолго до появления биотоплива, теперь на сотнях тысяч АЗС возникла угроза коррозии металла и утечки топлива.

Существует теоретическая опасность биотоплива, поскольку отечественные автозаправочные станции конструировались исключительно под обычный бензин.

По мнению экспертов ассоциации «Объединенные операторы рынка нефтепродуктов Украины», главная проблема с биотопливом в том, что его «бодяжат». Что касается исследования американского института, то его трудно комментировать, поскольку неизвестно, как оно проводилось. К тому же ничто не мешает на автозаправках установить не подверженные коррозии конструкции и свести риск протечек к нулю.

О воздействии этанола на различные материалы провели в УкрНИИ «Автотранспроект». Проверке подверглись два вида биотоплива: с содержанием до 7 % этанола и выше этого значения.

Выяснилось, что в первом случае бензин не оказывает негативного влияния на процессы сгорания и не ухудшает эксплуатационных характеристик автомобиля. Во втором ситуация диаметрально противоположная. Если бензин содержит более 10 % этанола, требуется адаптировать к нему топливные системы.

Связано это с тем, что теплота сгорания этанола практически в два раза ниже, чем у бензина и необходимо, чтобы в двигатель для поддержания соответствующей температуры сгорания поступало больше такой смеси, а значит, больше воздуха.

В этом случае необходимо дорогостоящее переоборудование топливной системы. Иначе будет снижена мощность, увеличен расход топлива и, как ни странно для экологического топлива, больше выброс токсичных веществ из-за неполного сгорания топливно-воздушной смеси в цилиндрах.

Кроме того, нужно учитывать, что этанол - коррозионная среда, особенно если он обезвоженный. Установленный в машине алюминиевый бак быстро ржавеет, поскольку этанол гигроскопичен. Зимой горючее в бензобаке расслаивается и внизу скапливается спиртоводный раствор.

Ко всему прочему этанол негативно влияет на резинотехнические изделия (особенно фторопластовые). Резиновые прокладки и шланги топливной системы быстро выходят из строя.

Ходовые испытания показали, что при применении бензина с содержанием этанола более 10% межремонтный интервал намного сокращается.

Так что обеспокоенность американцев понятна, ведь в США биотопливо, как правило, содержит 15 % этанола. К слову, в Германии по требованию Всеобщего немецкого автомобильного клуба бензин марки E-10 (содержащий 10 % этанола) на автозаправках реализовываться не будет.

Согласно стандартам нашей страны эта цифра составляет 5 %. По закону «О внесении изменений в некоторые законы Украины о производстве и использовании моторных топлив с содержанием биокомпонентов» с 2016 г. доля этанола в бензине должна составлять 7 %.

Поэтому переживать за отечественные АЗС не стоит, но только в том случае, если туда будет поступать кондиционное горючее.

Дело в том, что в США смесевое топливо имеет название газохол. Наши производители вводят потребителей в заблуждение, маскируя его под всеми возможный наименованиями.

Но хуже всего то, что после введения технического регламента целый класс топлив с содержанием этанола выше 5 % был выведен за рамки нормативной документации. На них нет стандартов, отсутствуют методы их испытаний, а самое главное - качество никем не контролируется, поскольку отсутствует соответствующее оборудование.

По статистике Украина импортирует около 70 % бензина и 80 % дизтоплива, при этом 60 % нефтепродуктов осуществляется из России, поэтому стоит вопрос обеспечения энергозависимости и национальной безопасности.

На сегодня этот вопрос может быть решен за счет использования электротранспорта и в частности, автомобилей, но при этом необходимо учитывать некоторые особенности этого вида рынка. В среднем, электромобиль на 30-50 % дороже аналогичного с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

По конструктивным параметрам электромобиль проще аналогичного с ДВС, узлы его меньше изнашиваются, не требуется частое техническое обслуживание со сменой масла, фильтров и других операций, а применение бесщеточных двигателей не требуют ремонта на протяжении всей жизни автомобиля.

Эти преимущества нивелируются отсутствием дешевых аккумуляторов и проблем, связанных с их зарядкой. Самые дешевые модели электромобилей, претендующие на роль народных, могут пробежать без зарядки 60-80 км и практически могут быть использованы в городских условиях, при этом время зарядки от обычной сети составляет порядка 8-10 часов.

Самые лучшие литиевые аккумуляторы последнего поколения могут обеспечить пробег до 1 млн км и выдерживают 5-7 тысяч зарядных циклов, но они требуют для этого мощные трансформаторные подстанции и их сеть по всей стране или области.

Стоимость комплекта таких аккумуляторов составляет приблизительно € 30-35 тыс., а электрокар в сборе не менее чем € 50 тыс.

Из недостатков следует также отметить отсутствие вторичного рынка таких автомобилей.

В Украине имеются залежи литиевых руд, в частности, Полоховское месторождение в Кировоградской области, а производство аккумуляторов для электромобилей можно наладить в корпорациях «Веста» и «Иста», но эти вопросы необходимо решать на государственном уровне, для чего потребуется определенное время.

Выводы и направление дальнейших исследований. В заключение следует сказать, что вопрос использования новых биологических видов топлив недостаточно изучен, требует дальнейших исследований, поэтому выводы по данной теме делать еще рано.

Список литературы

1. **Жук М.** Производство биотоплива: угроза или спасение. - Еженедельник, 2000. - 6.06.2008.
2. **Овдин В.** Рапсодия. - Еженедельник, 2000. - 6.06.2008.
3. Манн Г. Украинские ученые научились возвращать в промышленность «отработанные» углеводороды. - Еженедельник, 2000. - 6.06.2008.
4. **Бовсуновский В.** Жизнь после нефти. - Сегодня. - 20.04.2012.
5. **Бовсуновский В.** Горючий выбор. - Сегодня. - 17.07.2012.
6. **Сенчихин В.** Новый бензин любой двигатель погубит, 2000. - 20.04.2012.
7. **Гусак Л., Богодинов И.** Перспективы производства биотоплива, 2000. - 3.03.2006.
8. **Пономарев Г.** Восстанавливаемые или альтернативные источники энергии, 2000. - 3.03.2006.
9. **Василькевич К.** Топливо из виски, 2000. - 3.09.2010.
10. **Панченко А., Корчинский А.** Украинский пропан греет польского пана. - Сегодня. - 11.11.2005.
11. **Писаренко Д.** Гадания на нефтяной гуще «Аргументы и факты в Украине». - № 40, 2007.
12. **Мазур С.** Экологические проблемы и чиновничья изворотливость, 2000. - 27.04.2007.
13. **Чечелюк П.** «Зеленая солярка» Украины: проблемы и реалии, 2000. - 27.04.2007.
14. **Сенчихин В.** Из закуской в бензобак, 2000. - 22.02.2008.
15. **Гірін В.С., Лучко М.І.** Аналіз застосування біопалива як альтернативного виду палива для двигунів внутрішнього згоряння.
16. **Дубровін В., Корчемний М. та ін.** Біопалива// Технології, машини та обладнання. - Київ, 2004. - 256 с.
17. **Масло І.П., Заборський В.П.** До питання використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві // Механізація та електрифікація сільського господарства. - Вип.. 85. - 36. наук. праць. - Глеваха, 2001. - С. 45-49.
18. **Вірьовка М.Л.** Фізико-хімічні властивості альтернативного пального на основі рослинних олій // Механізація та електрифікація сільського господарства, 2002. - Вип. 86. - С. 290-294.
19. **Сенчихин В.** Бензин и ток в одной упряжке, 2000. - 28.09.2007.
20. **Фидель А.** Об энергетике по существу, 2000. - 21.09.2011.
21. **Бовсуновский В.** Присадки и топлива. Опасные добавки. - Сегодня, 20.03.2011.
22. **Ихельсон Е., Панченко А., Кошиль А.** Бионадежда, украинская альтернатива. Сходня, 19.09.2008.
23. **Лемешко В.** Розетка вместо бензина, 2000. - 27.08.2014.
24. **Близинок О.** Внутреннее сгорание, 2000. 26.09.2014.
25. Автомобиль, работающий на тории, будет требовать заправки всего один раз в сто лет. Источник: Carth. - chronicles.ru.
26. **Гирин В.С., Лучко М.И.** Разработка способа получения чистых топливных смесей в логистической цепочке потребления / Вісник Східно-українського національного університету ім. Володимира Даля. № 7(125) Част. 2, - Луганськ, 2008. - С. 124-127.

Рукопись поступила в редакцию 25.03.14

Д.І. КУЗНЕЦОВ, асистент, А.І. КУПІН, д-р техн. наук, проф.
Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ГРУПОВОЇ СПЕКТР-СТРУМОВОЇ ДІАГНОСТИКИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Запропоновано вирішення наукової актуальної задачі моніторингу поточного стану асинхронних електродвигунів, шляхом розробки інформаційної технології на основі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з використанням математичного апарату нейронних мереж. Розглянуто особливості створення СППР моніторингу поточного стану асинхронних двигунів та діагностування їх можливих несправностей.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Через свою популярність, оптимальному використанню асинхронних (АД) двигунів перешкоджає їхня висока пошкоджуваність, тому що АД розраховуються на строк служби 10-15 років без капітального ремонту, при умові їхньої правильної експлуатації, де під правильною експлуатацією розуміється його робота у відповідності із номінальними параметрами, вказаними у паспорті двигуна.

Це приводить до порушення безперервності технологічних процесів з наступним браком продукції, витратами на відновлення і ремонт електродвигунів, а також на відновлення нормальних технологічних процесів виробництва. У свою чергу, використання методів, засобів та інформаційних технологій контролю та аналізу поточного технічного стану асинхронних електродвигунів, дозволяє впровадити інформаційну технологію обслуговування асинхронних електродвигунів за поточним станом. Дана інформаційна технологія, шляхом моніторингу поточного стану обладнання, дозволяє до мінімуму знизити збитки від негативних наслідків за рахунок раннього виявлення дефектів, що зароджуються. При цьому витрати на технічне обслуговування асинхронних електродвигунів можуть знизитися до 50 % у порівнянні із обслуговуванням «за графіком». Оскільки майбутня експертна система повинна аналізувати поточний стан електрообладнання в реальному часі, і вчасно повідомляти про це оператору, у випадку виникнення перед-аварійних станів двигунів, було обрано пошкодження які не призводять до повного виходу з ладу обладнання. Такі дефекти спричиняють тільки подальше руйнування конструкції, що призводить, наприклад, до збільшеного енергоспоживання, вібрації тощо.

Недоліками існуючих методів, засобів та інформаційних технологій є неврахування конструктивних особливостей досліджуваного обладнання, які впливають на процес моніторингу поточного стану і знижують ймовірність розпізнавання дефектів, а також неможливість одночасного аналізу декількох досліджуваних об'єктів.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогодні існують досить поширені інформаційні технології, методи та засоби цифрової діагностики електрообладнання, зокрема асинхронних електродвигунів. Одним із перспективних варіантів розв'язання задач моніторингу та діагностики електрообладнання є використання спектр-струмової діагностики на основі використання апарату нейромереж. Нейронні мережі можна використати для розв'язання задач класифікації, зменшення рівня шуму, виділення параметрів та розпізнавання змістовних елементів цифрових сигналів з високою точністю і швидкодією. Тому дані задачі є складовою загальної проблеми цифрової обробки сигналів і на сучасному етапі є важливі та актуальні.

Зокрема, найпоширенішими методами діагностування асинхронних електродвигунів є [4]:
вібраційний спосіб оцінки технічного стану електродвигуна, за яким реєструють та аналізують сигнал, який створює вібрація приладу;

спосіб моделювання, який включає в себе етап розробки комп'ютерної моделі двигуна, з'єднання з устаткуванням за допомогою великої кількості датчиків;

спектр-струмовий аналіз, спосіб діагностики двигунів, та пов'язаних з ними механічних приладів, у яких протягом заданого інтервалу часу відбувається запис значень струмів, які споживає двигун. З отриманих значень виділяють характерні частоти для даного електродвигуна, перетворюють отриманий сигнал з аналогової форми у цифрову, а потім здійснюють спектра-

льний аналіз із отриманого сигналу та порівняння значень амплітуд на характерних частотах з рівнем сигналу на електромережі.

Серед розглянутих методів, спектр-струмовий аналіз є найбільш перспективним та оптимальним методом, тому що він дозволяє досліджувати двигун не тільки безпосередньо під'єднавшись до нього (перші два способи), а й під'єднавшись до системи живлення. При спектр-струмовому аналізі найчастіше використовують пряме перетворення Фур'є, для отримання, наприклад, амплітудно-частотної характеристики електродвигуна навіть у реальному часі.

Постановка завдання. Науковою задачею виконуваних досліджень є розробка інформаційної технології на основі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень (СППР) з використанням математичного апарату спектрального аналізу та нейронних мереж. Задача є актуальною, оскільки її вирішення забезпечить зменшення ймовірності роботи обладнання у аварійних режимах, а також зменшення витрат на планове обслуговування.

Викладення матеріалу та результати. В процесі досліджень було розглянуто необхідність реалізації системи ідентифікації АД перед процесом моніторингу його поточного стану з метою підвищення якості розпізнавання аварійних режимів роботи, та моніторингу АД у комплексі (декілька одиниць одночасно).

Аналіз залежностей виникнення дефектів АД, шляхом математичних та експериментальних досліджень, показав ефективність використання струму в якості діагностичного параметру в інформаційній системі моніторингу АД, а також його універсальність, яка полягає в аналізі спектрального шуму двигуна з подальшою можливістю використання у якості навчальної вибірки для нейронної мережі, з метою ідентифікації асинхронного електродвигуна.

Для побудови інформаційної системи моніторингу поточного стану асинхронного електродвигуна у якості основного методу моніторингу поточного стану АД було обрано спектр-струмовий метод [1]. При цьому наявність виникнення того чи іншого дефекту характеризується підвищенням значення амплітуди на відповідній «дефектній» частоті з часом. Тому основною метою інформаційної експертної системи є аналіз (моніторинг) цих дефектних частот. Для реалізації процесу моніторингу, у відповідності до обраного методу, необхідно запам'ятати спектральний шум асинхронного електродвигуна (ідентифікувати його) (рис. 1), який він залишає у електромережі, та порівнювати його через фіксовані інтервали часу.

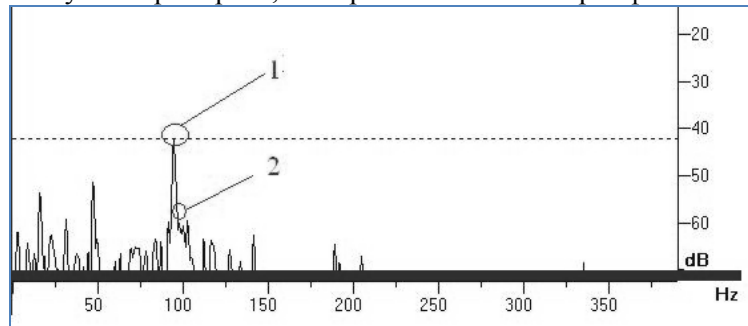


Рис. 1. Приклад реального спектрального шуму два однакових АД $P=3,5$ кВт; $h=1500$ об/хв; $U=0,4$ кВт (1,2 – характерні частоти відповідних АД)

Як засоби класифікації даних було обрано нейронні мережі, а в якості навчальної вибірки для нейромережі обираються характерні частоти зі спектрального шуму асинхронного електродвигуна. Під

характерними частотами (ХЧ) розуміються частоти, де амплітуда має найбільше значення, окрім амплітуди з частотою живлячої мережі. Вхідними даними, як при навчанні нейромережі, так і при тестуванні (ідентифікації), є діапазони частот із максимальним значенням амплітуди, тобто із масиву спектрального шуму $U[m]$, необхідно знайти діапазон частот $[m-p, m]$, в котрих із часом встановлюються максимальні значення амплітуд, де p - ширина (точність) діапазону, Ser - середнє значення амплітуд

$$Ser = \max(U[m])/p \quad (1)$$

Максимальні значення амплітуд для відповідного двигуна знаходяться у діапазоні $[A_{\min}; A_{\max}]$, де A_{\min} та A_{\max} - мінімальні та максимальні значення амплітуд, котрі можуть виникати на будь-якій частоті діапазону $[m-p, m]$ АД, що і є його основною властивістю. Дану особливість можна пояснити, наприклад, скачками напруги в електромережі тощо.

З метою аналізу впливу неоднорідності конструктивних особливостей однакових двигунів було створено модель АД у математичному пакеті MatLab. У результаті моделювання 20 однакових електродвигунів з різними конструктивними особливостями, було отримано наступні результати: у середньому, розкид за 1,2,3 характерними частотами склав 30,14 та 8 % відповідно. Отже, при моніторингу дефектів електрообладнання, ефективність розпізнавання пошко-

джен у середньому буде складати 84 % [3-4]. Отримані результати були підтвержені на реальних АД.

Для підвищення показника ефективності інформаційної технології розпізнавання та моніторингу дефектів електродвигунів, запропоновано використовувати статистичний корегуючий коефіцієнт θ , який враховує фізичні особливості електрообладнання, і розраховується так

$$\theta = \left| \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n} \right|, \quad (2)$$

де n - кількість частот, які ідентифікують електродвигун; δ - дисперсія амплітуд ХЧ із серії дослідів.

Отже, з урахуванням фізичних особливостей електродвигунів, частоти, характерні для різних видів дефектів визначаються так

$$f = fn \pm \theta, \quad (3)$$

де fn - частота відповідного дефекту, яка визначається відповідно з існуючими залежностями.

В умовах сучасних підприємств якість споживаючої напруги не є ідеальною, що в свою чергу, може істотно впливати на формування спектрального шуму АД. Дану особливість необхідно враховувати при використанні апарату нейронних мереж, наприклад, використовуючи деякий критерій розпізнавання дефектів.

Як критерій розпізнавання дефектів для експертної системи запропоновано використовувати відносне значення спектральної густини електродвигуна (децибел), вимірювану в дБ. Це дозволяє врахувати несиметрію напруги живлення, що може істотно вплинути на кінцевий діагностичний результат. Як вихідну величину (базисну) було обрано еталонні значення амплітуд на характерних для дефектів частотах. Під еталонними слід розуміти значення, отримані при навчанні нейронної мережі, тобто при запам'ятовуванні спектрального шуму АД у справному стані.

У загальному випадку, діагностичний критерій розпізнавання виникнення дефекту, який дає можливість моніторингу поточного стану електродвигуна в цілому, має вигляд

$$\Delta k = \sum_{i=1}^n 10 \lg \frac{A_{i\Pi}(\varphi \pm \theta)}{A_{iE}(\varphi \pm \theta)}, \quad (4)$$

де $A_{iE}(\varphi \pm \theta)$, та $A_{i\Pi}(\varphi \pm \theta)$ - еталонне та поточне значення амплітуди струму електродвигуна відповідно, φ - частота, яка характерна для виникнення того чи іншого дефекту, n - кількість досліджуваних дефектів, θ - коригуючий коефіцієнт.

У свою чергу, при виникненні дефекту, Δk повинен приймати значення

$$\Delta k > \delta, \quad (5)$$

де δ - поріг чутливості, за допомогою якого можна регулювати та контролювати несиметрію споживаючої напруги, вплив шумів тощо, яка впливає на формування. Діапазон чутливості встановлюється експериментально, відносно технологічно-конструктивних особливостей обладнання та електромережі.

Вибір кількості частот, які обираються у якості характерних частот, може істотно вплинути на якість розпізнавання АД, на середній час навчання нейронної мережі, та у подальшому на час ідентифікації, що, у свою чергу, може бути критичним показником для систем реального часу. Вплив кількості характерних частот на якість розпізнавання електродвигуна у електромережі було проаналізовано із використанням імітаційного моделювання за методом Монте-Карло.

Отже, можна зробити висновок, що оптимальною кількістю є 4-5 ХЧ, які забезпечать достатню стійкість до шумів, та знизять ймовірність співпадань частот у випадку одночасного діагностування декількох електродвигунів.

Також було проведено дослідження з вибору оптимальної структури синапсних зв'язків нейронної мережі. У відповідності до типу обраних даних, у якості навчаючої вибірки, для вибору оптимального типу НМ у програмному пакеті Neuro Solutions, було протестовано найбільш поширені типи нейронних мереж (в якості критерію було обрано кількість епох та час навчання при досягненні середньоквадратичної похибки 10-4, розмір вхідної та вихідної вибірки $n=5$).

На основі отриманих результатів, та з урахуванням структури вхідних та вихідних даних (навчаючої та вхідної вибірки), було обрано у якості базової структури нейронної мережі багаточаровий перцептрон.

Для даного типу нейронної мережі, з числом входів, наприклад, $P=5$ (5 характерних частот, що ідентифікуюють електродвигун), та кількістю виходів $m=1$ (ідентифікований електродвигун або ні), згідно із теоремою Колмогорова-Арнольда-Хехт-Нільсона, кількість синапсних зв'язків L_w , та кількість нейронів у внутрішньому шарі N повинна складати

$$\frac{mP}{1 + \log_2 P} \leq L_w \leq m \left(\frac{P}{m} + 1 \right) (n + m + 1) + m \quad (6)$$

$$L_w=43, \text{ та}$$

$$N = \frac{L_w}{n + m} = 8. \quad (7)$$

У свою чергу, ця кількість, у відповідності до вхідної навчаючої вибірки, буде змінюватись. У результаті досліджень було з'ясовано, що зі збільшенням кількості вхідних нейронів, кількість синапсних зв'язків та нейронів у внутрішньому шарі збільшується. Тому правильний вибір відповідної структури з'єднання синапсних зв'язків та кількості вхідних нейронів може істотно вплинути на продуктивність НМ, а це, у свою чергу, впливає на адекватність інформаційної системи діагностування АД.

З метою вибору оптимальної структури НМ було використано еволюційний підхід на основі генетичного алгоритму. Вибір найкращої хромосоми відбувався у відповідності до обраних критеріїв (кількість синапсних зв'язків та час навчання НМ). У якості батьківських НМ (хромосом), у відповідності до кількості вхідних нейронів, обиралися одно- та двошарові нейромережі з повнозв'язними синапсними зв'язками. Причому, процес селекції та утворення нових батьківських хромосом відбувався до погіршення критеріїв відбору (кількість епох та функції пристосованості). Також, при селекції та виборі найкращих осіб, враховувалася наявність мертвих нейронів, та однаково генетичних осіб.

Найменшу кількість епох, час навчання та найменшу кількість синапсних зв'язків показують структури, які містять 5 або 6 вхідних нейронів (ХЧ).

Оптимальними НМ є структури із кількістю вхідних нейронів 5 та 6. Результати вибору найкращих структур синапсних зв'язків в результаті роботи нейроеволюційного відбору наведено у додатках до дисертаційної роботи.

Для розроблюваної системи моніторингу, на основі розглянутих різновидів систем, для побудови ЕС, запропоновано використовувати багаторівневу нечітко-нейромережеву гібридну систему (ННС), яка буде складатися із підмереж нейромережевої та нечіткої логіки (рис. 2).

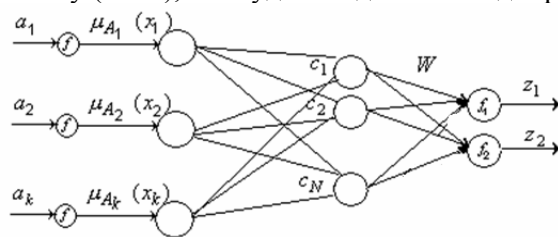


Рис. 2. Нечітка нейромережева система

ННС містить чіткі входи та нечіткі степені впливу кожного входу на ситуацію, і яка являє собою тривірневу структуру, яка здійснює контроль за станом l -ї складової (дефекту) системи ($l = \overline{1, k}$). Де перший рівень являє собою вихідні дані (спектральні характеристики, взя-

ті у проміжку $[x_0; x_n]$); другий рівень виконує фільтрацію ситуаційних ознак $C_j (j = \overline{1, N})$ - відокремлення шуму від корисного сигналу; третій рівень виконує ідентифікацію ситуації (є дефект/ немає дефекту). Відповідно до кожного з рівнів, функціонування нейронної мережі має вигляд

$$z_m^h = f_m^s \left(\sum_{j=0}^{N_c} w_{jm}^s \cdot \mu_j^s(x_1, \dots, x_N) \right), \quad (8)$$

де $s=2,3$ - номери відповідного рівня; $h=1,2$ - номер результуючого стану; f_m^s - функція активація вихідного шару.

Проведено аналіз та запобігання факторів, що впливають на розпізнавання АД у електромережі. Нейронні мережі, у силу своєї властивості зниженої чутливості до шумів, не можуть виступати у якості якісного фільтру корисного сигналу. Тому, при вирішенні задачі параметричної ідентифікації АД, у основі якої лежить спектральна діагностика сигналу, головною проблемою є виділення та визначення корисного сигналу (вищі гармоніки, які утворюють дослі-

джувані об'єкти), який у подальшому буде слугувати навчаючою вибіркою для нейронної мережі. Також, головною проблемою даного виду шумів, є спотворення корисного сигналу у випадку, коли частоти шуму та корисного сигналу співпадають, що, у свою чергу, може призвести до неправильного розпізнавання дефектів електрообладнання. Тому необхідно використовувати додаткові фільтри сигналу.

Застосування паралельних та розподілених обчислень дозволило реалізувати кластерну модель СППР на підприємстві ПП «ФЕРРОВТОР», яка дозволяє підвищити продуктивність системи в цілому, і враховує індивідуальні властивості досліджуваних об'єктів.

Розроблене програмне забезпечення на основі запропонованих рішень пройшло ряд промислових випробувань на ПАТ «Інгулецький ГЗК» у процесі моніторингу поточного стану електрообладнання, та було впроваджено на підприємствах ПП «ФЕРРОВТОР» та ТОВ «НБС Технологія».

Висновки та напрямок подальших досліджень. Удосконалено інформаційну технологію ідентифікації двигуна у електромережі на основі спектр-струменевого аналізу вищих гармонік, які утворює АД, яка відрізняється автоматичним створенням еталонного зразку роботи двигуна шляхом запам'ятовування спектрального шуму роботи та порівнянням його із поточним, що дозволяє підвищити ефективність розпізнавання аварійних режимів електродвигуна на основі стійкості визначення параметрів двигуна у відповідності до статичних та динамічних навантажень.

На основі отриманих результатів доцільно проводити дослідження в напрямку створення інтелектуальної САПР моніторингу поточного стану асинхронних двигунів у комплексі із іншими типами двигунів.

Список літератури

1. Серый Е.В. Рейтинг дефектов низковольтных электродвигателей. /Рынок Электротехники, № 2, 2007 г.
2. Петухов В.С., Соколов В.А. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока. Журнал "Новости Электротехники" № 1(31) 2005. стр. 23.
3. Mohamed El Hachemi Benbouzid/ Induction Motors' Faults Detection and Localization Using Stator Current Advanced Signal Processing Techniques / IEEE TRANSACTIONSON POWE RELECTRONICS, VOL.14,NO.1,JANUARY1999
4. Каган А.В. / Математическое моделирование в электромеханике ч.2 письменные лекции. СПб: СЗТУ, 2002 - 13 с.
5. Кузнецов Д.І. Експертна система розпізнавання дефектів електрообладнання / Д.І. Кузнецов, А.І. Купін // Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг: зб. матеріалів III всеук. наук.-техн. конф. 2012. - Донецьк.: ДонНТУ, 2012. - С. 185-187.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 622.684

А.В. ВЕСНІН, канд. техн. наук, доц., В.О. СІСТУК, канд. техн. наук,
А.О. БОГАЧЕВСЬКИЙ, аспірант, Криворізький національний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОРУДНОГО І ВУГІЛЬНОГО ПИЛУ У КОНТЕКСТІ ЇХ ВПЛИВУ НА НАРОБІТОК КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ТРАНСМІСІЇ КАР'ЄРНИХ САМОСКИДІВ

На основі аналізу простоїв кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, що зайняті при перевезеннях гірничої маси на залізрудних кар'єрах Криворізького регіону і вугільних розрізах Кузнецького басейну, встановлено, що на залізрудних кар'єрах простої по причині технічних впливів на електромеханічне обладнання самоскидів виникають на 43 % частіше. Результати дефектоскопічного аналізу елементів тягових електричних машин даних самоскидів показують, що кількість випадків пробоїв і зносу ізоляції обмоток, виходу із строю щіток, перекидання дуги по колектору двигуна у порівнянні з такими ж несправностями тягових машин, якими комплектуються аналогічні самоскиди вугільних розрізів, більше на 33,2 %. Для пошуку причини цієї проблеми було проаналізовано гірничотехнічні умови експлуатації даної моделі самоскида на родовищах двох басейнів. Встановлено, що гірничотехнічні умови та якість сервісного обслуговування суттєво не впливають на виникнення виявленої різниці у кількості несправностей такого характеру. Оскільки найбільший відсоток несправностей займають саме знос ізоляції обмоток двигунів, висунуто припущення, що причиною цього негативного процесу є потрапляння з охолоджуючим повітрям у внутрішні порожнини тягових машин високодисперсного залізрудного пилу, який, у порівнянні із вугільним пилом, має високі показники залишкової намагніченості і схильності до налипання, утворюючи струмопровідні скупчення.

Проблема та її зв'язок з науковими та прикладними завданнями. Сучасний розвиток відкритих розробок у всьому світі характеризується збільшенням продуктивності кар'єрів за рахунок прискорення темпів їх заглиблення. Це вимагає забезпечення максимальних показників використання комплексів машин, що зайняті на виробництві гірничих робіт. Дане питання особливо стосується тих транспортних засобів, які перевозять основну частину корисних копалин, що видобуваються у Криворізькому регіоні. До них відносяться самоскиди БелАЗ серії 7513, обладнані електромеханічною трансмісією змінно-постійного струму. Проте задоволення вимоги щодо підвищення продуктивності кар'єрних самоскидів ускладнюється наявністю простоїв даної техніки, більшість з яких мають організаційно-технічний характер. При цьому для самоскидів з електромеханічною трансмісією з фінансовою точки зору вагоме значення мають саме ті простоя, які викликані несправностями тягових електричних машин внаслідок великої балансової вартості останніх. Наприклад, на одному з кар'єрів регіону вихід з ладу компонентів тягового приводу викликав збільшення долі часу простоїв самоскидів БелАЗ-75131 до 17 % від сумарного часу, що витрачається на їх ремонт і технічне обслуговування. За період у 6 місяців на виконання операцій з усунення несправностей компонентів трансмісії було витрачено 1578 годин, що обумовило зменшення об'ємів перевезення гірничої маси на 66306 м³. Для компенсації таких збитків одному самоскиду необхідно провести 65 діб у безперервній роботі.

Отже, зважаючи на загострення питання наробітку тягових електричних машин, було проведено дослідження виходу за ладу їх елементів на основі інформації, яка була представлена заводом-виробником кар'єрної техніки «БелАЗ» на підставі договору від 20.01.2011 № 600-10242 «Про співпрацю в підвищенні ефективності експлуатації техніки «БелАЗ» і підготовки кваліфікаційних кадрів в Україні» між Криворізьким технічним університетом (нині Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет»), ВАТ «Білоруський автомобільний завод» (нині Холдинг «БелАЗ-Холдинг») та ВАТ «БелАЗ Сервіс Україна» (нині ТОВ «Сервісний торгово-логістичний центр БелАЗ Україна»).

У результаті аналізу отриманих даних встановлено, що для кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 спостерігається збільшення кількості несправностей електричних машин порівняно з машинами самоскидів тієї ж моделі, які виконують перевезення в подібних гірничотехнічних умовах на вугільних розрізах Кузнецького басейну.

У зв'язку з цим, актуальним питанням становиться виявлення причин збільшення несправностей елементів тягових електричних машин кар'єрних самоскидів, що працюють на кар'єрах Криворізького регіону, для скорочення організаційно-технічних простоїв самоскидів і витрат на ремонт тягового обладнання, що в загальному підсумку направлено на забезпечення зменшення собівартості транспортування корисних копалин автомобільним транспортом.

Аналіз досліджень і публікацій. У теперішній час велика увага приділяється технічному стану промислового транспорту, розробці та удосконаленню технологічних транспортних схем і вантажопотоків на кар'єрах, розвитку сервісної мережі кар'єрних самоскидів в Україні, вибору організації заміни нових та відремонтованих агрегатів кар'єрних самоскидів [2-5]. Однак існуючі дослідження не розкривають природи негативних факторів, що сприяють виходу з ладу компонентів електромеханічної трансмісії самоскидів Криворізьких кар'єрів.

Постановка задачі. Метою дослідження є виявлення причин збільшення кількості несправностей елементів тягових машин кар'єрних самоскидів, які відбуваються в умовах залізрудних кар'єрів, що не характерно для вугільних розрізів, на основі аналізу факторів, які впливають на спрацювання окремих елементів тягового електроприводу.

Викладення матеріалу і результати. Порівняльний аналіз відсоткового співвідношення простоїв, викликаних необхідністю технічного обслуговування і ремонту основних компонентів електромеханічної трансмісії проведено для кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, які зайняті при перевезенні гірничої маси на залізрудних Криворізьких кар'єрах та розрізах УК «Кузбасрозривугілля».

На підставі аналізу даних технічної документації у вигляді карток обслуговування автомобільного парку на типових кар'єрах Кривбасу та вугільних розрізів Кузбасу за період з 01.01.2012 по 01.06.2013, отриманої в рамках зазначеного вище договору та показників часу простоїв самоскидів зо причини сервісного обслуговування, профілактичних та відновлювальних ремонтів компонентів трансмісії, представлених у відкритих літературних джерелах [0,7], було зроблено вибірку з самоскидів, фактично однакових за роком введення в експлуатацію та напрацюванням.

Порівняльну гістограму простоїв, виникаючих внаслідок технічних впливів на агрегати електро-механічної трансмісії самоскидів Кузнецького та Криворізького басейнів, представлено на рис. 1.

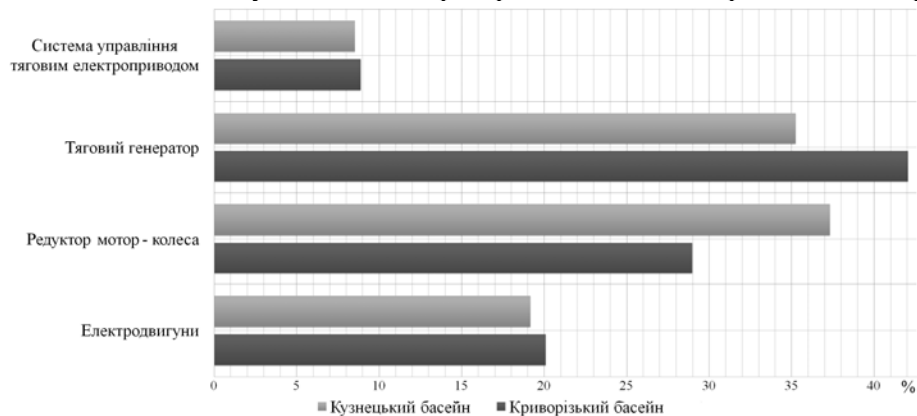


Рис. 1. Гістограма фактичних простоїв по причині технічних впливів на компоненти електромеханічної трансмісії БелАЗ-75131

З гістограми простоїв можна бачити, що на ремонт або заміну тягових електричних машин (тяговий генератор і електродвигун) припадає 62 % від загальних простоїв тягового приводу для самоскидів Криворізького регіону та 54 % - для самоскидів Кузбасу. При цьому випадки простоїв, зв'язаних з ремонтом тягового генератора зустрічаються на Криворізьких кар'єрах на 24 % частіше, а електродвигуна - на 14 %.

У той час, кількість відмов механічної частини трансмісії переважає саме для вугільних розрізів. Так, у 2008 р., з причини відмови редуктора-мотор колеса Кедровським розрізом було втрачено 18286,7 мотогодин (26,05 % від загального часу простоїв), Моховським - 5855,7 мотогодин (45,63 %), Бачатським - 23100,8 мотогодин (29,86 %) і Калтанським розрізом - 10977,4 мотогодин (31,83 %). У цілому по причині відмови редуктора розглянутими шістьма розрізами УК «Кузбасрозрізвугілля» втрачено 80699,7 мотогодин, що склало 23 % від загального часу простоїв технологічного автотранспорту [0].

Основними причинами, що викликають порушення працездатності генератора і тягового електродвигуна, є зниження опору ізоляції обмоток, пробій ізоляції обмотки на корпус, надмірне іскріння під щітками, розпаювання обмотки статора або її виводів у лобовій частині, вигорання виводів котушок полюсів ротора або їх переминок, вигорання або обрив з'єднувальної шини між обмоткою збудження та контактними кільцями, міжвіткове замикання в обмотках, перекидання по колектору електричної дуги, розрив і розмотування склобандажу обмотки якоря. Крім того, робота тягових електричних машин характеризується підвищеним нагрівом контактних кілець і підшипників [0].

Розподіл названих причин, що викликають зменшення ресурсу і збільшення вірогідності відмови тягового генератора і електродвигуна, встановлено за результатами дефектоскопії (рис. 2).

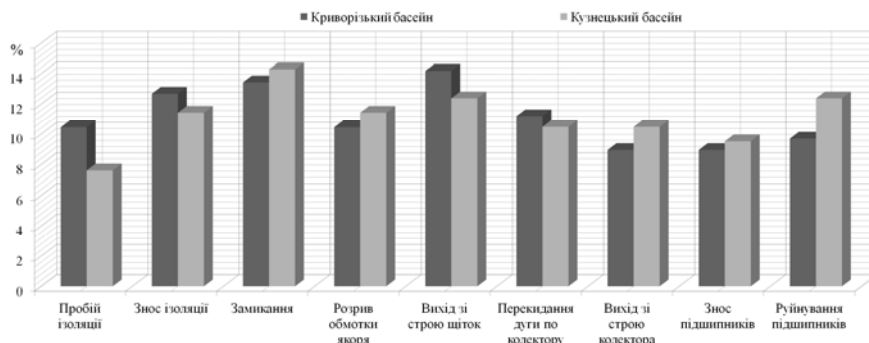


Рис. 2. Розподіл причин порушення працездатності тягового генератора і електродвигуна за результатами дефектоскопії

Для тягових електричних машин самоскидів БелАЗ-75131, які працюють на Криворізьких кар'єрах, характерним є пробій і знос ізоляції обмоток, вихід із строю щіток, перекидання дуги

по колектору. У порівнянні з генераторами і двигунами самоскидів Кузбасу, кількість даних несправностей більше на 42,0; 29,4; 31,5; 26,6 % відповідно, а у середньому - на 32,3 %, що є суттєвими показниками.

З метою усунення більшості з перерахованих пошкоджень потрібне розбирання агрегату і заміна або ремонт його складових частин, що потребує значних витрат часу і призводить до збільшення частки простоїв самоскидів [0]. Згідно даних вищезгаданих карток обслуговування, встановлено, що 13,1 % від сумарного часу простоїв кар'єрного автотранспорту припадає саме на усунення несправностей агрегатів електричної частини тягового приводу. У загальному виразі, незалежно від кліматичної зони та виду корисної копалини, що транспортується, основна доля простоїв кар'єрної техніки викликана наявністю організаційно-технічних причин. Вона досягає 88 % від загальної кількості простоїв самоскидів на залізрудних кар'єрах Криворізького регіону та відповідно 94 % на вугільних розрізах Кузнецького басейну [0].

Збільшення кількості пробітів і інтенсивності зносу ізоляції обмоток, вихід із строю щіток і перекидання дуги по колектору тягових електричних машин, що встановлено методом дефектоскопії, може виникати внаслідок інтенсивного нагріву тягових електричних машин [10]. У зв'язку з цим, необхідною стає оцінка температурного режиму роботи тягових електродвигунів, який залежить від конкретних гірничотехнічних умов роботи кар'єрного самоскида.

Для встановлення ступеня впливу гірничотехнічних умов залізрудних кар'єрів Криворізького басейну та вугільних розрізів Кузнецького на нагрів тягових електричних машин виконано їх порівняння.

Залізрудні кар'єри Криворізького регіону характеризуються глибоким заляганням продуктивних пластів, значною глибиною розробки, невеликими розмірами робочої зони у нижній частині [0]. Продуктивні відкладення Кузнецьких розрізів складає група пластів з пологим заляганням крил [11]. У табл. 1 представлено гірничотехнічні умови і показники використання кар'єрної техніки БелАЗ на гірничих підприємствах, що розглядаються. Для Інгулецького й Петровського кар'єрів середня відстань перевезень і коефіцієнти використання вантажопідйомності визначено відповідно даних бортових контролерів системи контролю завантаження і витрат пального СКЗіП.

Таблиця 1

Гірничотехнічні умови експлуатації кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131 на кар'єрах Кривбасу і розрізах Кузбасу

Залізрудний кар'єр Криворізького басейну	Вугільний розріз Кузнецького басейну	Параметри					
		глибина кар'єру, м		середня відстань перевезень, км		середній коефіцієнт використання вантажопідйомності	
Ингулецкий	Талдинский	360	120	2,3	3,2	0,921	0,930
Кар'єр ПівдГЗК	Бачатський	385	320	2,6	3,6	0,900	0,913
Глеюватський	Червонобродський	382	280	3,2	2,6	0,910	0,930
Ганівський	Калтанський	300	174	3,5	2,0	0,890	0,900
Першотравневий	Мохівський	380	104	3,4	4,0	0,920	0,910
Петровський	Кедровський	300	230	2,8	2,1	0,870	0,920
Середнє значення		351	204	3,0	2,9	0,900	0,916

Як видно з табл. 1, незважаючи на суттєву різницю у глибині розробок, середня відстань транспортування гірничої маси автомобільним транспортом становить 3,0 і 2,9 км для Криворізького і Кузнецького басейнів відповідно. Великі відстані транспортування на кар'єрах пояснюються їх значними глибинами, а на розрізах - їх протяжністю. Так, експлуатаційні дільниці Мохівського розрізу віддалені на відстані від 5 до 25 км [0]. При середній різниці глибин родовищ порівнювальних басейнів у 153 м, середньозважений повздовжній ухил трас на залізрудних кар'єрах складає 6 %, а на вугільних розрізах - 5 % [0]. Іншим показником, що впливає на температурний режим роботи тягових електродвигунів є коефіцієнт використання вантажопідйомності машин, який визначає вертикальні навантаження на деталі підвіски, раму, платформу й необхідну тягову силу. Для залізрудних кар'єрів та вугільних розрізів його середнє значення становить 0,900 й 0,916 відповідно, що обумовлює порівняні величини вертикальних навантажень.

Отже, родовища розглянутих басейнів дуже близькі за гірничотехнічними умовами і показниками, а саме, відстанню транспортування, повздовжнім ухилом трас, коефіцієнтом викорис-

тання вантажопідйомності самоскидів, що обумовлює роботу тягових електродвигунів у фактично ідентичних діапазонах навантажень.

На цьому підґрунті та після проведення розрахунків нагріву тягових електродвигунів за існуючою методикою [0], встановлено, що для самоскидів, зайнятих на двох басейнах, двигуни будуть мати практично однакові показники інтенсивності нагріву, які наближаються до максимальних значень, але їх не перевищують.

Отже, гірничотехнічні умови експлуатації кар'єрного автотранспорту не можуть створити суттєвої різниці у кількості відмов окремих елементів тягових електричних машин.

Відомо, що однією з причин спрацювання елементів тягового приводу кар'єрного самоскида може бути якість сервісного обслуговування даної техніки [0]. Навіть поверхневий аналіз цього питання дозволяє стверджувати, що вона особливо не відрізняється для гірничодобувних підприємств, що порівнюються, оскільки регіональні сервісні центри «БелАЗ» здійснюють операції з технічного і гарантійного обслуговування згідно стандартів підприємств СТП 2158, 2164, 0050 та відповідають високим стандартам якості ISO 9001 на кожному з цих підприємств [0].

Продовжуючи розгляд умов виникнення несправностей внутрішніх елементів тягових електричних машин, будемо спиратися на їх характер, а саме, те, що більшість з них пов'язана із спрацюванням ізоляції обмоток (див. рис. 2). Відомо, що основною причиною даного руйнівного процесу є різке зниження їх електричної міцності внаслідок забруднення при потраплянні у середину тягових електричних машин промислового струмопровідного пилу. При накопиченні певного об'єму пилу ізоляція обмоток втрачає механічну міцність, стає крихкою та гігроскопічною [0].

Вірогідність потрапляння струмопровідного пилу у внутрішні порожнини корпусів тягових машин безпосередньо залежить від чистоти охолоджуючого повітря системи вентиляції та охолодження кар'єрного самоскида, яка забезпечує забір повітря з найменш запиленої зони самоскида і примусове його очищення від сторонніх домішок через циклони, змонтовані на силовій шафі. При цьому забезпечується притік повітря по усмоктувальному повітропроводу у вхідний патрубок тягового генератора, по нагнітальному повітропроводу і каналам у корпусах редукторів мотор-колес - у вентилятор охолодження тягових двигунів і картер заднього моста, а вихід повітря - через вентиляційні вікна заднього моста [0].

Конструкція фільтруючого елемента передбачає можливість уловлювання 95 % загального об'єму пилу із розміром часток 10 мкм й 83 % - при діаметрі часток 5 мкм [0].

Для оцінки можливості потрапляння промислового пилу у середину тягових машин представимо відсотковий розподіл максимальних фракцій залізрудного і вугільного пилу, які утворюються при буровибухових роботах, екскавації й транспортуванні гірничої маси (див. рисунок 3). Розглядаючи дисперсний склад промислового пилу з урахуванням різних факторів пилоутворення, слід відмітити, що більшість часток пилу мають високу дисперсність. Спостерігається велика розбіжність у максимальному відсотку вискодисперсної фракції до 5 мкм залежно від виду промислового пилу: у загальному об'ємі залізрудного пилу дана фракція складає 48 %, а у об'ємі вугільного - вже 95 %. При цьому фільтр системи вентиляції та охолодження допускає проникнення 17 % часток пилу повітря діаметром до 5 мкм і 5 % - від 5 до 10 мкм. Область фракцій високодисперсного пилу, які не затримуються фільтром, становлять частки із розміром до 10 мкм, що виділено окремим кольором на рис. 3.

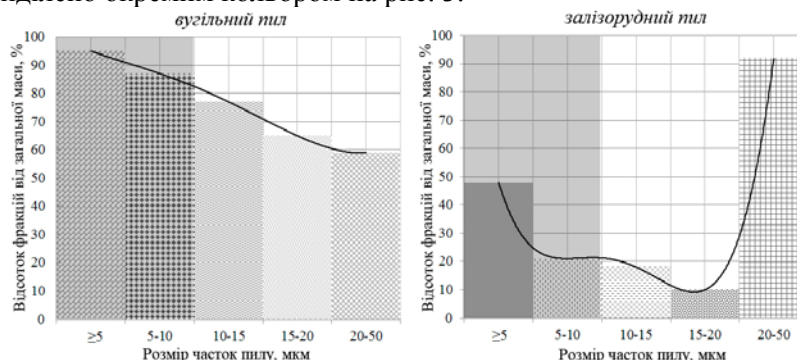


Рис. 3. Відсотковий розподіл максимальних фракцій залізрудного і вугільного пилу

Отже, фільтрувальної здатності циклону недостатньо для повного уловлювання високодисперсного промислового пилу, що обумовлює його потрапляння до внутрішніх порожнин корпусів тягових машин.

Для підтвердження можливості впливу промислового пилу на спрацювання елементів тягової машини необхідно розглянути його фізико-механічні, магнітні та електропровідні властивості (табл. 2), дослідженнями яких займалися такі вчені і спеціалісти як Батугін С. А., Москжерин В. В., Смірнов А. Ф., Сарманов И. С., Тохтюев Г. В., Борісенко В. Г., Тітлянов А. А., Бублік Ф. П., Яворський Б. І., Койфман М. І., Чірков С. Є., Скрябін Л. Я. [14-20].

Таблиця 2

Основні фізико-механічні, магнітні та електропровідні властивості залізорудного та вугільного пилу

Показник	Залізорудний пил	Вугільний пил
Механічні властивості		
Питома вага, г/см ³	1,3	1,3-1,5
Середній вихід летких речовин, %	18-25	33-39
Вологість, %	0,3-0,5	2,1
Магнітні властивості		
Класифікація	феромагнетик	парамагнетик
Середнє значення точки Кюрі, °С	850-900	100-150
Електричні властивості		
Класифікація	сильний електропровідник	напівпровідник (іноді діелектрик)
Діелектрична проникність	31000-45000	16-25
Питомий електроопір, Ом·м	$1,6 \cdot 10^4 = 3,9 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^6 - 6,5 \cdot 10^7$

Згідно досліджень названих вчених, існує чітка залежність між фізико-механічними властивостями пилу й властивостями твердого тіла, з якого він утворений. Однією з таких властивостей є питома вага, тобто та, яка звільнена від повітря та не має зв'язків з водою, але містить у собі мінеральні домішки. З табл. 2 можна бачити, що питома вага залізорудного пилу складає 1,3 г/см³, а вугільного пилу знаходиться в діапазоні 1,3-1,5 г/см³. За рахунок збільшення питомої ваги вугільних домішок у повітрі легкість даного пилу зростає майже у 2 рази в порівнянні з залізорудним пилом. З одного боку, значна легкість вугільного пилу відіграє важливу роль, оскільки у такому разі його більша кількість може потрапити до середини тягової машини. З іншого боку, вугільний пил, не маючи схильності до намагнічування та налипання, може з легкістю продуватися крізь машину з охолодженим повітрям та виходити назовні через її вентиляційні вікна за рахунок створюваного внутрішнього тиску. Але все ж слід зазначити, що вугільний пил містить на 14-23 % більше вологи у порівнянні із залізорудним, тобто він дещо більше схильний до гігроскопічності, що може призвести до утворень місцевих забруднень.

Однак найсуттєвіший вплив на знос і пробій ізоляції обмоток мають саме електромагнітні властивості, які досить різні залізорудного та вугільного пилу. Перш за все, це пов'язано з тим, що залізорудний пил відноситься до класу феромагнетиків, особливістю яких є можливість спонтанного намагнічування за рахунок зовнішнього магнітного поля, а вугільний пил, у свою чергу, є парамагнетиком, величина магнітного поля якого в більшості випадків або наближається до мінімальних значень або зовсім відсутнє.

Для визначення переходу елементів пилу з феромагнітного в парамагнітний стан, зазвичай використовують точку Кюрі, у якій практично зникає спонтанне намагнічування. Для залізорудного пилу діапазон точки Кюрі становить 850-900 °С, а для вугільного – 100-150 °С. Якщо робоча температура елементів тягового електродвигуна досягає 180°С, що перевищує точку Кюрі, вугільний пил потрапляючи до його середини, втрачає навіть остаточні магнітні властивості. Залізорудний пил, навпаки, зберігає магнітні властивості, маючи великі значення температури Кюрі, які не можуть бути досягнуті у середині тягових машин.

Інтенсивна взаємодія магнітного поля залізорудного пилу із магнітним полем тягової електричної машини може спровокувати забруднення складних по формі елементів корпусу, ізоляції обмоток. При високій вологості оточуючого повітря струмопровідні скупчення сприяють виникненню плівки води на лаковому покритті ізоляції. Через тріщини й пори волога і частинки пилу потрапляють всередину ізоляції, знижуючи її електричний опір.

Електричні властивості залізородного та вугільного пилу також мають суттєво різний характер. Залізородний пил за рахунок свого елементного складу входить до класу найвищих електропровідників, а вугільний – до класу напівпровідників, а інколи діелектриків. Основними електричними властивостями промислового пилу є питомий електроопір та діелектрична проникність. Питомий електроопір вугільного пилу з підвищенням температури з 20°C до 200°C змінюється від $9 \cdot 10^6$ до $6,5 \cdot 10^7$ Ом·м, а залізородний пил у тих же межах теплового нагріву, в свою чергу, - від $1,6 \cdot 10^4$ до $3,9 \cdot 10^4$ Ом·м. Діелектрична проникність має наглядну різницю між залізородним та вугільним пилом майже в 5000 разів. Наявність такої різниці дозволяє думати, що можливі випадки, коли під впливом електричної напруги залізородних часток пилу, які потрапили у тріщини лакового покриття обмоток, останнє втрачає ізоляційні властивості, що призводить у кінцевому підсумку до пробую ізоляції.

Таким чином, промисловий пил даних типів відноситься до протилежних магнітних та електричних класів, що по-різному впливає на спрацювання елементів тягових машин. Можна сміливо припускати, що основним із факторів, що викликає наявність приведеної різниці у кількості виходів з ладу ізоляції обмоток тягових електродвигунів є саме залізородний пил, який потрапляє до середини електричної машини з охолоджуючим повітрям.

Висновки та направлення подальших досліджень. 1. На основі аналізу карток обслуговування кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, які працюють на Криворізьких кар'єрах, встановлено, що спостерігається збільшення їх простоїв по причині сервісного обслуговування і ремонту електромеханічного обладнання порівняно із самоскидами вугільних розрізів на 43 %, внаслідок, перед усім, пробую і зносу ізоляції обмоток, виходу із строю щіток, перекидання дуги по колектору тягових генераторів і двигунів. На самоскидах Криворізького регіону дані несправності зустрічаються у середньому на 32,3 % частіше у порівнянні з електричними машинами самоскидів Кузнецького басейну, що є суттєвим показником.

2. Аналіз відкритих розробок Криворізького залізородного і Кузнецького вугільного басейнів дозволив встановити, що родовища близькі за умовами транспортування гірничої маси, такими як середня відстань перевезень, повздовжній ухил трас, а також коефіцієнт використання вантажопідйомності самоскидів, що обумовлює роботу тягових електродвигунів у близьких діапазонах навантажень, які наближаються до максимальних значень, що викликає практично однакові показники інтенсивності нагріву двигунів і не може суттєво вплинути на отриману різницю несправностей їх елементів.

3. Більшість випадків виходу за ладу елементів тягових електричних машин, визначена за результатами дефектоскопії (42 %), пов'язана із спрацюванням ізоляції обмоток. Даний руйнівний процес може бути пов'язаний із зниженням електричної міцності під впливом зволоження обмоток, забруднення їх поверхні при попаданні електропровідного пилу у внутрішні порожнини корпусів тягових машин, тривалої роботи електродвигунів при підвищеній температурі обмоток.

4. На основі порівняльного аналізу залізородного і вугільного пилу встановлено, що одним із негативних факторів, що викликає збільшення спрацювання елементів тягових машин, є ярко виражені магнітні та електропровідні властивості залізородного пилу, який потрапляє до внутрішніх порожнин тягових електродвигунів з охолоджуючим повітрям, а саме, можливість спонтанного намагнічування пилу, велика діелектрична проникність (31000-45000) і малий питомий електроопір у $1,6 \cdot 10^4$ до $3,9 \cdot 10^4$ Ом·м порівняно з вугільним пилом.

Подальші дослідження направлені на перевірку запропонованої гіпотези щодо впливу залізородного пилу на спрацювання компонентів електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів шляхом створення математичної моделі механізму його накопичення у середині корпусів тягових електромашин та руйнування ізоляції обмоток при взаємодії їх електромагнітного поля з власним електромагнітним полем частинок пилу.

Список літератури

1. Системы управления и диагностики электромеханического оборудования горно-транспортного комплекса / А. Е. Козярук, С. И. Таранов // Електромеханічні і енергозберігаючі системи, 2012 – Вип. 3(19). – С. 603-604.
2. К. Anistratov ANV Group Ltd. Experience of operation of BelAZ dump trucks in Russian open-pit mines. Eighteenth International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection (MPES 2009). November 16-19, 2009. - Banff, Alberta, Canada.

3. **Мариев П.Л.** Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / **П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов** – СПб: Наука, 2004. – 429 с.
4. **Монастырский Ю. А.** Перспективы развития сервисной сети карьерных автосамосвалов в Украине / **Монастырский Ю. А., Веснин А. В.** // Вісті Автомобільно-дорожного інституту, 2009. – вип. 1. – С. 77-81.
5. **Монастырский Ю. А.** Выбор организации замены основных агрегатов автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 120 т. // Разработка рудных месторождений, 2008. – Кривой Рог: КТУ. -вып. № 92. – с. – 148–152.
6. **Стенина Н. А.** Влияние условий эксплуатации на температурный режим редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / **Стенина Наталья Александровна**; [Место защиты: Кузбас. гос. техн. ун-т]. – 19 с.
7. **Мариев П. Л.** Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / **П. Л. Мариев** [и др.] /– М.: Недра, 2006.– 392 с.
8. **Хорешок А. А.** Метод комплексного диагностирования редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов (на примере ОАО «УК Кузбассразрезуголь») / **Хорешок А. А. Кудреватых А. В.** // Горная промышленность – 2010 – №5 (93). – С.60 – 64
9. Карьерный самосвал БелАЗ-75131 и его модификации. Руководство по ремонту 7513 –3902080 РС, РУПП «Белорусский автомобильный завод», 2007. – 208 с.
10. **Деро А.Р.** неполадки в работе асинхронного двигателя / Деро А.Р. - Библиотека электромонтера. Вып. 444. - Л.: Энергия, 1976. – 96 с.
11. Моховский угольный разрез является филиалом ОАО "Угольная компания "Кузбассразрезуголь" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.tetralab.ru/pages/viewpage.action?pageId=327919>
12. Кривбасс-БелАЗ – Сервис СП. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belaz.com.ua/centres/krivbass/about/>
13. Циклон — статья на «Инженерной энциклопедии». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://engineeringssystem.ru/c/ciklon.php>
14. Справочник (кадастр) физических свойств горных пород / Под ред. **Н. В. Мельникова, В. В. Ржевского, М. М. Протодяконова**. М.:Недра, 1975. – 279 с.
15. **Коузов П. А.** Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – 3-е изд. перераб. – Л.: Химия, 1987.– 264 с.
16. **Скрябина Л. Я** Атлас промышленных пылей (Обзорная информация. Сер. ХМ-14). М.: ЦИНТНхимнефтемаш, 1980. – 47 с.
17. **Reed W. R., Organiscak J. A.** Haul Road Dust Control / Coal Age; Oct. 2007.– Vol. 112.– Issue 10.– p 34.
18. NIOSH/Industry Collaborative Efforts Show Improved Mining Equipment Cab Dust Protection. Organiscak J. A. [and others] In: Yernberg WR, ed. Transactions of Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. – Vol. 314. – 2003 – p. 145–152.
19. **Jose I. Huertas, Dumar A. Camacho, Maria E. Huertas.** Standardized emissions inventory methodology for open-pit mining areas. Environmental Science and Pollution Research, August 2012.– Volume 19.– Issue 7.– pp 2784-2794.
20. **Chaulya S. K.** Air Quality Status of an Open Pit Mining Area in India. / Environmental Monitoring and Assessment. - 2005 - №105(1-3) - p. 369-89.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК622.235

С.С. ТКАЧЕНКО, директор ООО «Укрспецолива», г. Кривой Рог

ВОЗМОЖНОЕ РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Описаны свойства безводных эмульсий расплавов смеси аммиачной, кальциевой и натриевой селитры в индустриальных маслах, в том числе физические свойства, термостойкость, горение, детонация. Приведена технология их применения в горном деле, даны характеристики разработанного для этого оборудования.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В первом патенте США на эмульсионное взрывчатое вещество типа «вода в масле» [1] содержание воды во взрывчатом веществе (ВВ) составляет 15-35%. Эта вода не вступает в химические реакции, обеспечивающих тепловыделение при взрыве, является балластом снижает взрывную эффективность. Очевидным путем повышения удельной энергии взрыва служит направление по снижению содержания воды в составе эмульсионного ВВ. Например, в некоторых патентах предлагаются составы с содержанием воды 14-17 % [2] или 10-12 % [3].

Анализ исследований и публикаций. Указанную задачу повышения удельной энергии можно решить путем введения в состав высокоэнергетических окислителей, например хлоратов

или перхлоратов, индивидуальных взрывчатых веществ, таких как гексоген, ТЭН, нитрат монометиламина или высокоэнергетических горючих - алюминий, магний. Примеры таких составов можно найти в патенте [4]. Здесь содержание воды составляет 5-12 % и кроме того в состав входит нитрат монометиламина и перхлорат натрия. В [5] предложено вводить в состав перхлораты, а содержание воды составляет 14-20 %.

Снижение содержания воды в эмульсии вызывает ее ускоренную кристаллизацию при охлаждении, что сопровождается изменением взрывчатых свойств и снижением водостойкости. Однако такие затвердевающие эмульсии тоже представляют некоторый интерес и по мнению авторов могут заменить шашки тротила и пентолита [6]. Эти эмульсии кристаллизуются через небольшое время после охлаждения. Содержание воды в предлагаемых составах - до 5 %. В [7] описаны аналогичные составы кристаллизующихся при охлаждении эмульсий с содержанием воды до 5%, но со специальной добавкой зародышей кристаллизации для ускорения затвердевания.

Интересным решением для получения эмульсий с малым содержанием воды и отсутствием кристаллизации является введение в раствор селитры веществ, препятствующих росту кристаллов [8]. При этом содержание воды составляет 8-18 %.

Безводные эмульсии описаны в [9]. Для них предложено название «эмульсии типа расплав в масле». В конкретных примерах испытанных образцов заменителем воды для снижения температуры плавления являются карбамид или муравьинокислый аммоний или муравьинокислый натрий или ацетат аммония. Все эти соединения содержат кислород, входящий в состав органического вещества и не участвующий в реакциях взрыва, сопровождающихся выделением тепла. Единственный из предложенных безводных составов на расплаве солей азотной кислоты без дополнительных легкоплавких компонентов - состав на основе смеси аммиачной селитры и нитрата серебра в количестве 19 %.

Постановка задачи. Цель данной работы - получение стойких безводных эмульсий типа «расплав в масле» на основе аммиачной, натриевой и кальциевой селитры и исследование их свойств с возможностью применения на взрывных работах.

Изложение материала и результаты. Предприятием ООО «Укрспецолива» разработан эмульгатор, позволяющий изготавливать эмульсии для приготовления эмульсионных взрывчатых веществ без включения в их состав воды. В состав эмульсий входит эмульгатор, горючие компоненты, такие как индустриальные масла, а также аммиачная и натриевая или кальциевая селитры. Строго говоря, эмульсии, описанные ниже, содержат в своем составе воду. Количество этой воды обусловлено ее содержанием в исходных компонентах.

Так, например, гранулированная аммиачная селитра по ГОСТ 2-85 содержит до 0,3 процента воды. Таким образом, в эмульсиях содержание воды находится на этом уровне, но такое количество обычно не учитывается в технических расчетах.

Свойства таких эмульсий отличаются от свойств эмульсий, применяемых для изготовления наливных эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ).

На основе таких безводных эмульсий на указанных компонентах можно получить ЭВВ с теплотой взрыва более 3800 кДж/кг и объемом газообразных продуктов взрыва около 850 л/кг. Плотность образцов эмульсии при температуре +20 град. составила 1470-1480 кг/м³.

По указанным характеристикам данные эмульсии сравнимы с тротилом [10]. Это открывает принципиальную возможность изготовления промежуточных детонаторов или патронов-боевиков с соблюдением принципа, что инициатор должен иметь большие взрывчатые характеристики (теплота взрыва, плотность, скорость детонации), чем иницируемый заряд.

Из физических свойств следует отметить гигроскопичность безводных эмульсий. При хранении на воздухе даже при относительной влажности воздуха 30 процентов, на поверхности образуется пленка эмульсии, содержащая воду. Она резко отличается по свойствам от исходной эмульсии. При этом эмульсии обладают известной водостойкостью, обусловленной образованием именно этой, нерастворимой в воде пленки.

Термостойкость эмульсий. Испытанию на термостойкость подвергали образцы эмульсий объемом 100 мл. Составы, выдерживали на масляной бане при температуре до +160 град. Цельсия в течение до 6 часов. Наблюдали изменение внешнего вида эмульсий.

У составов с добавкой карбамида при температуре +130 град. через 2 часа происходит повышение объема из-за выделения газов. Следует отметить, что повышение объема эмульсии

происходит не сразу, а именно с задержкой в 2 часа. При температуре 140 град. рост объема начинается через 1,5 часа.

Отмечено [11] что карбамид замедляет разложение аммиачной селитры. Однако испытание эмульсий, не включающих в своем составе карбамид, показало их более высокую термостойкость.

Они выдерживают термостатирование при температуре +160 град. в течение 6 часов без внешних изменений. Именно эти составы предлагаются для внедрения.

Горение эмульсий. Измерение скорости горения производилось на образцах эмульсий цилиндрической формы диаметром 20 мм в бумажной оболочке.

Эмульсии поджигаются и устойчиво горят при атмосферном давлении со скоростью 4-6 мм/мин (0,1-0,15 кг/м²с). Для начала горения торец цилиндрического образца эмульсии помещался в пламя спиртовой горелки.

Устойчивое горение начиналось через 10-20 с после начала разогрева торца цилиндра. После поджигания цилиндры устанавливались вертикально для измерения скорости горения.

Составы, содержащие натриевую селитру, горят ровным шипящим пламенем с образованием бесцветного дыма.

Составы с кальциевой селитрой горят ровным бесшумным пламенем без дыма, однако на горячей поверхности образуются капли расплава продуктов горения, которые по мере накопления, скатываются за пределы горящего цилиндра.

Следует отметить, что эмульсии, содержащие более 15 % воды в указанном диаметре не способны устойчиво гореть при атмосферном давлении.

Взрывчатые свойства

Сенсибилизация эмульсии производилась микросферами. Срок хранения эмульсии до 30 дней. Плотность испытуемых образцов составляла 900-1250 кг/м³. Условия испытаний соответствовали испытаниям на полноту детонации по ГОСТ 14839.19-69 (открытый заряд в бумажной оболочке). В результате определено, что заряды с оптимальным содержанием микросфер детонируют в диаметре 8 мм, а в диаметре 5 мм дают отказ. Следует отметить, что это результат для указанной плотности, для определенного вида микросфер и эмульсии с указанным сроком хранения.

Такой диаметр детонации позволил определять бризантность составов по пробе, аналогичной пробе Гесса. На основе результатов бризантности отработан состав с оптимальным соотношением аммиачной, кальциевой и натриевой селитры. Кроме того, по этой же методике определено оптимальное содержание микросфер. Определяющий критерий - максимальная бризантность.

Технология применения включает в себя:

производство эмульсии, расфасовка ее в емкости объемом от 10 л, ее естественное остывание и хранение;

доставка эмульсии к месту ведения взрывных работ и изготовление эмульсионного ВВ (сенсибилизация микросферами). Устройство для сенсибилизации разработано и изготовлено.

После сенсибилизации полученное ВВ необходимо записывать в принятые формы учета ВВ;

изготовление патронов из этого ВВ или заполнение им оболочек и (или) зарядание этим непатронированным ВВ шпуров.

Здесь следует отметить, что сенсибилизированная микросферами эмульсия по консистенции напоминает тесто и не может перекачиваться традиционными для эмульсий насосами.

Нами разработано устройство для зарядания шпуров и патронирования такой сенсибилизированной эмульсии. Характеристики устройства: масса - 2 агрегата по 40 кг каждый; привод - электродвигатель 2,2 кВт, 380 В (возможен привод от сжатого воздуха); зарядный рукав длиной 10 м и наружным диаметром 32 мм.

Производительность зарядания (скорость подачи ВВ в шпур диаметром 50 мм) в горизонтальные шпуры - 5 кг/мин, в вертикальные снизу вверх (восходящие) - 1 кг/мин.

Длина экспериментальных шпуров 3-4 м. Упомянутая высокая вязкость эмульсионного ВВ обеспечивает сохранение заряда в восходящих шпурах.

Это же устройство позволяет патронировать сенсибилизированную эмульсию. Производительность патронирования 18 кг/час. Обслуживает устройство 2 человека.

Преимущества указанной технологии:

1. Отсутствие склада ВВ и необходимости в приобретении и доставки ВВ. Необходимо приобретать и хранить только электродетонаторы или неэлектрические системы инициирования. Для изготовления ВВ и патронов-боевиков необходимо приобретать аммиачную и кальциевую или натриевую селитры, минеральное масло и эмульгатор.

2. Нулевой кислородный баланс и минимальное выделение ядовитых газов.

3. Отсутствие пыления при зарядании шпуров.

4. Водостойкость.

5. Возможность изменения свойств ВВ в зависимости от пород и диаметра шпуров или скважин.

6. Снижение затрат на взрывные работы за счет меньшей стоимости сырья для приготовления эмульсионного ВВ, по сравнению с патронами заводского изготовления.

7. Возможность эксплуатации установки для производства эмульсии в неотопливаемом помещении при температуре воздуха ниже нуля градусов. Возможно размещение установки на автомобиле.

Особенностью технологии является ограниченный срок хранения эмульсии.

Срок хранения эмульсии и соответственно готового ВВ зависит от рецептуры и составляет до 1 месяца. При более длительном хранении эмульсии теряют прозрачность, на срезе становятся матовыми, а сенсibilизированные имеют больший критический диаметр.

Поэтому применение этого эмульсионного ВВ не по назначению вследствие упомянутого фактора затруднительно.

Эта технология более безопасна по сравнению с существующими технологиями в части хищения, извлечения и использования ВВ из отказов и т.п.

Как известно, традиционные технологии взрывных работ основаны на применении патронированных взрывчатых веществ или шашек заводского изготовления со значительными сроками хранения, иногда практически неограниченными.

Именно этот фактор позволяет использовать ВВ заводского изготовления в непродовственных целях.

Выводы и направления дальнейших исследований. Для внедрения предлагаемой технологии необходимо в установленном порядке получить разрешение на испытания взрывчатого вещества, устройства для его получения и устройства для его зарядания в шпуров или для производства патронов.

Совершенствование предложенной технологии возможно в направлении улучшения реологических свойств безводных эмульсий (например, снижение вязкости), упрощение их сенсibilизации и разработка эмульгатора, позволяющего получить эмульсию из расплава аммиачной селитры.

Список литературы

1. Pat. 3161551, USA, 1961.
2. Pat. 3700783, De.1977.
3. Pat. 4149917, USA. 1987.
4. Pat. 5366571, USA. 1993.
5. Pat. 4149916, USA. 1977.
6. Pat. 4548659, USA. 1984.
7. Pat. 4722757, USA. 1987.
8. Pat. 4490194, USA. 1983.
9. Pat. 4248644, USA. 1979.
10. **Поздняков Э.Г. Росси Б.Д.** , Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания. Недра, 1977 – С.253.
11. **Михайлов Ю.М., Колганов У.В., Соснин В.А.** Безопасность аммиачной селитры и ее применение в промышленных взрывчатых веществах. Дзержинск, ГосНИИ "Кристал", 2008. – С. 304.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

В.І. ЄФІМЕНКО, д-р техн. наук, проф., О.А. ПАЛИВОДА, асистент,
О.П. СУХАН, ст. викладач, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТИСНУТИХ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЦНЕНИМИ ОСЕРДЯМИ СУЦІЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ

Розглянуто проблеми, що обмежують застосування трубобетону. Виконано аналіз особливостей розвитку деформацій та характер руйнування стиснутих трубобетонних елементів суцільного перерізу зі зміцненими осердями при осьовому стиску в залежності від розмірів поперечного перерізу, товщини стінки труби та міцності бетонного ядра.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах сьогодення перед будівельниками часто постає необхідність у застосуванні стиснутих елементів, які б мали високий ступінь несучої здатності. Такі вимоги цілком задовольнить трубобетон. Завдяки своїм чисельним перевагам, трубобетонні конструкції отримали широке розповсюдження. Проте значні витрати сталі, як головний недолік трубобетону, гальмують його застосування.

Відомо, що в стиснутих трубобетонних елементах діюче зусилля сприймається як трубою оболонкою, так і бетонним осердям. Якщо збільшити несучу здатність осердя, то можна зменшити витрати сталі для отримання трубобетонного елемента з наперед заданою несучою здатністю. Тому використання зміцненого осердя приведе до значного зменшення витрат сталі й економії коштів при зведенні конструкції. Таким чином, дослідження стиснутих трубобетонних елементів суцільного перерізу зі зміцненим осердям, зокрема вивчення розвитку їх деформацій, дасть змогу обрати найбільш ефективні конструктивні рішення таких конструкцій.

Аналіз досліджень і публікацій. Перші в колишньому СРСР дослідження міцності трубобетону провів Г.П. Передерій у 1932 р. [1]. До подальшого вивчення та випробування трубобетонних конструкцій значних зусиль доклали такі вчені, як О.О. Гвоздев, В.А. Росновський, О.А. Долженко, Р.С. Санжаровський.

Починаючи з 1964 р. в КГРІ [2-5], а згодом в ПолтНТУ [6-7], під керівництвом Л.І. Стороженка проводиться широке дослідження трубобетону. Виконані експериментальні дослідження підтвердили ефективність трубобетонних конструкцій та дозволили встановити закономірності їх роботи.

В.М. Сурдіним [7,8] у Кривому Розі проведено експериментально-теоретичні дослідження трубобетону при короткочасній та тривалій дії навантаження.

Окрім того, над дослідженнями трубобетонних конструкцій, зокрема тих, що мають суцільний переріз, успішно працювали і продовжують це робити багато вчених, що представляють різні наукові школи.

Із робіт останніх років у контексті питань запропонованої тематики доречно відзначити ґрунтовні дослідження, виконані Д.А. Єрмоленком в ПолтНТУ [10-12]. Вони присвячені розробленню методики оцінювання напружено-деформованого стану та розрахунку несучої здатності трубобетонних елементів із урахуванням дійсних їх фізико-механічних властивостей, геометричних параметрів та способу завантаження на основі моделі складеного тіла. При цьому, значну увагу приділено аналізу існуючих теорій міцності й методів оцінювання напружено-деформованого стану трубобетонних конструкцій з урахуванням об'ємної роботи осердя та оболонки, а також теоретичному моделюванню роботи трубобетону під навантаженням.

Ці та інші роботи дають достатньо повне уявлення про особливості роботи під навантаженням трубобетонних елементів із осердями звичайної міцності. Однак до теперішнього часу існує ще дуже багато питань, пов'язаних з будівництвом сталезалізобетонних конструкцій, які залишаються не дослідженими. Зокрема такі, що стосуються трубобетонних елементів із осердями підвищеної міцності.

Постановка завдання. Метою проведення експериментальних випробувань є дослідження закономірностей характеру розвитку об'ємного напруженого стану, особливостей деформування та характеру руйнування трубобетонних елементів зі зміцненим осердям суцільного перерізу

при осьовому стиску в залежності від розмірів поперечного перерізу, товщини стінки труби та міцності бетонного ядра.

Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість в достатній мірі судити про особливості роботи даних елементів при осьовому стиску в залежності від способу зміцнення осердя, необхідно запроєктувати та виготовити зразки: з осердями з високоміцного бетону та з осердями, зміцненими поздовжньою стрижневою арматурою.

Викладення матеріалу та результати. При складанні програми експериментальних випробувань враховано, що несуча здатність трубобетонних елементів залежить від геометричних розмірів складових комплексної конструкції (геометричних характеристик сталевих труб та бетонного елемента) і фізико-механічних властивостей матеріалів - сталі й бетону [5, 13].

Для отримання експериментальних результатів, які дадуть можливість в достатній мірі судити про особливості розвитку деформацій трубобетонних елементів при осьовому стиску в залежності від способу зміцнення осердя, були запроєктовані та виготовлені такі групи зразків:

група I - зразки з осердями з високоміцного бетону;

група II - зразки з осердями, зміцненими поздовжньою стрижневою арматурою.

Розглянемо особливості розвитку деформацій цих зразків під навантаженням роздільно для кожної з груп. Їхні геометричні розміри та проектні значення фізико-механічних характеристик сталі та бетону наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика дослідних зразків груп I та II

Група зразків	Серія зразків	Зовнішній діаметр труби, D , мм	Товщина стінки труби, t , мм	Міцність бетону $f_{ck, prism}$, МПа
I	T-I-1	110,6	2,75	=
	T-I-2	163,0	5,50	-
	T-I-3	204,4	5,20	-
	ТБ-I-11	110,6	2,75	50,0
	ТБ-I-12	110,6	2,75	64,2
	ТБ-I-13	110,6	2,75	80,0
	ТБ-I-21	163,0	5,50	50,0
	ТБ-I-22	163,0	5,50	64,2
	ТБ-I-23	163,0	5,50	80,0
	ТБ-I-31	204,4	5,20	50,0
	ТБ-I-32	204,4	5,20	54,2
	ТБ-I-33	204,4	5,20	80,0
	II	T-II-1	159,0	4,00
ТБ-II-11		159,0	4,00	13,9
ТБ-II-12		159,0	4,00	24,3
ТБ-II-13		159,0	4,00	29,1

Примітка. Трубобетонні зразки групи II армовані поздовжньою стрижневою арматурою 6d12A-III.

Зразки *групи I* мають позначення, наприклад ТБ-I-11, де останні цифри позначають характеристику прийнятих труби та бетону. Як видно з табл. 1, діаметр труб в зразках цієї групи коливався в межах 100-200 мм, міцність бетону - в межах 50-80 МПа.

Зразки *групи II* мають позначення, наприклад ТБ-II-11, де останні цифри позначають характеристику прийнятих труби та бетону. Діаметр труб в зразках цієї групи складав 159 мм, а проектна міцність бетону коливалась в межах 15-30 МПа.

Одночасно з відповідними основними зразками планувалося виготовлення зразків із порожніх труб для експериментального визначення коефіцієнту ефективності трубобетону. Ці зразки мали маркування, наприклад T-I-1 - труби першого діаметру для зразків першої групи. Для визначення фізико-механічних властивостей сталі вирізалися спеціальні смужки.

Разом із відповідними основними зразками планувалося виготовлення 3-х комплектів стандартних бетонних кубиків (150×150×150 мм) і призм (150×150×600 мм) для визначення фізико-механічних властивостей бетону. Призми мали маркування, наприклад Б-I-1 – бетон першого складу для зразків першої групи.

При плануванні експерименту були прийняті певні обмеження. Довжина трубобетонних елементів визначалась за формулою $L=4D$. Така довжина зразків дозволяє дослідити їх роботу на міцність без впливу поздовжнього вигину та інших особливостей, що пов'язані з роботою

конструкцій на стійкість. Кожна серія включала в себе однакові зразки-близнюки. Навантаження розподілялось на комплексний переріз. При передачі навантаження на комплексний переріз оболонка та ядро завантажувались одночасно, при цьому на верхньому торці зразка оболонка та ядро отримували однакові вертикальні переміщення. У результаті схема завантаження зразків наближалась до центрального стиснення. Усі зразки із порожніх і заповнених бетоном труб були пофарбовані за два рази кузбаслаком для можливості спостереження в процесі випробування за появою ліній Людерса-Чернова.

Усі зразки випробовувалися після 28 діб витримування, необхідного для набрання міцності бетону. Випробування зразків проводилось в пресі ПММ-250. Зразки, що випробовувалися на центральний стиск (порожні та заповнені бетоном труби, бетонні призми), завантажувалися через шарніри по фізичній вісі, положення якої устанавлювалося методом пробних завантажень. Ступені завантаження складали в основному 0,1 від руйнуючої сили на початку випробування і 0,05 - при досягненні граничного стану за несучою здатністю.

Поздовжні деформації при випробуванні зразків вимірювалися за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Поздовжні й поперечні деформації в стиснутих елементах вимірювалися також за допомогою електрорезисторів. Електротензорезистори наклеювалися за допомогою клею БФ-2. Для зняття показників використовувався прилад АИД-2М. Кожен електротензорезистор був під'єднаний до вимірювального приладу АИД-1, за допомогою якого відбувалась фіксація деформацій.

Механічні характеристики металу визначалися шляхом випробування порожніх труб на стиск і випробування на розтяг вирізаних зі стінок труб стандартних зразків-смужок. Дані випробувань для зразків групи I наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-механічні характеристики сталі труб для зразків групи I

Серія зразків	Діаметр і товщина стінки труби $D \times t$, мм	Напруження при стиску		Напруження при розтягу R_p , МПа
		R_y , МПа	R_u , МПа	
T-I-1	110,6×1,9	308	445	540
T-I-2	163,0×5,5	317	475	562
T-I-3	204,4×5,2	336	413	523

Під час випробування бетонних призм вимірювалися поздовжні й поперечні деформації за допомогою електротензорезисторів, а, крім того, поздовжні деформації вимірювалися індикаторами годинникового типу. В результаті випробування призм були побудовані графіки залежності деформацій від напруження σ - ϵ , була визначена призмове міцність і вираховані модуль деформацій та коефіцієнт поперечної деформації бетону. Кубикова міцність бетону визначалась у результаті випробування кубів з розміром ребра 150 мм. Фізико-механічні властивості бетону наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики випробуваного бетону для зразків групи I

Склад бетону	Кубикова міцність, МПа	Призмове міцність $f_{ck,prism}$, МПа	Модуль деформаций $E_b \times 10^{-4}$ МПа	Коефіцієнт Пуассона ν
1	26,8	18,8	1,98	0,16
2	82,3	64,2	2,20	0,14
3	98,7	80,0	2,40	0,13

Механічні характеристики металу для зразків групи II визначалися за тою ж методикою, що й для попередньої групи.

В якості труби-оболонки прийняті цільнотягнуті труби із зовнішнім діаметром $D = 219$ мм при товщині стінки труби $t = 4$ мм. Для поздовжнього стрижневого армування прийняті шість стрижнів періодичного профілю класу А-III з діаметром $d = 12$ мм. У результаті випробувань устанавлено, що для сталі труби межа плинності $R_y = 309$ МПа, тимчасовий опір $R_u = 384$ МПа, модуль пружності $E_s = 2,1 \times 10^5$ МПа.

Для випробування арматури на розтяг використовувалися стандартні стрижні довжиною 200 мм. У результаті випробувань устанавлено, що для арматури межа плинності $R_y = 491$ МПа, тимчасовий опір $R_u = 611$ МПа, модуль пружності $E_s = 2,1 \times 10^5$ МПа.

За результатами випробування на стиск стандартних призм визначені значення призової міцності, модуля пружності та коефіцієнта Пуассона бетону. Для кожного складу бетону їх значення наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Фізико-механічні характеристики випробуваного бетону для зразків групи II

Склад бетону	Кубикова міцність, МПа	Призмова міцність $f_{ck,prism}$, МПа	Модуль деформцій $E_b \times 10^{-4}$ МПа	Коефіцієнт Пуассона ν
1	15,1	13,9	1,25	0,17
2	27,6	24,3	2,00	0,16
3	33,6	29,0	2,13	0,17

Таким чином, під час експерименту вимірювалися поздовжні й поперечні деформації зразків при осьовому навантаженні.

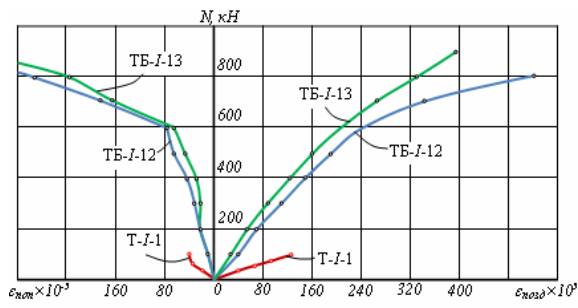


Рис. 1. Залежність деформацій ϵ від навантаження N в зразках серій ТБ-І-12, ТБ-І-13, Т-І-1

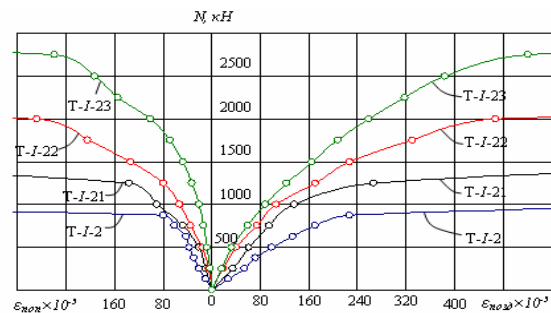


Рис. 2. Залежність деформацій ϵ від навантаження N в зразках серій ТБ-І-21, ТБ-І-22, ТБ-І-23, і Т-І-2

Аналізуючи особливості розвитку деформацій під навантаженням для зразків групи I, із графіків (зображених на рис. 1-3), що побудовані за результатами експериментів видно, що поздовжні й поперечні залежності $N-\epsilon$ носять криволінійний характер. Поздовжні деформації протягом навантаження досягали значних величин, до $\epsilon=600 \times 10^{-5}$, в той час, коли деформації плинності сталі досягаються при деформаціях в $200-220 \times 10^{-5}$.

Значної величини досягали й поперечні деформації, вони досягали величини 300×10^{-5} .

Це свідчить про те, що бетонне ядро в цих зразках знаходилося в об'ємному напруженому стані.

На рис. 1-3 наведено також залежності $N-\epsilon$ для порожніх труб серій Т-І-1, Т-І-2, Т-І-3. На відміну від трубобетонних елементів, ці залежності носили лінійний характер, максимальні поздовжні деформації зразків серії Т-І-1 досягали значення 120×10^{-5} , що значно менше величини деформацій, які характеризують межу плинності сталі.

Це пояснюється тим, що порожні зразки з труб серії Т-І-1 втрачали свою несучу здатність в результаті втрати місцевої стійкості стінок. На відміну від попереднього випадку, максимальні поздовжні деформації зразків серій Т-І-2 та Т-І-3 мали значення 600×10^{-5} , що значно більше величини деформацій, які характеризують межу плинності сталі.

Це пояснюється тим, що порожні зразки з труб даних серій не втрачали свою несучу здатність в результаті втрати місцевої стійкості стінок.

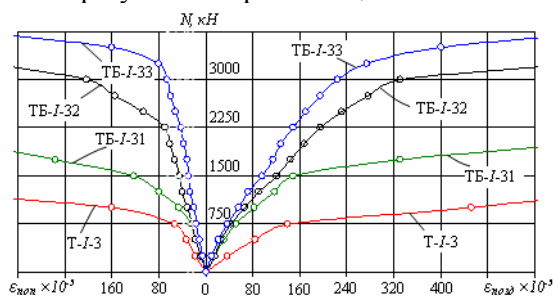


Рис. 3. Залежність деформацій ϵ від навантаження N в зразках серій ТБ-І-31, ТБ-І-32, ТБ-І-33 і Т-І-3

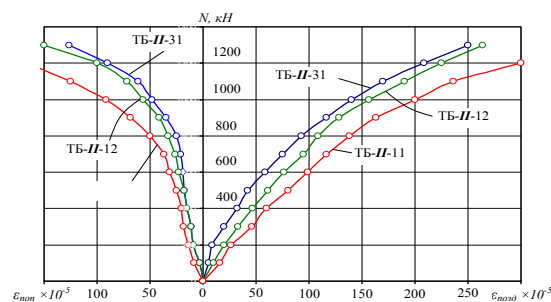


Рис. 4. Залежність деформацій ϵ від навантаження N в зразках серій ТБ-ІІ-11, ТБ-ІІ-12, ТБ-ІІ-13

Із аналізу графіків, представлених на рис. 4, видно, що з самого початку завантаження ця залежність носить криволінійний характер.

Оскільки бетонне ядро армоване поздовжньою арматурою, то міцність бетону незначно впливає на величину деформацій та характер їх розвитку. Як і при неармованих осердях, відносні граничні поздовжні деформації мають великі значення і досягають $= 300 \times 10^{-5}$ і більше. Поперечні деформації також мають криволінійний характер.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Із графіків деформування трубобетонних елементів із осердям з високоміцного бетону видно, що незалежно від геометричних характеристик труб та міцності бетону, поздовжні й поперечні деформації мають однаковий характер.

При цьому, особливості деформування таких елементів приблизно такі ж, як і при бетонах звичайної міцності, але характер руйнування зовсім інший, хрумкий, в результаті виникнення нахиленої тріщини в бетонному ядрі, що негативно позначається на їх надійності.

Також можна зробити висновок, що армування бетонного осердя поздовжньою стрижневою арматурою впливає як на несучу здатність трубобетонних елементів, так і на об'ємний стан бетонного ядра.

За рахунок армування осердя поздовжньою стрижневою арматурою можна значно підвищити як міцність осердя, так і несучу здатність трубобетонного елемента в цілому.

Але ефективність роботи бетону осердя в цьому випадку дещо зменшується.

При визначенні, який спосіб зміцнення осердя необхідно приймати при проектуванні конструкції, слід враховувати індивідуально як особливості умов роботи конструкції, так і її техніко-економічні показники.

Список літератури

1. **Передерій Г.П.** Трубчатая арматура / **Г.П. Передерій**. – М.: Трансжелдориздат, 1954. – 90 с.
2. **Стороженко Л.І.** Розрахунок трубобетонних конструкцій при короткочасній і довготривалій дії навантаження / **Л.І. Стороженко, В.М. Сурдін**. – Київ: Будівельник, 1972. – 132 с.
3. **Стороженко Л.І.** Эффективность сжатых элементов с различными способами армирования / **Л.И. Стороженко** // Изв. вузов «Строительство и архитектура». – 1981. – №6. – С. 26-29.
4. **Стороженко Л.И.** Расчёт трубобетонных конструкций / **Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.А. Черный**. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.
5. **Стороженко Л.И.** Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием: дис. ... д-ра техн. наук / **Л.И. Стороженко**. – Кривой Рог, 1985. – 503 с.
6. **Стороженко Л.І.** Трубобетонні конструкції промислових будівель **Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, С.Г. Коршун**. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 202 с.
7. **Стороженко Л.І.** Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці / **Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко**. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.
8. **Сурдін В.М.** Исследование напряженно-деформированного состояния трубобетонных элементов при осевом нагружении с учетом реологических процессов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / **В.М. Сурдин**. – Одесса: ОИСИ, 1970. – 21 с.
9. **Сурдін В.М.** Дослідження ефективності роботи бетонного ядра стиснутих трубобетонних елементів / **В.М. Сурдін, В.І. Єфіменко, О.П. Сухан** // Міжвідомчий наук.-техн. збірник "Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація". Зб. наук. праць. – Київ: НДІБК, 2006. – Вип. 65. – С. 205-208.
10. **Єрмоленко Д.А.** Трубобетонні елементи зі стрижневою арматурою / **Д.А. Єрмоленко** // Зб. наук. ст. "Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація". – Вип. 5. – Кривий Ріг: КТУ, 2002. – С. 53-56.
11. **Єрмоленко Д.А.** Об'ємний напружено-деформований стан трубобетону / **Д.А.Єрмоленко** // Збірник наукових статей "Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація". – Кривий Ріг, 2008. – Вип.8. – С. 322-327.
12. **Єрмоленко Д.А.** Об'ємний напружено-деформований стан трубобетонних елементів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / **Д.А. Єрмоленко**. – Полтава, 2012. – 40 с.
13. **Ефименко В.И.** Прочность и деформации изгибаемых трубобетонных элементов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / **В.И. Ефименко**. – Минск, 1989. – 21 с.

Рукопис подано до редакції 20.03.14

В.М. ОРЛОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц.
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ТАМПОНАЖНІ МАТЕРІАЛИ ЗНИЖЕНОЇ ГУСТИНИ

Розглянуто питання розширення асортименту доступних вітчизняних полегшених і легких тампонажних матеріалів, які можуть виготовлятися в умовах бурового майданчика. Запропоновані нові полегшені й легкі тампонажні матеріали для цементування свердловин в різних гірничо-геологічних умовах геологорозвідувальних площ і нафтогазових родовищ України.

Ключові слова: полегшувальна домішка, легкий тампонажний матеріал, полегшений тампонажний матеріал.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В останні роки велика увага приділяється дослідженню і використанню полегшених (густина $(\rho \geq 1400 \div \leq 1650 \text{ кг/м}^3)$) і легких тампонажних розчинів ($\rho \leq 1400 \text{ кг/м}^3$).

Їх широке застосування стало можливим після перегляду вимог, які ставляться до механічної міцності цементного каменю.

Необхідність такого перегляду виникла внаслідок росту глибин нафтових і газових свердловин, що призвело до ускладнення умов кріплення, які вимагають докорінної зміни деяких властивостей тампонажного розчину - зниження густини, сповільнення часу загуснення, підвищення температурної, корозійної та ударної стійкості цементного каменю.

Досягнення указаних вимог неможливе при застосуванні чистих портландцементів, проте дані вимоги легко реалізуються при введенні до тампонажного розчину мінеральних домішок, наприклад бентоніту, спученого перліту, пуцоланів та ін.

Аналіз досліджень і публікацій. Введення в тампонажний матеріал полегшувальних домішок значно знижує міцність цементного каменю, особливо в початковій терміні тужавіння.

Розробки вітчизняних і зарубіжних вчених [1], а також досвід застосування спеціальних цементів з низькою міцністю каменю показали, що міцність при здавлюванні 3,5 МПа має достатній запас і такі композиції слугують надійними тампонажними матеріалами для розмежування пластів у нафтових і газових свердловинах.

В окремих випадках мінімальна величина механічної міцності цементного каменю, необхідна для надійного розмежування пластів може бути навіть меншою і становити 0,55 МПа при згині та близько 0,91 МПа при стисненні. Орієнтовні розрахунки [2] показують, що для утримання обсадної колони діаметром 0,168 м і довжиною три тисячі метрів необхідно всього 30 м цементного кільця з міцністю при згині 0,1 МПа.

Впровадження полегшених цементно-глинистих сумішей, які знайшли широке застосування при цементуванні обсадних колон у вітчизняній і зарубіжній практиці також показало, що механічна міцність цементного каменю в затрубному просторі свердловини не є визначальним фактором.

Але при цементуванні глибоких і надглибоких свердловин діапазон їх застосування обмежений низькою термостійкістю, а також підвищеними реологічними характеристиками, які не дозволяють одержати задовільні результати при розмежуванні тріщинуватих і кавернозних порід з низькими пластовими тисками [3].

Більш перспективними для одержання полегшених термостійких тампонажних розчинів є цементно-золяні суміші, в яких як полегшувальну домішку до портландцементів для помірних і підвищених температур використовують кислу золу виносу теплових електростанцій.

Вивченню впливу золи на властивості цементного каменю і бетону приділяється велике значення в галузі будівельних матеріалів. Установлено, що мінералогічний і гранулометричний склад зол впливає на міцність, довговічність і сульфатостійкість цементних зразків [4-8].

Роботами П.П. Будникова, П.І. Боженова, Ю.М. Бутта, Ю.С. Бурова, А.В. Волженського, І.А. Іванова, Л.Г. Шпинової та інших дослідників, які вивчали поведінку зол в умовах автокла-

вної обробки, встановлено, що при підвищених температурах твердіння аморфний кремнезем і алюмосилікатна складова золи взаємодіють з продуктами гідратації портландцементу.

При цьому утворюються гідрогранати та низькоосновні гідросилікати кальцію, які характеризуються термодинамічною стабільністю і є основними носіями міцності.

Тому утворений цементно-зольний камінь буде міцним, довговічним і не руйнуватиметься в свердловинах під дією високих температур. На основі робіт з дослідження в'язучих властивостей зол названою групою науковців Б.В. Крихом були проведені дослідження цементно-зольних тампонажних сумішей для кріплення свердловин у температурному інтервалі 50-200 °С та розроблені рекомендації по вибору їх оптимального складу [9].

Цементно-зольні тампонажні розчини мають понижену густину (1500-1700 кг/м³), відносно низькі реологічні характеристики, а утворений на їх основі камінь є термодинамічно- і корозійно-стійким.

Постановка завдання. На даний час промисловістю України в заводських умовах виготовляється лише один вид полегшеного тампонажного цементу - ПЦТШ-Пол5-100 з нижньою границею густини 1450 кг/м³. Він призначений для температур вищих 50 °С.

Проте сьогодні на більшості нафтогазових родовищах України існують умови для застосування полегшених і легких тампонажних розчинів, зокрема у процесі цементування зон з аномально низькими пластовими тисками; пластів, схильних до поглинання промивальних рідин і тампонажних розчинів; при підніманні рівня цементних розчинів на значні висоти.

Тому необхідно проводити дослідження направлені на розширення асортименту тампонажних матеріалів пониженої густини для застосування в різноманітних гірничо-геологічних умовах глибоких нафтогазових свердловин.

Викладення матеріалу та результати. Колективом дослідників на базі лабораторного комплексу Полтавського відділення УкрДГРІ проводились роботи з розроблення тампонажних матеріалів пониженої густини.

У різний час було розроблено ряд нових полегшених і легких тампонажних матеріалів, які знайшли широке застосування на бурових підприємствах України, переважно в системі геології, при кріпленні глибоких нафтових і газових свердловин.

Однією з таких розробок є легкий тампонажний матеріал з густиною тампонажного розчину 1290-1350 кг/м³, що містить полегшувальну домішку фільтроперліт.

Розробка знайшла широке застосування ще в об'єднаннях "Полтавнафтогазгеологія" і "Чернігівнафтогазгеологія" при цементуванні глибоких геологорозвідувальних свердловин на нафту і газ.

Перевагами розробки є термостійкість і низька густина тампонажного розчину.

Недоліком такого тампонажного матеріалу є велике водовідділення, що спричиняється гідростатичним тиском стовпа тампонажного розчину у процесі цементування.

Перспективною розробкою стала полегшена тампонажна суміш (ПТС) з густиною розчину 1455-1570 кг/м³. В ПТС як полегшувальну домішку застосовано тонкодисперсне цеолітове борошно [10].

Цеолітове борошно (ЦБ) утворюється при помелі закарпатської цеолітової руди і являє собою тонкодисперсний порошок коричнево-сірого кольору з густиною 2290 кг/м³ і з питомою поверхнею 5430 м²/кг. Хімічний склад ЦБ у масових частках відсотка складає: SiO₂ - 69,43; Al₂O₃ - 13,04; Fe₂O₃ - 1,05; CaO - 2,10; MgO - 0,17; K₂O - 2,64; Na₂O - 2,06; P₂O₅ - 0,06.

Ефективність застосування ЦБ як полегшувальної домішки пояснюється відносно невисокою густиною сухого матеріалу; високою питомою поверхнею, яка приблизно удвічі вища ніж у тампонажного портландцементу; особливою трубчастою формою частинок цеолітового борошна, що сприяє утриманню значних об'ємів вільної води у процесі замішування тампонажного розчину.

У табл. 1 наведено результати досліджень технологічних властивостей полегшених тампонажних сумішей з домішкою ЦБ. ПТС мають широкий температурний діапазон застосування – 22-100 °С. Тампонажні розчини на їх основі характеризуються задовільними технологічними властивостями. Під час їх тужавіння утворюється неусадковий цементний камінь з високими показниками адгезії, який за своїми фізико-механічними властивостями відповідає вимогам

ДСТУ.

Газопроникність тампонажного каменю із зростанням температури знижується і становить 2,5-5,0 Мд залежно від рецептури.

Таблиця 1

Технологічні властивості тампонажних розчинів на основі цеолітового борошна

Склад ПТС, мас. част. %		В/С	Густина, кг/м ³	Розтічність, м	Водовідділення, мл	Час твердіння, діб	Міцність при стисненні, МПа			Адгезія, МПа	
ПЦТ1-100	ЦБ						22°C 0,1 МПа	75°C 30 МПа	100°C 40 МПа	75°C 30 МПа	100°C 40 МПа
70	30	0,70	1620	0,20	7,0	2	3,5	7,4	-	4,1	-
65	35	0,75	1580	0,20	8,0	2	2,5	5,2	5,0	4,0	3,8
60	40	0,80	1550	0,20	9,5	2	2,0	4,5	4,5	3,1	3,3
55	45	0,80	1515	0,20	7,0	2	1,6	3,6	3,8	3,0	2,9
55	45	1,0	1450	0,24	10,0	2	1,0	2,6	2,6	1,5	1,7

Ще однією розробкою в області полегшених і легких тампонажних матеріалів є тампонажна суміш з домішкою дрібнозернистого пустотілого заповнювача – зольних мікросфер, одержаних за певного режиму спалювання пиловидного вугільного палива в топках парових котлів на теплових електростанціях (ТЕС). Густина цих розчинів лежить в діапазоні 1100 – 1420 кг/м³, в залежності від співвідношення компонентів у суміші. Їх перевагами є термостійкість у поєднанні з наднизькою густиною розчину.

Недоліком таких композицій є те, що при великій висоті стовпа тампонажного розчину, в процесі цементування, зольні мікросфери руйнуються під дією гідростатичного тиску, що призводить до седиментаційної нестабільності розчину і значного водовідділення.

Серед інших розробок у даному напрямку є легкий (полегшений) тампонажний розчин (Л(П)ТР), який містить в якості полегшувальної домішки 5-20 масових часток % гідрофобізованого адсорбенту КОГ, що викликає газонасичення тампонажного розчину [11].

КОГ – гідрофобізований тонкодисперсний порошок білого (світло-жовтого) кольору з насипною масою 400 кг/м³, гідрофобізованість не менше 60%. Виготовляється на основі меленого каоліну, обробленого спеціальними поверхнево-активними речовинами.

Під час замішування тампонажного портландцементу з домішкою КОГ відбувається інтенсивне піноутворення, тому в процесі приготування суміші перемішування здійснюється протягом 10 хв., що забезпечує утворення відносно однорідної повітряно-водо-цементної дисперсії.

Оптимальна домішка КОГу складає 10-15% за масою (табл. 2), водосумішеве відношення дорівнює 1,0.

Таблиця 2

Технологічні властивості тампонажних розчинів з домішкою адсорбенту КОГ

Склад суміші, мас. част. %			Пластифікатор «Дофен», % (від маси сухого матеріалу)	В/С	Густина, кг/м ³	Розтічність, м	Водовідділення, мл	Час твердіння, діб	Міцність при стисненні, МПа		
ПЦТ1-50	ПЦТ1-100	КОГ							22°C 0,1 МПа	40°C 10 МПа	75°C 30 МПа
90	-	10	-	1,0	1340	0,215	0	2	1,2	1,9	-
85	-	15	-	1,0	1205	0,205	0	2	0,9	1,4	-
85	-	15	1,0	0,55	1400	0,200	0	2	2,8	4,5	-
-	90	10	-	1,0	1350	0,215	0	2	-	-	2,9
-	85	15	-	1,0	1210	0,200	0	2	-	-	2,2
-	85	15	1,0	0,55	1405	0,200	0	2	-	-	6,5

Л(П)ТР з домішками КОГу мають низьку (як для полегшених сумішей) газопроникність. Через 2 доби твердіння за температури 75 °С газопроникність каменю становить 1,0-1,5 Мд.

Недоліком цих розчинів є те, що під дією гідростатичного тиску величиною 10 МПа густина розчину з домішкою 10% КОГу підвищується на 15%, а при вмісті 15% КОГу - на 20 %. Для

зведення до мінімуму цього негативного ефекту розроблені рецептури з пониженим вмістом рідини замішування.

Розтічність таких розчинів підвищується за рахунок введення суперпластифікатора. У пластифікованих Л(П)ТР під дією гідростатичного тиску 10 МПа густина розчину підвищується лише на 2-3 %, крім того у таких рецептур більше ніж удвічі зростає міцність каменю.

Іншою розробкою в області полегшених тампонажних матеріалів є розчини на основі портландцементу або цементно-зольної суміші з домішкою 0,04-0,11 масових часток відсоток реагенту на основі ксантанової смоли.

Густина різних рецептур таких розчинів знаходиться в межах 1460-1530 кг/м³ [12]. Їх перевагами є висока стабільність тампонажного розчину, термостійкість і підвищена міцність каменю.

Ще однією перспективною розробкою в області полегшених і легких тампонажних матеріалів є композиції на основі портландцементу, що містить як полегшувальну домішку 3-12 масових часток % спученого перлітового піску (СПП) [13].

Перевагами цих тампонажних розчинів є низька густина 1160-1510 кг/м³ і низькі показники водовідділення. Їх недоліком є відносно невисокий термічний діапазон застосування 20-60 °С.

Спучений перлітовий пісок (СПП) отримують шляхом термічної обробки перліту за температури 800-1000 °С.

У процесі нагрівання частинки перліту шаралупчастої структури спучуються і з них виділяється 3-5 % зв'язаної води. При цьому об'єм матеріалу збільшується в 10-20 разів.

Залежно від фракційного складу існує два види СПП, рядовий - СПП(Р) і мілкий - СПП(М), а в межах кожного виду існує ще поділ за насипними масами 1 м³. СПП(Р) виготовляється трьох марок: 75, 100, 150, СПП(М) - двох: 75 і 100. Марка відповідає масі (в кг) 1 м³ матеріалу.

Приготування сухої суміші цементу з домішкою СПП на бурових площадках здійснюють за допомогою цементно-змішувальних машин.

Закачування тампонажного розчину у свердловину проводиться з використанням механічної осереднювальної ємності.

У табл. 3 і 4 наведено технологічні властивості полегшених і легких тампонажних композицій з використанням домішки спученого перлітового піску двох різновидів.

Таблиця 3

Технологічні властивості полегшених і легких тампонажних розчинів з домішками СПП

Масова частка компонентів у суміші, мас. часток %				В/С	Густина, кг/м ³	Розтічність, м	Водовідділення, мл
ПЦТ1-50	ПЦТ1-100	СПП(Р)	СПП(М)				
97	-	3	-	0,65	1510	0,220	1,5
95	-	5	-	0,70	1390	0,200	1,0
93	-	7	-	0,74	1340	0,215	0
90	-	10	-	0,90	1230	0,190	2,0
	95	5	-	0,70	1400	0,205	1,0
	93	7	-	0,75	1350	0,200	1,0
	90	10	-	0,90	1250	0,205	1,0
	88	12	-	0,95	1160	0,200	0
	95	-	5	0,75	1410	0,210	6,0
	92	-	8	0,80	1330	0,195	2,0
	90	-	10	0,95	1240	0,190	6,5

Таблиця 4

Фізико-механічні властивості тампонажного каменю з домішками СПП

Склад суміші, мас. часток %			Густина, кг/м ³	Час тужавіння, дб	Міцність при стисненні, МПа			Газопроникність, мД		
ПЦТ1-50 (ПЦТ1-100)	СПП(Р)	СПП(М)			22°С	40 °С	60 °С	22°С	40°С	60°С
97	3	-	1550	2	2,7	5,6	7,0	-	-	-
95	5	-	1400	2	2,4	4,3	5,9	6,0	2,5	1,5
93	7	-	1340	2	2,2	3,7	3,8	12,1	4,0	2,7

90	10	-	1250	2	1,5	2,0	3,0	16,5	7,5	5,9
88	12	-	1190	2	0,7	1,4	2,1	-	-	-
95	-	5	1450	2	1,8	5,0	5,9	5,1	4,3	2,2
92	-	8	1330	2	1,5	3,1	3,9	-	-	-
88	-	12	1200	2	0,9	1,8	2,3	14,6	9,0	5,4

З таблиць видно, що полегшений і легкий тампонажні розчини з домішкою спученого перлітового піску мають низькі показники водовідділення.

Показники їх міцності відповідають вимогам ДСТУ щодо полегшених тампонажних цементів. Камінь з таких матеріалів характеризується низькою газопроникністю.

Висновки та напрямок подальших досліджень. При розробці нових тампонажних матеріалів пониженої густини були використані усі відомі методи зниження густини і їх комбінації.

У результаті проведеної науково-дослідної роботи було одержано широкий спектр полегшених і легких тампонажних матеріалів з високими техніко-економічними показниками густиною від 1100 кг/м³ до 1650 кг/м³.

Такі тампонажні матеріали і розчини з них можна приготувати безпосередньо в умовах бурових майданчиків при цементуванні свердловин в різноманітних гірничо-геологічних умовах (температура 15-150 °С, висока мінералізація пластових вод та ін.) геологорозвідувальних площ і нафтогазових родовищах України.

Список літератури

1. **Липовецький А.Я.** Цементные растворы в бурении скважин / **А.Я. Липовецкий, В.С. Данюшевский.** – Л.: Гостоптехиздат, 1963. – 240 с.
2. **Булатов А.И.** Управление физико-механическими свойствами тампонажных систем / **А.И. Булатов.** – М.: Недра, 1976. – 248 с.
3. **Луценко Н.А.** Тампонажные растворы пониженной плотности / **Н.А. Луценко, О.И. Образцов.** – М.: Недра, 1972. – 211 с.
4. **Кобояси М.** Использование золы для повышения прочности глиноземистого цемента в длительные сроки твердения / **М. Кобояси, Н. Мияке, М. Кокобу** // Шестой Международный конгресс по химии цемента: (сб научн. трудов). – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 3. – С. 119 – 122.
5. **Ковач Р.** Процессы гидратации и долговечность зольных цементов / **Р. Ковач** // Шестой Международный конгресс по химии цемента: (сб научн. трудов). – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 3. – С. 99 – 103.
6. **Люр Х.П.** Влияние гранулометрического состава зол с низкими потерями при прокаливании на рост прочности бетона / **Люр Х.П., Эфес Я.** // Шестой Международный конгресс по химии цемента: (сб научн. трудов). – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 3. – С. 103 – 109.
7. **Шуберт П.** Сульфатостойкость цементного раствора, содержащего золу / **П. Шуберт** // Шестой Международный конгресс по химии цемента: (сб научн. трудов). – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 3. – С. 109 – 112.
8. О гидратации твердения цементов с золой / **З.Б. Этнин, Е.Т. Яшина, Г.Г. Лепешенкова** и др. // Шестой Международный конгресс по химии цемента: (сб научн. трудов). – М.: Стройиздат, 1976. – Т. 3. – С. 95 – 99.
9. **Крых Б.В.** Повышение термостойкости тампонажных портландцементов добавками золы-уноса / **Б.В. Крых** // Термо- и солеустойчивые промывочные жидкости и тампонажные растворы: тезисы докладов первой украинской научно-техн. конференции. – К.: Наукова думка, 1970. – Часть 1. – 168 с.
10. Пат. 35476 А Україна, МКВ Е 21 В 33/138. Облегшенный тампонажный материал / **Михайленко С.Г., Орловський В.М., Лужаниця О.В.** (Україна); № 99105679; Заявлено 18.10.99; Опубл. 15.03.01, Бюл. № 2.
11. Пат. 68839 А Україна, МКВ Е 21 В 33/138. Легкий тампонажный розчин / **Лужаниця О.В., Михайленко С.Г., Мартинова Л.Б., Орловський В.М., Бандур Р.В., Аниськовцев О.В., Баранецький М.В.** (Україна); № 20031110085; Заявлено 10.11.03; Опубл. 16.08.04, Бюл. № 8.
12. Пат. 28441 Україна, МПК Е 21 В 33/138. Полегшений тампонажний матеріал / **Лужаниця О.В., Михайленко С.Г., Орловський В.М., Мартинова Л.Б.** (Україна); № у 2007 08569; Заявлено 26.07.07; Опубл. 10.12.07, Бюл. № 20.
13. Пат. 13254 Україна, МПК С 09 К 8/50. Тампонажна суміш / **Лужаниця О.В., Михайленко С.Г., Орловський В.М., Мартинов Д.В.** (Україна); – № у 2005 09726; Заявлено 17.10.05; Опубл. 15.03.06, Бюл. № 3.

В.Д. СИДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф.,
М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., М.П. СЕРГЄЄВА
Криворізький національний університет

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ГІРНИЧОГО ВІДВОДУ

Для зйомки інженерного об'єкту території гірничого відводу розглянуто методику виконання просторового зображення автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» методом лазерного 3D- сканування в рішенні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Застосування сучасних технологій, що базуються на використанні передових програмних розробок і обладнання, вимагає детального вивчення в області дослідження параметрів і їх точності. Насамперед, це пов'язане з тим, що не всі сучасні засоби вимірювання включені в діючі інструкції із проведення маркшейдерського забезпечення гірничих і геодезичних робіт [1]. Розроблення технологій польових вимірювань і камеральна обробка даних на об'єктах гірничодобувної промисловості залишаються актуальними. Зокрема, маркшейдерське забезпечення зйомки об'єктів є трудомістким завданням, що обумовлене високою завантаженістю технологічними елементами виробничих цехів, значною кількістю інженерно-технічних споруд на об'єктах гірничої промисловості, а також необхідністю оперативного проведення маркшейдерського забезпечення гірничих робіт.

Аналіз досліджень та публікацій. Теоретичні основи технології лазерного сканування викладені в роботах [2], де розглядається впровадження технології наземного лазерного сканування в рішенні задач геоінформаційного забезпечення інфраструктури гірничодобувного підприємства.

У нормативних документах застосування технології наземного лазерного сканування як методу отримання маркшейдерсько-геодезичних вимірювань згадується тільки в [1]. Насправді технологія наземного лазерного сканування може бути використана для рішення багатьох завдань маркшейдерсько-геодезичного забезпечення на об'єктах гірничої промисловості, відповідаючи при цьому по параметрам точності необхідним нормам і правилам, а по продуктивності перевершуючи раніше існуючі методи маркшейдерського забезпечення зйомки.

Постановка завдання. Оцінка відповідності точності технології тривимірного наземного лазерного сканування діючим нормативним документам при рішенні завдань маркшейдерського забезпечення робіт на об'єктах гірничодобувної промисловості (при контролі над полотном автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне»).

Розроблення технології топографічної зйомки методом тривимірного наземного лазерного сканування. Камеральне опрацювання польових результатів досліджень для оцінки точності тривимірного лазерного сканування базується на використанні: теорії помилок вимірювань, методів математичної статистики і методу найменших квадратів.

У якості експериментального методу використовувати аналіз застосування технології тривимірного лазерного сканування інженерного об'єкту на гірничодобувному підприємстві.

Викладення матеріалу та результати. Об'єкт виконання робіт знаходиться на території гірничого відводу шахтоуправління по підземному видобуванню руди (на правах шахт) ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Досліджується відрізок полотна автомобільної дороги з твердим покриттям (асфальт), довжиною 1080 м, шириною 10-12 м на ділянці «Техбаза - кладовище «Західне» і проходить над виробленим простором шахти «Родіна» ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат». Розміри виробленого простору: довжина в площині прошарку -360 м; глибина від 900 до 1140 м; потужність по нормалі -75 м, по вертикалі - 100 м.

Для виявлення можливих (прогнозованих) вертикальних і планових деформацій полотна автомобільної дороги в досліджуваній зоні вибрано метод наземного лазерного 3D- сканування.

Наземне лазерне сканування об'єкту виконувалось приладом «Leica ScanStation 2» s/n 1251517.

За підсумками проведеного рекогносціювання району робіт прийняті рішення:

Збільшити кількість точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі, на яких встановлюються марки-рефлектори, для поліпшення точності «зшивання» окремих сканів в загальну хмарину координованих точок;

На станціях сканування і пунктах полігонометричної маркшейдерсько-геодезичної мережі встановлювати по дві марки-рефлектори на вертикальній металевій штанзі;

Визначити координати точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі: *St3, St4, St9, St10* відносно *St1* автономними супутниковими методами в режимі статички для контролю точності «зшивання» окремих сканів в загальну хмарину координованих точок;

Включити в мережу точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі доступні для сканування пункти полігонометрії: *ПП3- ПП15* для подальшого порівняльного аналізу приростів координат і перевищень за матеріалами сканування і лінійно-кутових спостережень.

Збільшити кількість станцій сканування до 13 для поліпшення густини координованих точок на ділянці автомобільної дороги між станціями сканування 11 і 12;

Порівняльний аналіз для виявлення можливих деформацій проводити виключно накладанням *TIN*- моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з результатів сканувань.

Схему точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі на етапі робіт показано на рис. 1.

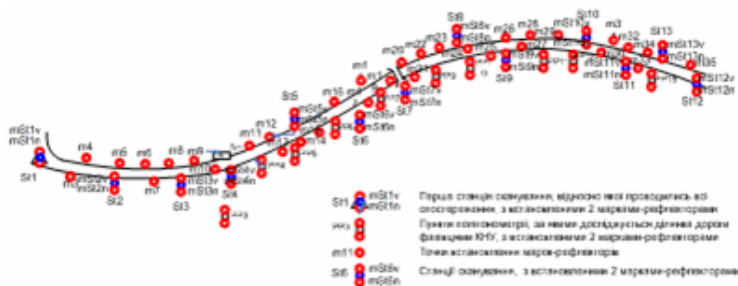


Рис. 1. Схема закладки точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі етапу робіт

Рух автомобільного транспорту в районі робіт інтенсивний і потребує додаткових затрат в часі і кількості сканувань окремих секторів дороги «зашумлених» великовантажним транспортом (*TIR*).

На етапі робіт координати точок тимчасової знімальної мережі для побудови *TIN*- моделі нерегулярної поверхні полотна проїжджої частини обстеженої ділянки автомобільної дороги визначені в березні 2014 р. за результатами наземного *3D*- сканування відносно *St1* ($X=0; Y=0; H=0$) з точністю не гірше ± 11 мм в плані і ± 10 мм по висоті. Зрівнювання і оцінка точності координат в програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*» наведені на рис. 2.

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
TargetID: mpp13v	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: m22	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m
TargetID: mst7n	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000) m
TargetID: m26	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp13n	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m
TargetID: mpp5v	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp15n	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: mpp6n	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.001, 0.001, -0.001) m
TargetID: m29	ScanWorld 10 (Leveled)	ScanWorld 11 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.001, 0.001) m
TargetID: m28	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.001) m
TargetID: m6	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 3 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m20	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, -0.001, 0.001) m
TargetID: m9	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.001) m
TargetID: m20	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 8 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
TargetID: mst3n	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.001) m
TargetID: m5	ScanWorld 1 (Leveled)	ScanWorld 3 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, -0.002) m
TargetID: m32	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.000) m
TargetID: m27	ScanWorld 9 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m24	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.002) m
TargetID: m18	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, -0.001, 0.000) m
TargetID: mpp15v	ScanWorld 11 (Leveled)	ScanWorld 12 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, -0.002, -0.001) m
TargetID: mst5v	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, 0.000) m
TargetID: m15	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, -0.001) m
TargetID: m8	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.000, -0.002) m
TargetID: m11	ScanWorld 3 (Leveled)	ScanWorld 5 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, 0.002, -0.001) m
TargetID: st9	ScanWorld 8 (Leveled)	ScanWorld 10 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.002, 0.000, -0.002) m
TargetID: m19	ScanWorld 6 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.002, 0.002, 0.001) m
TargetID: m3	ScanWorld 1 (Leveled)	ScanWorld 2 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: m17	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 6 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(-0.002, 0.000, 0.001) m
TargetID: mst3n	ScanWorld 7 (Leveled)	ScanWorld 9 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.001, 0.002, 0.001) m
TargetID: mst6n	ScanWorld 5 (Leveled)	ScanWorld 7 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.003, 0.000) m
TargetID: m8	ScanWorld 2 (Leveled)	ScanWorld 4 (Leveled)	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.000, 0.003) m

Координати точок тимчасової знімальної мережі етапу робіт: *St3, St4, St9, St10*, в системі координат 1963 р. визначені у березні 2014 р. комплектом двох частотних приймачів GNSS *Leica GX1230GG* і *ATX1230GG* в режимі статики від початкової точки знімальної мережі *St1*.

Точність вимірювань відносно початкової точки знімальної мережі *St1* ± 10 мм.

Результати зрівнювання і оцінки точності координат точок тимчасової знімальної маркшейдерсько-геодезичної мережі етапу робіт в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*» наведено на рис. 3.

Назва і номер пункту	П'яте сканування					
	статус	дата	У, м	Х, м	Н, м	Δ
M5 <i>St1</i>	Control	07/18/2011 07:44:08	4364767,4980	5304676,4470	98,8870	0,0
<i>St3</i>	Measured	05/22/2014 10:13:21	4364998,4251	5304667,5080	98,1375	0,2
<i>St4</i>	Measured	05/22/2014 08:34:48	4365090,8793	5304678,3716	96,1724	0,2
<i>St9</i>	Measured	05/21/2014 14:58:20	4365554,1781	5304887,7319	96,7013	0,2
<i>St10</i>	Measured	05/21/2014 15:32:14	4365635,2017	5304898,4399	96,4807	0,4

Зрівнювання і оцінка точності координат точок знімальної мережі, виконані в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*»

Точність визначення координат точок знімальної мережі відносно базової станції *St1* не гірше ± 10 мм

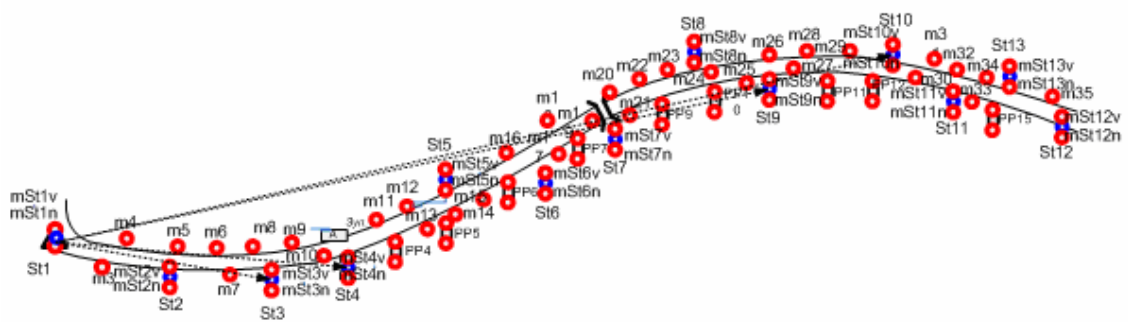


Рис. 3. Зрівнювання і оцінка точності координат точок знімальної мережі в програмному забезпеченні «*LeicaGeoOffice*»

Абрис «зшитих» хмарин координованих точок з сканування проїжджої частини всієї ділянки автомобільної дороги на етапі робіт наведений на рис. 4.

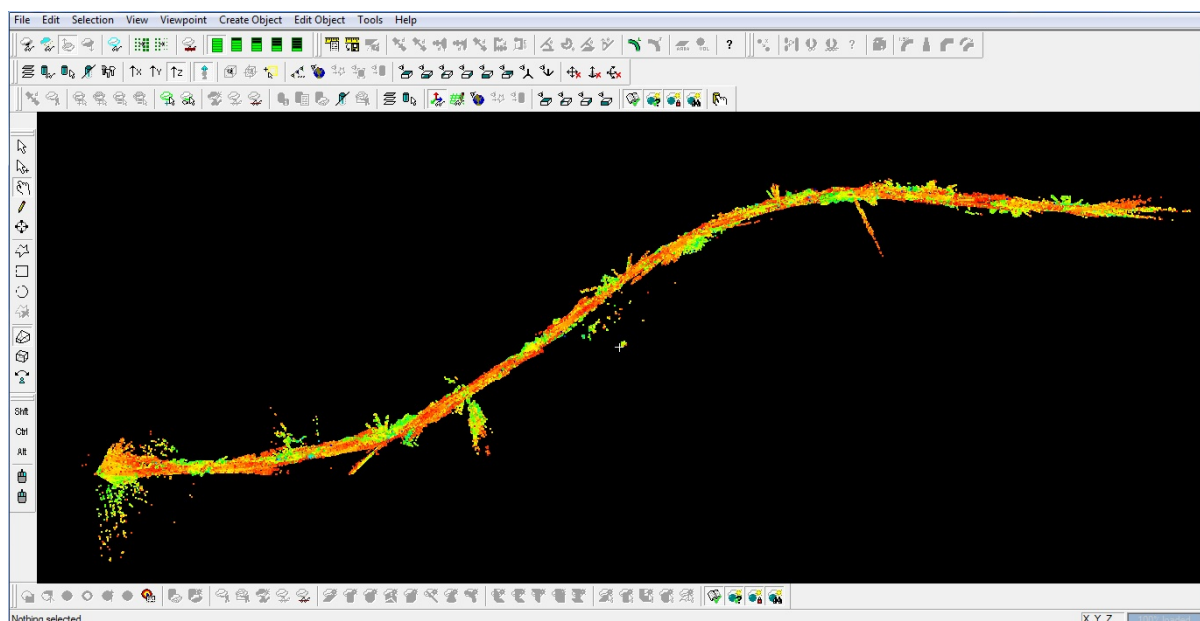


Рис. 4. Абрис хмарини координованих точок на проїжджу частину автомобільної дороги

TIN-модель нерегулярної поверхні від сканованої проїжджої частини ділянки автомобільної дороги побудована в програмному забезпеченні «*Cyclone SCAN*». Тверде покриття автомобільної дороги відтворене за фактичними розмірами і положенням у просторі.

Часткові ушкодження асфальту, утворені внаслідок інтенсивного руху автотранспорту і не пов'язані з деформаціями полотна автомобільної дороги, на *TIN*-моделях не показувались з метою зменшення графічного навантаження і обсягу інформації на магнітних носіях.

Для проведення порівняльного аналізу *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» за результатами сканувань і побудови графіків розбіжностей по осях координат X, Y і по висоті H вибраний крок між суміжними точками вздовж всієї кривої ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» - 3 м.

Точки країв відрізків, за якими проводиться аналіз всієї ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне», пізнані на *TIN*-моделях нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з сканування за елементами подібності і точками тимчасової знімальної мережі.

На кожному відрізку ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» аналізу підлягають лінії лівого (північного), правого (південного) країв твердого покриття і осьова лінія автомобільної дороги.

Ці полілінії побудовані і відображені на кожній з *TIN*-моделей нерегулярної поверхні з сканувань. З врахуванням пролягання досліджуваної ділянки автомобільної дороги із заходу на схід відрізки наложених одна на одну *TIN*-моделей нерегулярної поверхні з п'ятого і четвертого сканувань спроектовані на пряму лінію паралельну осі Y . Початок першого відрізка (0 м–180 м) віддалений від $St1$ на 14,473 м.

Абрис накладених одна на одну *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» з результатів сканувань наведений на рис. 5.

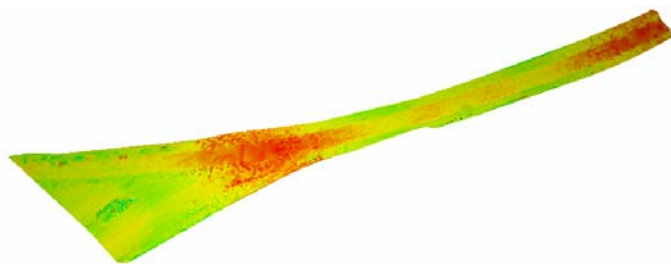


Рис. 5. Абрис накладених *TIN*-моделей нерегулярної поверхні автомобільної дороги «Техбаза – кладовище «Західне»

Графіки розбіжностей *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза - кладовище «Західне» по вісях координат X, Y і по висоті H з

результатів сканувань наведені на рис. 6.

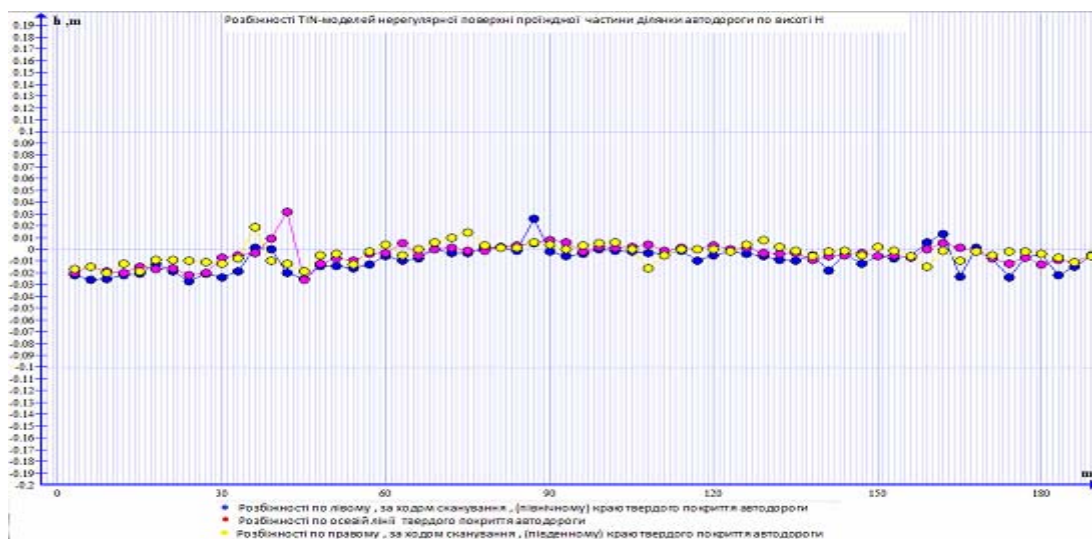


Рис. 6. Графіки розбіжностей *TIN*-моделей нерегулярної поверхні проїжджої частини ділянки автомобільної дороги «Техбаза – кладовище «Західне» по вісях координат X, Y і по висоті H з результатів сканувань

Висновки та напрямок подальших досліджень. Метод наземного лазерного 3D- сканування за точністю кінцевих результатів і вартістю технологічного процесу доступний у застосуванні для досліджень (визначення площ, об'ємів, деформацій, конфігурацій і точних розмірів) не лише лінійних об'єктів шляхів сполучення, а і кар'єрів, підземних виробок будь-якої конфігурації і призначення.

Отже, наземні лазерні сканери є новим вимірювальним засобом, що дозволяють зробити реальним і повсякденним одержання тривимірних моделей різного призначення.

Усе це дозволяє говорити про те, що найближчим часом технологія наземного лазерного сканування якщо не повністю витисне, то, принаймні, займе провідне положення в області польового збору метричної інформації з метою тривимірного моделювання об'єктів і територій.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.:Недра, 1987,-240 с.
2. GS100 3D laser scanner [Електронний ресурс]: сайт Mensi.- Режим доступу: <http://mensi.com/Website2002/Specs/Spec G100.pdf>.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 622.271.33:622.235

А.Е. ФЕДОТОВ, В.П. БИЦЮК, ПАО «ЦГОК»

Г.И. ЕРЕМЕНКО, М.В. МАРТЫНЮК, кандидаты техн.наук, доц., Б.В. МАРТЫНЮК
Криворожский национальный университет

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ №3 ПАО «ЦГОК» С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Выполнен анализ ведения взрывных работ с учетом физико-механических свойств горных пород, горно-геологических и гидрогеологических условий. Представлена динамика добычи руды и производства вскрышных работ за последние 5 лет. С целью обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования забой представлен необходимым качеством взорванной горной массы. В качестве основного критерия, которым производится оценка взорванной горной массы, является процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы. Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, который зависит напрямую от параметров БВР.

Рассмотрены основные технологические характеристики применяемых ВВ и дан анализ параметров БВР и конструкции скваженных зарядов ВВ, а также рассмотрены предложения по их рациональному использованию с целью повышения качества дробления горной массы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Карьером № 3 ПАО «ЦГОК» разрабатывается «Петровское» месторождение железистых кварцитов, расположенное в Кировоградской области в 1,5 км юго-восточнее пгт «Петрово».

Данное месторождение сложено породами следующих типов: гнейсы, гранитоиды, безрудные кварциты, железистые кварциты и амфиболиты.

Основной продуктивной толщей является второй горизонт артемовской свиты, сложенный переходной и кондиционной пачкой железистых кварцитов.

Железистые кварциты на месторождении представлены следующими разновидностями: магнетитовыми, гематит-магнетитовыми, карбонат-магнетитовыми и силикат-магнетитовыми.

Глубина зоны окисления 50-70 м, иногда до 120 м. Повсеместно развиты пегматитовые жилы. Количество и мощность жил возрастает на северо-запад, начиная от четвертого разведочного профиля. Форма жил очень сложная, мощности их резко меняются.

Пегматиты представляют собой розовые крупнозернистые биотит-кварц-полево-шпатовые породы. Основные физико-механические свойства представленных пород, а именно коэффициент крепости горных пород по шкале проф. Протоdjяконова, трещиноватость, абразивность, и т.д. влияют на характер их взрывного дробления.

В 2013 г. объем добычи сырой руды на карьере №3 ПАО «ЦГОК» составил 6107,1 тыс. т.

Динамика добычи руды и производства вскрышных работ на карьере №3 ПАО «ЦГОК» за период 2009-2013 гг. представлена в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Годы				
	2009	2010	2011	2012	2013
Руда тыс.т	5 877	5 945	5 713	6 084	6 107
Вскрыша тыс.м ³	4 781	4 776	7353	8 237	7 889
Вскрышная масса тыс.м ³	6 239	6 551	8 758	9 495	9 284
Горная масса (с учетом переваловки) тыс.м ³	7 917	8249	10389	11232	11 029

Анализируя приведенные данные в табл. 1 можно сделать выводы, что в целом производство горной массы возрастает по отношению к 2009 г. на 39 %.

В технологии добычи полезного ископаемого одним из основных процессов являются буровзрывные работы, доля которых в себестоимости добычи полезного ископаемого составляет около 70 %.

Необходимость предварительного дробления при добыче железной руды вызвана физико-механическими свойствами горных пород, а именно - высоким коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова, составляющим более 16.

Бурение эксплуатационных скважин осуществляется станками шарошечного бурения СБШ-250 МНА.

Постановка задачи. Для обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования необходимо обеспечить забой необходимым качеством взорванной горной массы. Основным критерием является оценка взорванной горной массы, процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы.

Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, зависящий напрямую от параметров БВР.

Выбор и расчет оптимальных параметров буровзрывных работ зависит от ряда факторов, основными из которых являются: физико-механические свойства горных пород, их структура и т.д. В соответствии с проведением геолого-структурного районирования, на стадии проектирования является самым основным, осуществление правильного размещения в скважинах зарядов взрывчатых веществ на взрываемом блоке в соответствии с фактическим структурным строением горного массива.

Буровзрывные работы ведутся на основании разработанного на комбинате, в соответствии с действующими нормативными документами, согласованного в установленном порядке «Типового проекта на ведение БВР». В «Типовой проект ...» включены паспорта, согласно которым проводится проектирование взрывных блоков, с расположением скважин на блоке в зависимости от текущего состояния горных работ и слагаемых горных пород, а также основные параметры скважинного заряда ВВ. Представлены применяемые конструкции: скважинных зарядов, забойки, конструкции боевиков. Предусмотрены различные схемы коммутации взрывной сети на блоке.

Массовые взрывы в карьере производятся два-три раза в месяц. Так как 80 % взрывааемых скважин в карьере обводненные, в качестве ВВ в основном используются эмульсионные взрывчатые вещества.

Разрушение горных пород в карьере осуществляется сплошными скважинными зарядами. Пример стандартного блока: при высоте уступа $h=15$ м, параметры сплошного скважинного заряда составляют: диаметр - 0,25 м, длина активной части скважины (колонка заряда ВВ) - 11,5 м, высота неактивной части скважины (забойка) - 5,5 м, перебур - 3,0 м, масса заряда для ВВ: для эмульсионных типа - Эмонит-Н - 800 кг (рис. 1а).

Основными направлениями технического прогресса в области производства взрывных работ следует признать активные методы управления действием взрыва, к которым относятся изменения геометрических параметров конструкций скважинных зарядов взрывчатого вещества, применение различных типов взрывчатых веществ и способов их взрывания. Эти методы по-

звolyют существенно изменить механизм действия взрыва скважинного заряда, повысить его полезную работу за счет более полного использования выделяющейся энергии ВВ при взрыве.

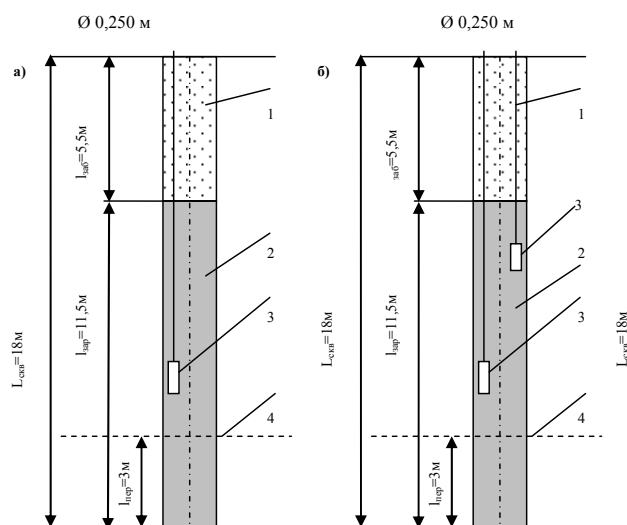


Рис. 1. Конструкция скважинных зарядов ВВ: а - сплошной заряд ВВ; б – сплошной заряд с двухсторонним инициированием ВВ; 1 - забойка; 2 - заряд ВВ; 3 - промежуточный детонатор; 4 - уровень подошвы уступа

К конструкциям зарядов ВВ относят заряды с воздушными и инертными промежутками с боковыми и осевыми воздушными промежутками, заряды комбинированные с различной мощностью и чувствительностью. Широкое практическое применение зарядов с воздушными промежутками на карьере ПАО «ЦГОКА», в последнее время в основном сдерживалось из-за отсутствия надежных и эффективных способов и устройств по созданию промежутков в заряде ВВ.

Отличительной особенностью детонации сплошного заряда (см. рис. 1а) при инициировании его промежуточным детонатором является то, что фронт детонационной волны составляет приблизительно угол 90° с осью заряда. Волны напряжений в среде при этом образуют на участке цилиндрического заряда, где протекает активный процесс детонации, конический либо сферический фронт в зависимости от соотношения скорости детонации ВВ и скорости звука в среде [1].

Изменить направление детонации возможно также путем изменения расположения точки инициирования. Влияние расположения промежуточного детонатора исследовалось многими авторами как теоретически, так и в производственных условиях. В работе [2] приведена зависимость волнового поля напряжений от направления детонации при различных соотношениях скоростей звука в среде и детонации. В работе показано, что в точке сопряжения откоса уступа с подошвой величина напряжений, вызывающая деформацию сдвига по плоскости подошвы, в 2 раза больше при инициировании снизу, чем при инициировании сверху.

Одной из разновидностей методов, использующих направление детонации, является двустороннее инициирование скважинного заряда [3].

При этом методе взрывания можно обеспечить встречу детонационных волн в любом заранее выбранном месте скважины и благодаря многократному увеличению давления при взаимодействии двух детонационных волн выполнить интенсивное дробление горной массы (рис. 1б).

Эмульсионные ВВ нашли свое широкое применение при взрывании всех типов горных пород, в связи с тем что они более экологически чистые. По своим характеристикам эмульсионные взрывчатые ВВ по отношению к тротилосодержащим и простейшим ВВ имеют более высокую плотность и скорость детонации. При этом кислородный баланс близок к нулю (табл. 1).

Таблица 1
Основные технологические характеристики применяемых на карьере взрывчатых веществ

Наименование характеристики	Тип взрывчатого вещества				
	Граммонит 79/21	Комполайт ГС	Украинит ПП-2Б	Эмонит Н-100	Эмонит Н
Кислородный баланс, %	0,02	0,9-3,2	-0,05-4,3	-0,2	-0,2
Плотность, г/см ³	0,85	0,8-0,9	1,3-1,45	1,33-1,37	1,37
Теплота взрыва, кДж/кг	4316	3500	4100-4400	2900-3270	3270
Критический диаметр, мм	15-40	170-180	80-120	120	120
Скорость детонации, км/с	3,6-4,0	2,2-2,7	4,1-4,4	4,8-5,2	4,8-5,2
Объем газов взрыв, л/кг	895	928	760-890	895	930
Водостойкость 24 час, кг/см ²			0,02	0,02	0,02
Работоспособность, см ³	380	-	450	420	420
Бризантность, мм	14-16	-	13	12	12

Одним из основных причин применения эмульсионных ВВ является сильная обводненность горных пород, которая в большей степени также влияет на качество взорванной горной массы (рис. 2), увеличение крепости горных пород при понижении ведения горных пород на нижележащие горизонты.

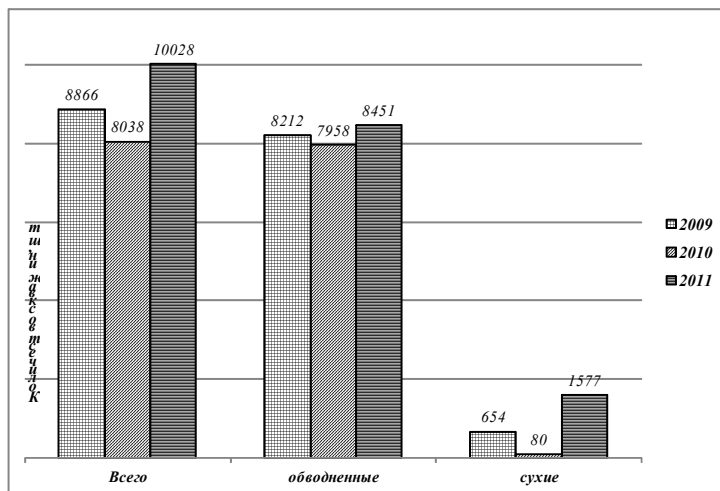


Рис. 2. Разделение взрывааемых скважин по обводненности горных пород на карьере №3 ПАО «ЦГОК»

Существенное влияние на характеристики взрывных работ оказывает обводненность скважин. Практически в карьере нет абсолютно сухих скважин. Замеры показывают от 4 до 8 м.

В целом обводненность блоков составляет до 99 %, что естественно является очень высоким показателем. Вода, находящаяся в структуре массива влияет на характер его разрушения скважин и требует использования

только водоустойчивых ВВ. Вода постоянно дренирует вниз по уступам в направлении водосборника. При пересечении блоков и трещин пробуренными скважинами, из трещин происходит вымывание мелочи, которая заливает скважину в перебуре.

Это приводит к завышению отметок горизонта и в ряде случаев к увеличению перебуров.

Основными видами ВВ которые в настоящее время применяются при производстве массовых взрывов на карьере №3 ПАО «ЦГОК» являются эмульсионные ВВ Украинит ПП-2Б, Эмонит-Н, Эмонит-Н100.

В 2009-2010 гг. при облуживании ПАО ППП «Кривбассвзрывпром» ИнГОКа и ЮГОКа используемый Украинит ПП-2Б приходилось получать для завозки на зарядку с ИнГОКа. Данная ситуация приводила к удорожанию себестоимости ведения взрывных работ.

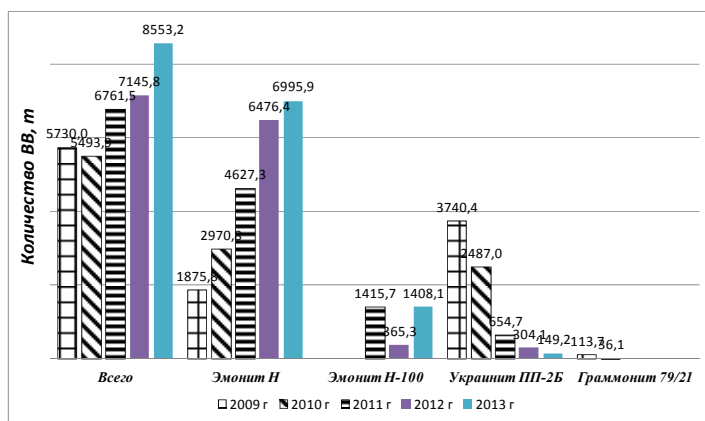


Рис. 3. График применения взрывчатых веществ на карьере №3 ПАО «ЦГОК»

Вследствие этого оказалось, что Эмониты, получаемые на СевГОКе имели стоимость ниже. В 2011 г. практически от Украинита ПП-2Б отказались.

Хорошим показателем при использовании эмульсионных ВВ и применении в качестве средств для инициирования скважинных зарядов системы «Прима-ЭРА» (волноводы), практически исчезли отказы скважинных зарядов (рис. 3)

Из используемых эмонитов, выбран был Эмонит-Н как лучший из изготавливаемых на заводе ПАО ППП «Кривбассвзрывпром».

Сложное структурно-текстурное строение горных пород месторождения крупноблочное по всем бортам карьера, которое осложнено продольными и поперечными нарушениями.

Продольные разломы разрываются поперечными, образуя крупные и мелкие трещины в блоках тектонического характера.

Продольные трещины в крупных блоках имеющие направленность в одну из сторон (северную), блок разрывается поперечным разломом, а следующий блок такой же крупности, имеет направленность трещин в противоположном направлении (южном); это характерно особенно по западному борту.

Не менее сложное строение и по восточному борту.

Что касается объемов расхода ВВ на взрывание, наиболее объективный показатель - это удельный расход кг/м^3 , равный в среднем по указанным годам $1,28 \text{ кг/м}^3$ по руде, $1,09$ по скале.

Для эффективного дробления массива горных пород необходимо в производственных условиях выдерживать плановый установленный удельный расход взрывчатых веществ.

Выводы. В настоящее время объемы взрывания горной массы на карьере №3 ПАО «ЦГОК» постоянно увеличиваются. С каждым годом происходит понижение рудных и скальных фронтов, что приводит к увеличению крепости горных пород и доли взрывания обводненных скважин, а это, в свою очередь, ведет к увеличению удельного расхода взрывчатых веществ. Для выполнения качественного дробления горной массы и рационального использования энергии взрыва при разрушении массива горных пород комбинат осуществляет постоянный контроль параметров БВР, применяет новые энергосберегающие конструкции скважинных зарядов, производит увеличение сетки скважин, уменьшает величину перебура в скважине и увеличивает высоту забойки.

Список литературы

1. Кучерявый Ф.И., Куриленко А.В. Влияния направления детонаций удлиненного заряда на характер разрушения горной породы. – Изв. вузов. Горный журнал, 1970, №6. -С.69-71.
2. Петряшин Л.Ф., Мячина Н.И. О зависимости поля напряжений и процесса разрушения от конструкции заряда и направления детонации. Взрывное дело, №62/19, М.: Недра, 1967. - С. 150-156.
3. Шекун С.Г., Бызов В.Ф., Волынец М.А. Перераспределение энергии взрыва по длине скважинного заряда. Взрывное дело, №62/19, М.: Недра, 1967. - С. 193-198.
4. Зельдович Я.Б. Теория ударных волн и введение в газодинамику. М.: АН СССР, 1946. - 186 с.
5. Баум Ф.А. и др. Физика взрыва. - М.:Изд. Наука, 1975.- 704 с.
6. Митрофанов В.В. Теория детонации.- Новосибирск, 1982. -92 с.
7. Мельников В.В., Марченко Я.Н. Энергия взрыва и конструкция заряда.- М.: Недра 1964.-138 с.
8. Салганик В.А., Воротеляк Г.А., Митрофанов В.В., Филипов Н.Ф. Скважинные заряды взрывчатых веществ с осевой воздушной полостью.- К.: Техника, 1986.- 88 с.
9. Бакиров И.Т. и др. Действие удлиненных зарядов с продольными каналами// Химическая физика процессов горения взрывов. Детонация.- Черноголовка, 1977. – С. 69-72.
10. V.V. Mitrafanov., I.T. Bakirov, G.A. Voroteljak, V.A. Salganik. – Action of Charges with Axial Cavities on Rocks. Volume 75, Gasdynamics of Detonations and Explosions. Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics. New- York, 1981. -p. 314-324.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 621.771.22:62-52

В.С. МОРКУН, д-р техн. наук, проф., В.Ю. ХАРЛАМЕНКО, асистент
Криворізький національний університет

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОБУКСОВОК РОБОЧИХ ВАЛКІВ ОБТИСКНОЇ КЛІТІ БЛЮМІНГА НА БАЗІ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ ТАКАГІ-СУГЕНО

У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності керування процесом обтиснення металу на блюмінгу шляхом зменшення динамічного навантаження на обтискні валки та зменшення часу обтиснення металу за рахунок визначення пробуксовок робочих валків на базі нечіткого логічного висновку. Проведено аналіз характеру динамічного навантаження на електромеханічне обладнання обтискної кліти блюмінга, в умовах односторонньої та двосторонньої пробуксовок, за результатами якого розроблено граф станів технологічних ситуацій. Для розробки методу визначення пробуксовок робочих валків обтискної кліти блюмінга використано систему нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено. На основі формалізації дій персоналу в режимі пробуксовок розроблено нечітку базу правил, для якої висновки сформовані шляхом використання методу парних порівнянь і налаштовані адаптивною нейро-нечіткою мережею. Наведено результати моделювання запропонованого методу в умовах односторонньої пробуксовки.

Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями. Процес гарячої прокатки на блюмінгу є дуже ресурсомістким. Основними ресурсами, що споживаються при обтисненні зливків металу на блюмінгу, є електроенергія та елементи робочих механізмів, що періодично

виходять з ладу. До них відносять шпинделі, передаточні механізми, валки і тощо [1]. Заміна та ремонт даних елементів приводить до простоїв стану та залучення значних матеріальних ресурсів, що, в свою чергу, приводить до зниження продуктивності роботи стану.

Основною причиною, що призводить до збільшення витрат електроенергії та виникнення поломок елементів обтискної кліті, є динамічні навантаження в лінії стану, які виникають внаслідок пробуксовок робочих валків.

При цьому, нерівномірність розподілу динамічного навантаження між робочими валками призводить до зниження продуктивності обтискного стану.

Аналіз досліджень та публікацій. Проблеми автоматизації процесу реверсивної гарячої прокатки на блюмінгу були досліджені С.Г. Буряковським, А.Є. Гуревичем, С.Я. Дунаєвським, С.Л. Коцарем, О.В. Світличним, О.В. Слежановським та багатьма іншими ученими. Проблеми зниження динамічних навантажень у кінематичній лінії стану прокатної кліті розглядалися в роботах В.А. Воскресенського, А.Г. Жигалкіна, Ф.К. Іванченка, В.Б. Клепікова, С.Н. Кожевнікова, О.С. Лехова, П.І. Полухіна, Б.Н. Полякова, М.А. Тилкіна, А.П. Чекмарьова, В.А. Чичигіна, Г.І. Яха.

Використання методів сучасної теорії автоматичного керування для автоматизації процесу реверсивної гарячої прокатки досліджено в працях Л.В. Акімова, Б.І. Кузнєцова, Т.Б. Нікітіної.

Постановка завдання. Використання удосконалених методів визначення пробуксовок робочих валків обтискної кліті дозволить знизити вплив людського фактору, підвищити ефективність використання устаткування обтискної кліті та зменшити енерговитрати за рахунок зменшення динамічних навантажень, а також підвищити продуктивність в часі за рахунок зменшення простоїв.

Для розробки метода визначення пробуксовок робочих валків на базі системи нечіткого логічного висновку необхідно дослідити особливості динамічного навантаження в різних режимах функціонування обтискної кліті, на основі формалізації дій персоналу у досліджених режимах сформувані нечітку базу правил, розробити модель для дослідження ефективності застосування запропонованого метода визначення пробуксовок робочих валків на базі системи нечіткого логічного висновку типу Такагі-Сугено.

Викладення матеріалу та результати. При формуванні узгодженого керування швидкістю робочих валків основними параметрами швидкісного режиму є швидкості захвату і викиду, максимальна швидкість, прискорення та уповільнення. Від цих параметрів залежить цикл прокатки і продуктивність стану в цілому.

Згідно із методикою, що описана в [2], величина прискорення вибирається виходячи із необхідності отримати заданий час перехідного процесу при заданій величині динамічної складової струму.

Більшість досліджень [3] показують, що час розгону від 0 до $\omega_o(t)$ - основної швидкості, вибирається в межах 0,7-2 с, а динамічний струм - $(0,8 \div 1) I_n$.

При вказаних умовах прискорення, (об/хв.)/с

$$a = \frac{d\omega(t)}{dt} = 70 \div 100 \quad (1)$$

Величина гальмування вибирається дещо меншою, (об/хв.)/с

$$b = 80 \div 130 \quad (2)$$

Час паузи між пропусками визначається часом роботи натискного пристрою і, при формуванні завдання на швидкість, вибирається як усереднена величина в діапазоні $t_n = 1,5 \div 2$ с.

Дослідження режимів роботи обтискних станів показує, що, з метою скорочення навантаження на двигун, необхідно використовувати високі швидкості захвату та низькі швидкості викиду зливка із валків.

Оптимальна максимальна швидкість в пропуску, при цьому, повинна бути в межах номінальних значень швидкості приводного двигуна.

На основі проведеного аналізу процесів, що відбуваються в кінематичних ліній обтискного стану в режимі пробуксовки побудовано граф станів динамічного навантаження на електромеханічне обладнання пружних розподілених багатомасових кінематичних ліній обтискної кліті (рис. 1).

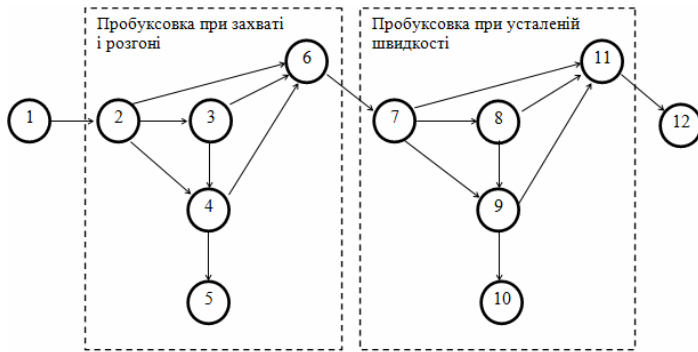


Рис. 1. Граф станів навантаження

На рис. 1 стани характеризуються так: 1 - розгін двигуна на холостому ході; 2 - захват зливку; 3 - одностороння пробуксовка при захваті і розгоні; 4 - двостороння пробуксовка при захваті і розгоні, 5 - аварія після захвату; 6 - хибна або незначна пробуксовка, 7 - усталений режим, 8 - одностороння пробуксовка в усталеному режимі, 9 - двостороння пробуксовка в усталеному режимі, 10 - аварія в усталеному режимі, 11 - хибна або незначна пробуксовка в усталеному режимі, 12 - вихід зливку з валків.

Блок нечіткого логічного висновку для підсистеми формування узгодженого керування розроблено на основі формалізації дій персоналу в нестійких режимах. З цієї метою доцільно використати систему нечіткого логічного висновку типу Такагі-Сугено (ТС) [4]. Перевага даного алгоритму нечіткого висновку у порівнянні з іншими алгоритмами (Мамдані, Сінглтона та ін.) полягає у формуванні вихідного сигналу у вигляді лінійної функції комбінації входів, що дозволяє більш гнучко керувати вихідною координатою.

Модель визначення узгодженого керування представлено у вигляді множини правил типу «якщо - то», де кожне правило має вигляд [4,5]

R_i : Якщо $X_1 \in A_1^i, X_2 \in A_2^i, \dots, X_m \in A_m^i$, то

$$d_i = b_{i0} + \sum_{j=1, n} b_{ij} \cdot x_j \in A_1^i, \quad (3)$$

де b_{ij} - деякі дійсні числа.

Отже, правила в даній базі є перемикачами з одного лінійного закону на інший. Оскільки, межі під областей нечіткі, то одночасно може виконуватись кілька комбінацій з різними ступенями.

Ступінь приналежності вхідного вектора $\tilde{X} = \left(u_{зв(n)}, M_{ij\theta(n)}, \Delta M_{св(n)}, \frac{dM_{ij\theta(n)}}{dt} \right)$ до значень (3) розраховуються наступним чином [4]

$$\mu_{d_i} = \mu_i(u_{зв(n)}) \chi_i \mu_i(M_{ij\theta(n)}) \chi_i \mu_i(\Delta M_{св(n)}) \chi_i \mu_i\left(\frac{dM_{ij\theta(n)}}{dt}\right). \quad (4)$$

У результаті по всій базі знань отримаємо нечітку множину \tilde{Y} , що відповідає вхідному вектору \tilde{X} [4]

$$\tilde{y} = \left(\frac{\mu_{d_1}(\tilde{X})}{d_1}, \frac{\mu_{d_2}(\tilde{X})}{d_2}, \dots, \frac{\mu_{d_m}(\tilde{X})}{d_m} \right). \quad (5)$$

Результуюче значення виходу у знаходиться як суперпозиція лінійних законів, що виконуються в даній точці \tilde{X} n -мірного факторного простору. Для цього використовується дефазифікація [4]

$$y = \frac{\sum_{i=1, m} (\mu_{d_i}(\tilde{X}) \cdot d_i)}{\sum_{i=1, m} \mu_{d_i}(\tilde{X})}. \quad (6)$$

В якості функції приналежності, що відносяться до лінгвістичних змінних нечітких параметрів використано функцію Гауса виду [4]

$$\mu(X) = \exp\left(-\frac{(u-b)^2}{2c^2}\right), \quad (7)$$

де b - координата максимуму, а c - концентрації.

Для вхідних змінних $U_{36(n)}$, $\Delta M_{ce(n)}$, $\frac{dM_{ij6(n)}}{dt}$ терм-множина має вигляд [4]

$$T_X = \langle NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB \rangle, \quad (8)$$

де NB - від'ємне велике; NM - від'ємне середнє; NS - від'ємне низьке, ZE - близько нуля; PS - додатне низьке, PM - додатне середнє; PB - додатне велике.

Для вхідної змінної M_{ij} терм-множина має вигляд

$$T_X = \langle NS, ZE, PS, PM, PB \rangle. \quad (9)$$

При формуванні узгодженого керування для робочих валків обтискної кліти для вихідної змінної доцільно вибрати наступну множину термів

$$T_U = \langle Z, ZE, PS, PM, PB \rangle, \quad (10)$$

Яким відповідають функції приналежності $mf_1, mf_2, mf_3, mf_4, mf_5$.

Для визначення залежностей для множини термів вихідної змінної за алгоритмом Такагі-Сугено використано метод парних порівнянь Т. Сааті [4,6].

Алгоритм полягає в наступному [6]:

Визначаються абсолютні оцінки рангів для кожної вхідної змінної термів вихідної величини. Формується матриця парних порівнянь A для кожного терму вихідної терм-множини. Обчислюється вектор пріоритетів для кожної змінної кожного елемента вихідної терм-множини.

В табл. 1 наведено результати визначення коефіцієнтів вихідних залежностей для терм-множини T_U за методом парних порівнянь Сааті. Узагальнену базу знань наведено у табл. 2, де кожній комбінації з вхідних термів відповідає стан, описаний для графа на рис. 1.

Таблиця 1

Результати визначення коефіцієнтів залежностей для терм-множини T_U за методом парних порівнянь Сааті

Нечіткий терм	Відповідна залежність
Z	$d_Z = 0,1 \cdot x_1 + 0 \cdot x_2 + 0 \cdot x_3 + 0 \cdot x_4$
ZE	$d_{ZE} = 0,7505 \cdot x_1 + 0,0832 \cdot x_2 + 0,0832 \cdot x_3 + 0,0832 \cdot x_4$
PS	$d_{PS} = 0,6684 \cdot x_1 + 0,1879 \cdot x_2 + 0,0484 \cdot x_3 + 0,0953 \cdot x_4$
PM	$d_{PM} = 0,3946 \cdot x_1 + 0,1338 \cdot x_2 + 0,077 \cdot x_3 + 0,3946 \cdot x_4$
PB	$d_{PB} = 0,2236 \cdot x_1 + 0,223 \cdot x_2 + 0,1133 \cdot x_3 + 0,44 \cdot x_4$

Таблиця 2

Узагальнена база знань Такагі-Сугено

$U_{36(n)}$	$\Delta M_{ce(n)}$	$\frac{dM_{ij6(n)}}{dt}$	M_{ij}	Стан
NS PS ZE	ZE	ZE	ZE	1
NS PS ZE	NS PS ZE	NS PS ZE	NS PS ZE	2
NS PS ZE	NM PM	PM	NM PM	3
NS PS ZE	NS PS ZE	PB	NS ZE	4
NS PS ZE	ZE	ZE	NB PB	5
NM PM	NS PS ZE	NS PS ZE	PS PM ZE	6
NM PM NB PB	ZE	ZE	NM PM	7
NM PM NB PB	NM PM NB PB	PM PB	PM PB	8
NM PM NB PB	NS PS ZE	PB	NS ZE PS	9
NM PM NB PB	ZE	ZE	NB PS PB	10
NM PM NB PB	NS PS	NS PS	PS PM	11
NS PS ZE	ZE	ZE	ZE	12

Параметрична ідентифікація нечіткої бази знань ТС зводиться до наступного завдання математичного програмування [6] - знайти такий вектор (P, B) щоб

$$\sqrt{\frac{1}{M} \sum_{r=1, M} (y_r - F(P, B, X_r))^2} \rightarrow \min, \quad (11)$$

де P - вектор параметрів функцій приналежності термів вхідних змінних; B - вектор коефіцієн-

тів лінійних функцій у висновках правил бази знань ТСК; $F(P, B, X_r)$ - результат виводу по нечіткій базі знань ТСК з параметрами (P, B) для вхідного вектора \tilde{X}_r з вибірки

$$(\tilde{X}_r, y_r), r = \overline{1, M}, \quad (12)$$

де (\tilde{X}_r, y_r) - r -та пара відповідно вхідного та вихідного сигналів у навчальній вибірці.

Задачу (3) вирішимо із використанням швидкого алгоритму на основі ANFIS-алгоритму, що представляє собою комбінацію методу найшвидшого спуску і зберненого розповсюдження помилки [6].

ANFIS-модель на основі однойменного алгоритму являє собою штучну нейронну мережу, що складається з п'яти шарів [7]. Кожний шар мережі виконує таку функцію.

Шар 1. Кожен вузол i цього шару моделює функцію приналежності

$$y_i^1 = \mu_{A_i}(x), \quad (13)$$

де A_i - лінгвістична характеристика нечіткого значення вхідної змінної x .

Шар 2. Кожний нейрон цього шару розраховує ступінь істинності для передумови кожного правила (силу правила) бази знань системи. Вихід нейрона дорівнює добутку його входів (значень функцій приналежності)

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x_1) \times \mu_{B_i}(x_2), i = 1, 2. \quad (14)$$

Шар 3. Нейрони цього шару розраховують нормовану силу правила

$$\bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2}, i = 1, 2. \quad (15)$$

Шар 4. Нейрони цього шару є адаптивними і формують значення вихідної змінної за формулою

$$y_i^4 = \bar{\omega}_i \cdot f_i = \bar{\omega}_i \cdot (p_i \cdot x_1 + q_i \cdot x_2 + r_i), \quad (16)$$

де $\bar{\omega}_i$ - вихід шару 3 нейронів; $\{p_i, q_i, r_i\}$ - набір параметрів, значення яких налаштовуються в процесі функціонування системи.

Шар 5. Цей шар містить тільки один нейрон, що виконує дефазифікацію шляхом знаходження суми сигналів, які надходять на його входи

$$y^5 = \sum_i y_i^4 = \sum_i \bar{\omega}_i \cdot f_i = \frac{\sum_i \omega_i \cdot f_i}{\sum_i \omega_i}. \quad (17)$$

Дослідження ефективності застосування нечіткого логічного висновку на основі алгоритму ТС при формуванні сигналу завдання для системи керування обтискною прокатною кліткою проводилось на моделі, структурна схема якої зображена на рис. 2.

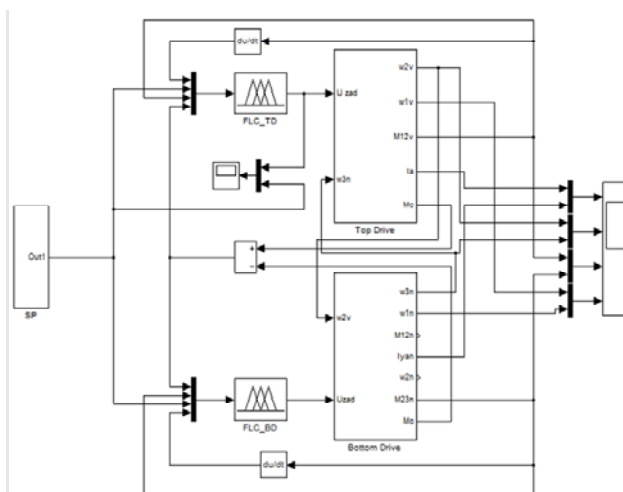


Рис. 2. Структурна схема для моделювання блоку узгодженого керування робочими валками обтискної клітки

На схемі зображено блоки FLC_TD (Fuzzy Logic Controller top drive) та FLC_BD (Fuzzy Logic Controller bottom drive) в яких реалізовано нечіткий логічний висновок на базі алгоритму Такагі-Сугено для верхньої і нижньої кінематичної лінії відповідно.

Моделі кінематичних ліній сформовані в другому розділі реалізовані в блоках Top Drive та Bottom Drive.

Для формування сигналу завдання використано блок SP (SP - set point).

Основною метою блока узгодженого керування (CCB - coordination control block) є формування узгодженого керування швидкостями ро-

бочих валків обтискної кліті $U_{зв(н)}^y$ на основі сигналу завдання $U_{зв(н)}$ із датчика інтенсивності (SP) з можливістю корекції його відносно до поточної технологічної ситуації.

Для цього в блоці узгодженого керування використовуються такі входні координати як пружний момент у шпindelних з'єднаннях $M_{12в}$, $M_{23н}$, що відновлюється адаптивним спостерігачем стану (Adapt observer), моменти навантаження на валки $M_{нв(н)}$, що ідентифікуються у відповідній підсистемі (ISM - identification of static moment) та похідна різниці струмів якірних обмоток $d\Delta I_{6(н)}/dt$, що дозволяє відслідкувати швидкість зміни різниці струмів приводних двигунів робочих валків.

При цьому сам блок представлено нечітким логічним контролером (TS), в якому реалізовано підсистему нечіткого логічного висновку ТС.

На рис. 3 продемонстровано порівняння результатів застосування запропонованого метода та існуючого.

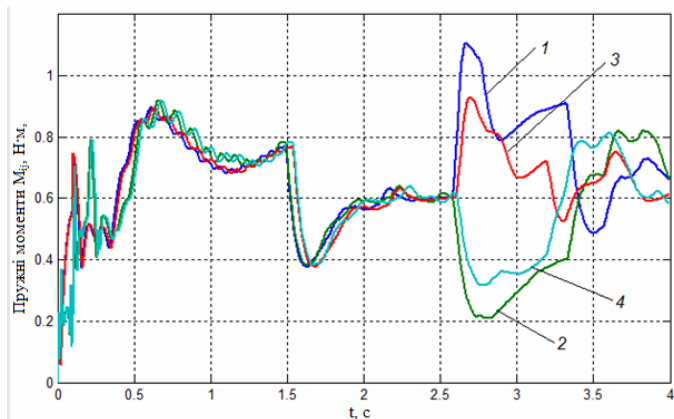


Рис. 3. Порівняння результатів застосування запропонованого та існуючого методу виявлення пробуксовок: 1,2 – пружні моменти у верхній та нижній кінематичних лініях при існуючому методі відповідно; 3,4 – пружні моменти у верхній та нижній кінематичних лініях при запропонованому методі відповідно

Проаналізувавши графіки на рис. 2,3, можна зробити висновок, що реакція на виникнення пробуксовки при використанні блоку узгодженого керування на базі підсистеми нечіткого логічного висновку ТС на 0,18 с швидша, ніж

при існуючому способі формування завдання на швидкість робочих валків обтискної кліті.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення продуктивності функціонування обтискного стану блюмінга шляхом розробки метода визначення пробуксовок робочих валків на базі системи нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено, що забезпечує зниження витрати електроенергії та зменшення ремонтних простоїв внаслідок збільшення періоду служби елементів механізмів прокатної кліті.

Застосування запропонованого методу дозволить скоротити час одного пропуску на 0,18 с, що дозволить забезпечити збільшення продуктивності обтискного стану блюмінга на 1,5 %.

Список літератури

1. Лехов О.С. Динамические нагрузки и линии привода обжимных станов. – М.: Машиностроение, 1975. – 184с.
2. Бычков В.П. Электропровод и автоматизация металлургического производства. Учебное пособие для / В.П. Бычков. – [2-е изд., перераб и доп.] – М.: Высшая школа, 1977. – 391с.
3. Коцарь С.Л., Поляков Б.Н., Макаров Ю.Д., Чичигин В.А. Статистический анализ и математическое моделирование блюминга. – М.: Металлургия, 1974. – 280с.
4. Штовба С. Д. Идентификация нелинейных зависимостей с помощью нечеткого логического вывода в системе MATLAB// Exponenta Pro. – 2003. - № 2 (2). – С. 9 – 15.
5. Тэрано Т. Прикладные нечеткие системы / Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно, Пер. с япон. Ю.Н. Чернышова. – М.: Мир, 1993. – 368с.
6. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с.
7. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-Neuro-based Fuzzy Inference systems / J.-S. R. Jang // IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics. – 1993. – Vol. 23, №3. – P. 665–685.

Рукопис подано до редакції 17.04.14

УДК 621.867-83: 620.9

Ю.Г. ОСАДЧУК, Г.В. КРУТОВ, О.І. САВИЦЬКИЙ, кандидати. техн. наук, доценти.,
Є.Д. САПРИКІН, магістрант ДВНЗ «Криворізький національний університет»,
О.І. КОЧУБЕЙ, В.В. ВОЛЬЩИКОВ, ПАТ «Північний ГЗК»

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДІАпаЗОНУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СТРАТЕГІЇ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ

Розглянуто актуальні питання, пов'язані з економічною ефективністю енергозберігаючих заходів щодо експлуатаційних режимів потужних конвеєрних установок гірничо-збагачувальних комбінатів. Конвеєрні установки центрально-поточної технології є одними з найбільш енерговитратних об'єктів гірничо-збагачувальних комбінатів. Підвищення енергоефективності конвеєрних установок обумовлюється використанням регульованих за швидкістю систем електроприводу, що дає можливість зменшити холостий обіг конвеєрів, підтримуючи одночасно рівень продуктивності, відповідний вхідному вантажопотоку з кар'єру.

На основі досліджень фактичних характеристик кар'єрних вантажопотоків в статті з економічної точки зору обгрунтовано оптимальну глибину регулювання швидкості електроприводу конвеєра, що є важливою характеристикою з точки зору як експлуатаційних режимів роботи конвеєрних установок, так і вибору необхідної потужності обладнання для регульованого електроприводу.

За результатами досліджень розроблено методику визначення економічно доцільного діапазону регулювання швидкості конвеєрів в умовах здійснення енергозберігаючої стратегії гірничо-збагачувальних комбінатів. Економічний ефект регулювання швидкості залежить від статистичних характеристик графіків продуктивності конвеєрних установок, одним із основних параметрів якої є коефіцієнт завантаження конвеєра. Регулювання швидкості конвеєрів доцільно при значеннях коефіцієнта завантаження не більших за 0,7-0,75. Економічний ефект має максимум при коефіцієнті завантаження конвеєра 0,35-0,4.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Енергоефективність та енергозбереження є пріоритетними напрямками енергетичної політики більшості країн світу. Актуальність проблеми енергозбереження в Україні обумовлюється високою енергоємністю виробництва, значною залежністю від імпорту енергоносіїв. Причиною високої енергоємності є застаріле та енерговитратне обладнання значної частини вітчизняних підприємств, відсутність достатніх фінансових ресурсів для модернізації обладнання, розпорошеність законодавчої бази, низька ефективність менеджменту [1]. Для ефективного реалізації енергозберігаючої стратегії на рівні підприємств питання енергозбереження повинні розглядатися не як окрема (самостійна) функція якого-небудь відділу або служби, а як невід'ємний елемент діяльності всього підприємства в цілому. Концепція управління енергозбереженням повинна стати однією із основних складових системного підходу до керування підприємством на всіх рівнях управління.

Безумовно, що енергозберігаюча стратегія потребує значних капіталовкладень на сучасні технології, переозброєння сучасним енергозберігаючим обладнанням, енергозберігаючі будівельні матеріали і т. ін. Іншим важливим напрямом енергозбереження слід вважати ефективне поточне управління виробничими процесами (виробничий менеджмент), орієнтоване в тому числі на енергозбереження.

На гірничо-збагачувальних підприємствах Криворізького басейну значного поширення набули потужні конвеєрні установки, використовувані для транспортування руди та скельної породи з кар'єрів на об'єкти поверхневого комплексу. Крім того, практично всі операції по внутрішньовиробничому переміщенню руди та концентрату виконуються з використанням конвеєрного транспорту. Середній рівень енерговитрат на транспортні операції сировини і готової продукції в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів становить 18-20 % від сумарного енергоспоживання. Встановлена потужність приводних електродвигунів найбільш енергоємних конвеєрних установок досягає 3-4 МВт на конвеєр, при цьому транспортування руди з кар'єру на поверхню здійснюється за 2-3-стадійною схемою, враховуючи гірничо-геологічні умови кар'єра.

Основний резерв підвищення енергоефективності конвеєрних установок гірничо-збагачувальних комбінатів обумовлений застосуванням нерегульованих за швидкістю систем

електроприводу, проектні рішення по яких приймалися без урахування завдань енергозбереження. Проекти останніх років стали передбачати можливість регулювання швидкості потужних конвеєрів, проте ряд експлуатаційних факторів перешкоджає широкому впровадженню в практику режимів енергозберігаючого регулювання швидкості.

Ритмічність роботи конвеєрних установок щодо транспортування гірничої маси з кар'єру в значній мірі визначається характером внутрішньокар'єрних вантажопотоків, що формуються в умовах існуючої технології відкритих гірничих робіт і центрально-поточної технології (ЦПТ) доставки.

Досвід експлуатації кар'єрів Криворізького басейну свідчить про наявність великих коливань фактичної продуктивності вантажопотоку, що надходить до конвеєрних установок ЦПТ [7]. Нерівномірність надходження руди до конвеєрів обумовлює змінний режим роботи конвеєра, який в умовах нерегульованої швидкості характеризується нерівномірністю завантаження стрічки конвеєра, фактичні значення якої, як правило, набагато нижче номінального (проектного) значення. Недовантаження конвеєра призводить до того, що значна частина електроенергії, що витрачається на привод конвеєра, використовується вхолосту. У практиці експлуатації конвеєрні установки працюють на номінальній швидкості навіть при відсутності руди по всій довжині конвеєра. Якщо цей період роботи не збігається з періодом регламентованих перерв, конвеєр не зупиняють.

Аналіз досліджень та публікацій. Відомі публікації вітчизняних і зарубіжних авторів щодо необхідності та ефективності різних способів регулювання швидкості конвеєрних установок. Ці питання детально розглядалися в роботах [2-6]. Основні напрями досліджень присвячено таким аспектам:

- обґрунтуванню застосовуваних систем електроприводу конвеєрних установок;
- вибору перетворювачів частоти для регулювання швидкості приводного електродвигуна;
- розробці систем автоматичного управління розгалуженими конвеєрними лініями;
- забезпеченню сприятливих пускових режимів стрічкових конвеєрів;
- впливу швидкості конвеєра на знос стрічки;
- управлінню багатодвигунним електроприводом конвеєрного транспорту.

Однак питання обґрунтування необхідного діапазону регулювання швидкості конвеєрних установок досліджені недостатньо. Особливо важливим в нинішніх умовах є економічний аспект проблеми, враховуючи те, що для більшості конвеєрних установок, що експлуатуються в Криворізькому басейні, забезпечення режиму регулювання швидкості пов'язано з необхідністю інвестиційних витрат.

Викладення матеріалу та результати. Дослідженнями, виконаними в умовах Ганнівського та Першотравневого кар'єрів ПАТ «Північний ГЗК», визначені статистичні характеристики нерівномірності вантажопотоку, що надходить на конвеєрні установки. Гістограми розподілу фактичних навантажень по руді і скельній породі (годинна продуктивність) за аналізом репрезентативних вибірок подано на рис. 1-2.



Рис. 1. Гістограма розподілу навантажень Першотравневого кар'єру: а - по руді; б - по скельній породі

Надані дані свідчать про те, що навантаження конвеєрних установок змінюються в широкому діапазоні продуктивності, що зумовлює необхідність дослідження економічно доцільного діапазону регулювання швидкості конвеєрів.

Вид гістограм дозволяє розглядати гіпотезу про відповідність емпіричного розподілу навантажень по руді нормальному закону; а розподіл навантажень по скельній породі не має узагальнюючої для апроксимації властивості.

Порівняння цих режимів, як за інтенсивністю, так і за часом роботи конвеєра, говорить про те, що визначальним з точки зору параметрів використовуваного обладнання та граничних режимів експлуатації слід вважати режим навантажень по руді.



Рис. 2. Гістограма розподілу навантажень Ганнівського кар'єру: а - по руді; б - по скельній породі

Надані дані свідчать про те, що навантаження конвеєрних установок змінюються в широкому діапазоні продуктивності, що зумовлює необхідність дослідження економічно доцільного діапазону регулювання швидкості конвеєрів.

Вид гістограм дозволяє розглядати гіпотезу про відповідність емпіричного розподілу навантажень по руді нормальному закону; а розподіл навантажень по скельній породі не має узагальнюючої для апроксимації властивості. Порівняння цих режимів як за інтенсивністю, так і за часом роботи конвеєра, говорить про те, що визначальним з точки зору параметрів використовуваного обладнання та граничних режимів експлуатації слід вважати режим навантажень по руді.

Враховуючи те, що один і той самий конвеєр, згідно з технологією, може працювати в певні періоди часу по руді, в інші періоди часу - видачі скельної породи, надалі будемо досліджувати можливості регулювання швидкості щодо режимів по руді, як більш напружених (з точки зору експлуатаційних параметрів), так і більш енерговитратних. При цьому будемо вважати, що нижня межа регулювання швидкості конвеєра для режиму по скельній породі збігається з мінімальним значенням швидкості для режиму по руді, так як для забезпечення таких режимів регулювання буде використано одне й те саме обладнання.

Для визначення необхідного діапазону регулювання швидкості конвеєра скористаємося статистичними даними навантажень по руді для умов Першотравневого кар'єру, визначивши показники фактичних навантажень у відносних одиницях до номінальної (паспортної) продуктивності конвеєра, яка становить $Q_n = 4000$ т/год.

Для визначення економічно доцільного діапазону регулювання швидкості конвеєра приймемо такі припущення:

1. У діапазоні швидкостей від номінальної v_n до обраної мінімальної v_{min} швидкості регулювання конвеєра погонне навантаження 1 м стрічки конвеєра вважаємо постійним, тобто продуктивність конвеєра Q в цьому діапазоні пропорційна швидкості конвеєра v . Продуктивність конвеєра в граничній точці діапазону пропорційна мінімальній швидкості діапазону регулювання

$$Q_o = Q_n \cdot v_{min} / v_n.$$

У відносних одиницях $Q_o^* = v_{min}^*$.

2. У діапазоні продуктивностей від 0 до Q_o швидкість конвеєра не регулюється і залишається рівною v_{min} .

3. Капітальні витрати на реалізацію режиму регулювання швидкості для номінальних параметрів електропривода (3×1000 кВт) визначатимемо у вигляді суми постійної частини (що не залежить від обраного діапазону) A і змінної частини витрат, пропорційної діапазону регулювання швидкості, з коефіцієнтом B

$$K = A + B \cdot \left(\frac{v_H - v_{\min}}{v_H} \right) = A + B \cdot (1 - v_{\min}^*),$$

а експлуатаційні витрати (річні) щодо забезпечення режиму регулювання швидкості будемо вважати постійними (незалежними від діапазону): $Z_{\text{експл}} = C$.

Складові витрат A, B приймаємо виходячи з таких міркувань: змінні витрати, залежні від діапазону регулювання швидкості, відповідають потужності електрообладнання, що встановлюється в роторному ланцюзі двигуна стосовно до електроприводу за системою асинхронно-вентильного каскаду (АВК).

Чим глибше регулюється швидкість АВК, тим більш потужними повинні бути випрямляч, інвертор і трансформатор. Постійна складова капітальних витрат відповідає вартості придбання, монтажу та наладки системи управління (програмований контролер, додатково встановлювані датчики та ін.), вартість якої не залежить від потужності устаткування.

Приймаємо вартість системи управління $A = 400$ тис. грн, що відповідає ціні і вартості монтажно-налагоджувальних робіт для контролерів фірми «Schneider Electric».

Вартість трьох комплектів обладнання (тридвигунний електропривод) в роторному ланцюзі двигуна, виходячи з максимальної глибини регулювання швидкості, складає (з урахуванням монтажно-налагоджувальних робіт) $B = 4500$ тис. грн.

Річні експлуатаційні витрати з обслуговування цього обладнання, виходячи з досвіду експлуатації, приймаємо рівними $C = 100$ тис. грн.

Залежність споживаної потужності приводу конвеєра від навантаження (по продуктивності) при незмінній швидкості має вигляд [8]

$$N_1 = N_{xx} + b \cdot Q$$

де N_{xx} - потужність холостого ходу конвеєра; b - коефіцієнт пропорційності; Q - продуктивність.

Відносне зниження споживаної потужності приводом конвеєра при регулюванні швидкості вниз від номінальної визначається за формулою [8]

$$\Delta N^* = N_{xx}^* \cdot (1 - v^*).$$

Тоді залежність споживаної потужності приводом конвеєра у відносних одиницях від навантаження (по продуктивності) при регульованій швидкості і незмінному погонному навантаженні має вигляд

$$N_2^* = N_1^* - \Delta N^* = Q^* \cdot (b + N_{xx}^*).$$

Середнє значення споживаної потужності приводом конвеєра за певний, досить тривалий період часу (при регулюванні швидкості вниз від номінальної до граничного значення v_{\min} і незмінній швидкості при $Q < Q_0$), можна визначити, використовуючи фактичну статистику навантажень, за формулою

$$N_{\text{сеп}} = \int_0^{Q_0} N_1(Q) p(Q) dQ + \int_{Q_0}^{Q_H} N_2(Q) p(Q) dQ$$

де $p(Q)$ - щільність ймовірності розподілу навантажень конвеєра (відповідно до гістограми емпіричних значень продуктивності).

Як критеріальний показник вибираємо мінімум сумарних приведених витрат, враховуючи що капітальні витрати приводяться з коефіцієнтом нормативної ефективності $\alpha = 0,15$

$$Z_{\text{пр.}}(Q) = N_{\text{ср.}}(Q) \cdot T_{\text{год.}} - \tau + \alpha K(Q) + Z_{\text{експл.}}$$

де $T_{\text{год.}}$ - кількість годин роботи конвеєра на рік (приймаємо $T_{\text{год.}} = 8000$ год.); τ - тариф 1 кВт години електричної енергії (приймаємо $\tau = \text{грн/кВт год.}$).

Функція, що мінімізується, має вигляд:

$$Z_{\text{пр.}}(Q) = \tau \cdot T_{\text{год.}} \cdot \left[\int_0^{Q_0} [N_1(Q) p(Q)] dQ + \int_{Q_0}^{Q_H} [N_2(Q) p(Q)] dQ \right] + \alpha \cdot \left(A + B \frac{Q_H - Q}{Q_H} \right) + C \rightarrow \min$$

На рис. 3 наведено графік залежності приведених витрат для фактичного розподілу навантажень по продуктивності конвеєра.

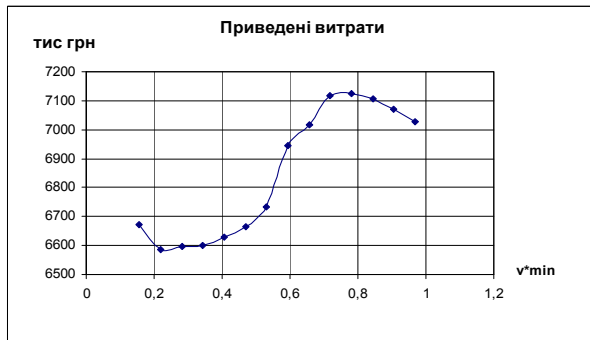


Рис. 3. Графік залежності приведених витрат від мінімальної швидкості діапазону для умов навантажень конвеєра за фактичними даними

Виходячи з наведених даних, мінімальне значення відповідає швидкості $v_{min}^* = 0,219$ і, таким чином, економічно доцільний (оптимальний) діапазон регулювання швидкості становить

$$D = 1 - 0,219 = 0,781$$

або 78,1% вниз від номінальної швидкості.

Приведені витрати становлять $Z_{np, mi} = 6585,57$ тис. грн.

Економічний ефект (різниця приведених витрат відносно базового варіанту - без регулювання швидкості) дорівнює $E = 442,5$ тис. грн.

Для узагальнення отриманих результатів виконаємо імітаційне моделювання оптимального діапазону регулювання швидкості, згідно із запропонованою методикою, варіюючи показники коефіцієнта завантаження конвеєра $k_{зав.} = Q_{сер.}/Q_n$ і середньоквадратичного відхилення $\sigma^* = \sigma/Q_{сер.}$. На рис. 4-5 представлено графіки залежностей оптимального діапазону D регулювання швидкості конвеєрів, а також відносного значення економічного ефекту E^* від варійованих параметрів.

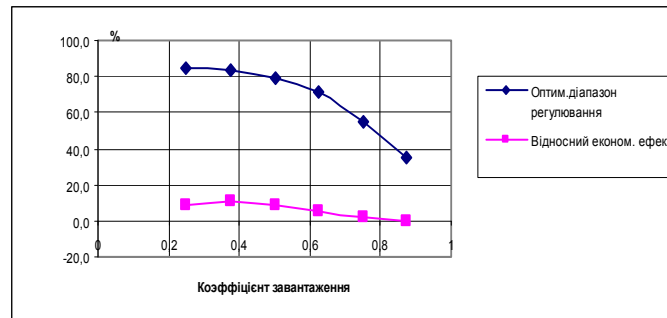


Рис. 4. Графіки залежності оптимального діапазону регулювання швидкості і відносного економічного ефекту від коефіцієнта завантаження

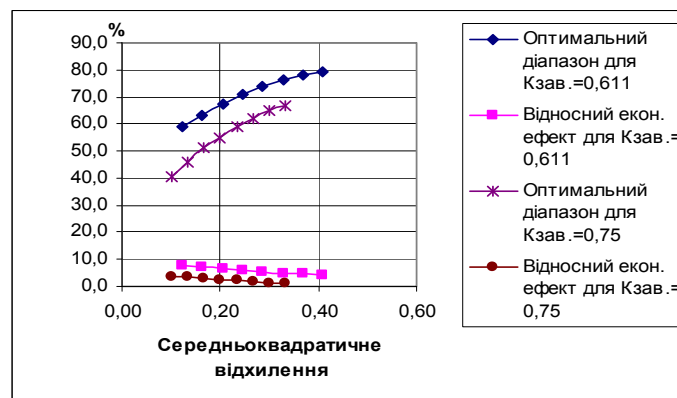


Рис. 5. Графіки залежності оптимального діапазону регулювання швидкості і відносного економічного ефекту від варіації навантаження конвеєра

Висновки та напрямок подальших досліджень. У результаті аналізу графіків можна зробити висновок, що регулювання швидкості конвеєрів доцільно при значеннях середнього навантаження $Q_{сер.} < (0,7-0,75)Q_n$. Відносний економічний ефект має максимум при $k_{зав.} = 0,35-0,4$. Збільшення варіації навантаження конвеєрів призводить до необхідності збільшення діапазону регулювання швидкості, при цьому відносний економічний ефект знижується. У будь-якому випадку для підвищення ефективності регулювання швидкості конвеєрів необхідно вживати заходів для стабілізації вхідного вантажопотоку (зниження варіації навантаження). При незмін-

ному середньому значенні навантаження конвеєра і зниженні в 2 рази середнього квадратичного відхилення економічний ефект регулювання швидкості зростає в 1,7-2,0 рази, а діапазон регулювання швидкості конвеєра може бути скорочений на 15-20%.

Список літератури

1. **Мазур І.** Енергоємність валового внутрішнього продукту України: передумови зниження // Вісник ТНЕУ, 2012. – №1. – С. 54-71.
2. **Черемушкина М.С., Козярук А.Е.** Повышение безопасности и эффективности управления многодвигательным электроприводом конвейерного транспорта // В сб.: Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т.2, 2007. – С. 108-112.
3. **Назаренко В.М., Савицкий А.И., Сокотнюк Ю.А.** Система управления регулируемым приводом тяжелых ленточных конвейеров // Горная электромеханика и автоматика, 1985. – №46. – С. 84-90.
4. **Волотковский В.С.** и др., Износ и долговечность конвейерных лент. – М.: Недра, 1976. – 174с.
5. **Кречнев Э.Г., Селищев Ю.А.** Об экономической эффективности применения регулируемых приводов в ленточных типажных конвейерах // В сб.: Конвейерный и рельсовый транспорт в горной промышленности, 1968. – С. 81-87.
6. **Бабочкин Г.И.** Энергосбережение в электроприводе конвейера // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2002. – №1. – С. 122-125.
7. **Назаренко В.М.** О колебании грузопотоков поточно-транспортных систем дробильных фабрик ГОКов // Известия ВУЗов. Горный журнал, 1977. – №9. – С. 138-143.
8. Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5 книгах: Практ. пособие / Под ред. **В.А. Веникова.** – М.: Высшая школа, 1989. – Кн. 2: Энергосбережение в электроприводе / **Н.Ф. Ильинский, Ю.В. Рожанковский, А.О. Горнов.** – 127 с.

Рукопись поступила в редакцию 18.03.14

УДК 622.7 15

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн. наук, А.Е. ГРИЦИНА, канд. эконом. наук,
Б.Т. ДРАГУН, А.Ю. ГУК, Л.Ю. УБИСКАЯ, ГП «ГПИ «Кривбаспроект»,
И.Г. ЕГОРОВА, канд. эконом. наук, Криворожский национальный университет»

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ

Рассмотрены актуальные вопросы экономической эффективности повышения металлургической ценности железорудного сырья и его стимулирования. Раскрыты значения качества как одного из главных показателей конкурентоспособности продукции, влияния его на экономику предприятий горно-металлургического комплекса и взаимосвязь с системой стимулирования повышения качества продукции. Произведена формализация задачи определения уровня приплат и скидок за качество железорудного сырья с учетом металлургической ценности. Обоснована необходимость сочетания систем экономического стимулирования предприятий и материального поощрения их работников.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Качество железорудного сырья и система стимулирования его повышения являются одними из основных факторов повышения эффективности горно-металлургического комплекса, интенсификации металлургических процессов, снижения расхода кокса в доменном производстве и вредных выбросов в коксохимическом производстве.

Постановка задачи. Основная задача заключается в раскрытии значения качества как одного из главных показателей конкурентоспособности продукции, влияния его на экономику предприятий горно-металлургического комплекса и взаимосвязи с системой стимулирования повышения качества продукции.

Анализ исследований и публикаций. При исследовании проблем качества железорудной продукции рассматриваются вопросы определения оптимального уровня качества продукции, направления технического и технологического обеспечения повышения содержания железа, стимулирования улучшения потребительских свойств железорудного сырья и поощрения работников горнодобывающих предприятий за улучшение качества продукции.

В разное время вопросы определения оптимального уровня качества продукции отражались в крупных комплексных работах научно-исследовательских и проектных институтов, в

том числе с участием институтов «Кривбасспроект», «Механобрчермет», «Укрспромез», ИЧМ, «ДонНИИЧермет» и др. Методическое руководство работами осуществлялось институтами ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина, Гипромез и Ленгипромез. Для выполнения работ использовался весьма широкий круг исходной информации о технологических свойствах концентрата, агломерата и окатышей в трех-четырёх вариантах уровней качества и детальные экономические расчеты по вариантам.

Постоянно проблемы технического и технологического обеспечения повышения содержания железа в товарной руде решают отечественные институты «Механобрчермет», Криворожский национальный и Днепропетровский горный университеты.

Предложения по стимулированию улучшения металлургических свойств железорудного сырья (содержания железа в концентратах, основности окатышей, постоянства химического состава) отражались в разработках институтов «Механобрчермет», «ДонНИИЧермет», «Кривбасспроект» и др.

Отметим, что органами системы ценообразования принимались лишь частичные решения по стимулированию содержания железа и влаги в концентратах, основности окатышей, агломерата, но вовсе не учитывались непостоянство, т.е. отклонения содержания компонентов химического состава от уровня, предусмотренного техническими условиями, и другие параметры качества. Поэтому возникали и продолжают возникать проблемы во взаимоотношениях потребителей и производителей металлургического сырья. Ведь как можно было заставить горнодобывающее предприятие повысить содержание железа в концентрате, если это мероприятие по условиям действующего прейскуранта было заведомо убыточным, или снизить колебания химического состава ниже допустимого уровня, если стимулирование этого прейскурантом не было вообще предусмотрено.

Изложение материала и результаты. Качество железорудной продукции характеризуется химическим и гранулометрическим составом, а также их постоянством. К числу полезных компонентов, помимо железа, относятся оксиды кальция, магния, легирующие элементы (ванадий, марганец и др.), вредных – оксиды кремния, алюминия, сера, фосфор, мышьяк. За рубежом при необходимости ряд этих элементов, а также щелочи, могут служить ценообразующими показателями. В Украине в технических условиях и прейскурантах качество агломерационных руд и концентратов традиционно оценивалось только по содержанию железа и влаги (другие химические элементы либо находятся в обратной зависимости от содержания железа, либо имеют незначительные величины). В технические условия также включаются допустимые отклонения по установленным показателям качества. В агломерационных рудах содержание железа составляет 56-60 % при крупности 0-10 мм, в концентратах – 63,7-68,5 %. Крупность тонкоизмельченных концентратов составляет от 94-98 % класса минус 0,074 мм до 97 % класса 0,044 мм.

Конкуренция на внутреннем и зарубежном рынках железорудного сырья обуславливает переход горнодобывающих предприятий на производство товарной продукции с улучшенными потребительскими свойствами по содержанию железа и диоксида кремния. В 2013 г. среднее содержание железа в товарной железной руде горнодобывающих предприятий Украины составило 64,3 % (при 9,1% SiO₂), в том числе в концентратах горно-обогатительных комбинатов 65,3 %, в агломерационных рудах подземной добычи - 58,7 %. Доля концентратов в общем объеме товарной руды составляет 83,4 %. Следует отметить относительно высокое содержание железа в руде подземной добычи, поскольку в 70-х годах прошлого века оно находилось в пределах 54,3-54,5 %, а в начале 80-х годов на отдельных рудниках вообще снижалось до 51-53 %.

Одной из основных задач исследователей и проектировщиков является установление оптимального уровня содержания железа в подготовленном металлургическом сырье (оптимальной глубины обогащения). Оптимальным является такой уровень качества, при котором обеспечивается минимум сквозных затрат на производство чугуна, то есть наибольший экономический эффект для производителя и потребителя железорудного сырья и, следовательно, наиболее высокая конкурентоспособность продукции. Оптимизация качества железных руд в условиях рыночной экономики необходима для правильной ориентации по согласованию цен и приплат при заключении контрактов на поставку.

Работы по определению оптимального уровня качества железорудной продукции были начаты в 60-годах прошлого века группой проектных и научно-исследовательских институтов. Как указывалось выше, для выполнения работ требовался большой объем исходных данных о

технологических свойствах концентрата, агломерата и окатышей по нескольким вариантам качества. В ряде случаев необходимые технические показатели вообще отсутствовали в первичной и официальной статистике предприятий и могли быть получены только в процессе специальных испытаний. Техничко-экономические расчеты основывались на определении удельных капитальных и эксплуатационных затрат на производство концентрата (окатышей, агломерата) и на производство чугуна. Критерием являлся минимум сквозных приведенных затрат на производство 1 т чугуна. При этом не могли быть учтены хозрасчетные интересы предприятий-производителей железорудной продукции, связанные с уменьшением количества концентрата и окатышей по мере повышения в них содержания железа. Распределение эффекта от улучшения качества железорудной продукции между производителями и потребителями осуществлялось по решению вышестоящих организаций.

В большинстве случаев оптимальными представлялись варианты с максимальным содержанием железа в концентратах, главным образом, полученных с применением флотационной технологии обогащения руды или доводки (дообогащения) концентратов флотацией или тонким грохочением. Тем не менее, в реальности предприятия продолжали выпускать концентраты, содержащие железа на 2,0-2,5 пункта ниже оптимального уровня. Аналогичная ситуация сложилась и с металлургическими свойствами окатышей и агломерата, в особенности при выборе их оптимальной основности.

Два десятилетия назад под руководством и при непосредственном участии авторов была выполнена научно-исследовательская работа по определению оптимального уровня качества железорудной продукции ГОКов СССР [1]. В работе принимали участие НИПИ «Механо-брчермет», Институт экономики ЦНИИЧМ им. И.П. Бардина (Москва), Днепропетровский филиал Черметинформации, Укрспромез, ДонНИИЧермет.

В работе впервые был применен новый методологический подход к определению оптимального уровня качества железорудной продукции. Расчеты технико-экономических показателей были выполнены с учетом динамики качества по сравниваемым вариантам: на момент расчетов и на 15-летнюю перспективу. Техничко-экономические расчеты выполнялись по трем вариантам качества:

базового (достигнутого) уровня;

уровня качества, принятого в схеме развития и размещения предприятий черной металлургии на 15-летний период;

технологических возможностей обогатительных и окомковательных фабрик.

Как указывалось выше, ранее по традиционной методике рассчитывались удельные приведенные затраты на производство 1 т чугуна. В реальной хозяйственной практике реализация железорудной продукции производится по реальным оптовым ценам, а не по абстрактным приведенным затратам, включающим себестоимость и капитальные инвестиции на повышение качества продукции, приведенные к одному году. Удельные приведенные затраты, которые обычно использовались для выбора вариантов, не обеспечивают сопоставимость вариантов по объемам производства, так как повышение качества товарных руд и окатышей, как правило, сопровождается уменьшением выпуска концентрата, массы металла в нем, выпуска окатышей и изменением структуры продукции.

Сравнение достигнутых в последние годы показателей с оптимальными уровнями качества, рекомендованными для некоторых предприятий, представлено в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальное и достигнутое качество железорудных концентратов

Предприятия	Содержание железа в концентратах, %		
	достигнутое к 1990 г.	оптимальное на 2005 г.	максимальное последних лет
ОАО «Южный ГОК»	64,88	66,40	65,82
ГОК ПАО «АМКР»	65,99	68,00	65,70
ПАО «Центральный ГОК»	66,66	70,00	68,25
ПАО «Северный ГОК»	64,82	66,3...67,0	66,57
ПАО «Ингулецкий ГОК»	63,73	64,90	66,85
ПАО «Полтавский ГОК»	62,39	65,50	>65,50*

*расчетно, исходя из содержания железа в окатышах

В последние годы на горно-обогатительных комбинатах, кроме ГОК ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» («АМКР»), обеспечено повышение содержания железа в концентратах. Ряд предприятий приблизились и превзошли оптимальный уровень качества концентратов. С целью увеличения содержания железа в концентрате на ГОК ПАО «АМКР» проводятся работы по внедрению процесса тонкого грохочения в технологической схеме обогащения.

Повышение содержания железа в агломерационных рудах и концентратах для производителей связано с неизбежным увеличением затрат на производство и уменьшением количества металла, что ухудшает их финансово-экономическое состояние.

Компенсация экономических потерь горнодобывающих предприятий при повышении содержания железа в товарной продукции должна осуществляться путем установления соответствующих цен и системы приплат и скидок за разные потребительские свойства

Анализ показывает, что в отдельных договорах на поставку концентрата приплаты (скидки) за содержание железа вообще не предусматривались. Во многих случаях, в том числе и при экспорте железорудной продукции, так называемое, стимулирование повышения качества товарной продукции осуществляется путем применения приплат и скидок на основе стоимости 1% железа в базовой цене. Этот прием является ошибочным и приносит большие убытки горнодобывающим предприятиям, так как при этом не принимаются во внимание механические потери объема готовой продукции горнодобывающих предприятий при повышении качества руд и концентратов и экономия средств потребителя за счет уменьшения стоимости перевозки 1 т металла в товарной руде. Поставки железорудной продукции по таким условиям продолжают и в настоящее время, и никто, кроме производителя, ситуацию не изменит. Представляется, что для горнодобывающего предприятия лучшие экономические показатели будут достигнуты при поставках продукции минимально допустимого качества. Такие последствия неправильного установления приплат и скидок за содержание железа в товарной руде могут ожидать потребителя железорудного сырья.

Для обеспечения взаимовыгодных отношений поставщиков и потребителей железорудного сырья, на основании обработки результатов расчетов [2] авторами была установлена зависимость размера приплат и скидок от уровня базовой цены концентрата

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499, \text{ грн} \quad (1)$$

где P_{Fe} – приплата за 1% содержания железа в концентрате, грн; $C_{баз}$ – цена концентрата базового качества, грн.

Представленное выше выражение было получено на основании расчетов, выполненных с учетом металлургического передела в ценах на материальные и энергетические ресурсы, действовавших в 2006 г. Анализ показывает, что произведение $0,0153 \times C_{баз}$, равное $C_{баз} : 65,36$, есть ничто иное, как стоимость 1% железа в концентрате, содержащем 65,36% железа. Поскольку такое содержание железа близко к среднему показателю в Украине, указанная часть выражения (1) вполне приемлема для расчетов цен концентрата в проектных и научно-исследовательских работах, при выполнении геолого-экономической оценки месторождений, прогнозировании и других видах оценки вариантов развития производства. Свободный член уравнения 5,3499 (грн) отражает суммарный результат влияния качества железорудной продукции на изменение уровня затрат в горно-обогатительном и аглодоменном производствах в ценах и условиях 2006 г.

Естественно, что при наличии всех необходимых исходных данных выражение (1) можно установить для любого текущего периода. Однако в связи с жесткими требованиями по конфиденциальности информации на предприятиях горно-металлургического комплекса, особенно в последние пять лет, сделать это стало практически невозможным. Поэтому нами предложена модифицированная формула определения размера приплат и скидок за содержание железа в концентрате:

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499 I_{ц}, \text{ грн} \quad (2)$$

где $I_{ц}$ – индекс изменения цен в расчетном году относительно базовых цен (2006 г.).

Для обеспечения запаса эффективности от улучшения качества железорудного сырья и уменьшения риска потерь в металлургическом производстве формула расчета приплат и скидок приобретает вид

$$P_{Fe} = 0,0153 C_{баз} + 5,3499 I_{ц} \times K_{с}, \text{ грн} \quad (3)$$

обогатительного предприятия в уменьшении суммарных затрат на производство чугуна (0,75÷1,00).

Для определения индекса изменения цен в расчетном году относительно базовых цен ($I_{ц}$) имеется достаточная нормативно-информационная основа [3, 4]. Так, ежемесячно Государственным комитетом Украины по статистике рассчитываются и публикуются официальные индексы потребительских цен (индексы инфляции). Ежеквартально Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины доводит до сведения индексы изменения рыночной стоимости строительства по отношению к последнему расчетному периоду. Данные о динамике индексов рыночной стоимости в капитальном строительстве приводятся по видам: строительно-монтажным работам; промышленной продукции; продукции предприятий строительных материалов, изделий и конструкций; продукции предприятий машиностроения. Наиболее приемлемы для расчета $I_{ц}$ индексы рыночной стоимости промышленной продукции.

Например, выполняется проект технического переоснащения обогатительной фабрики с организацией производства концентрата, содержащего 66,5 % железа. До намечаемого переоснащения цена 1 т концентрата с содержанием железа 65,25 % составляла 650 грн. Индекс рыночной стоимости промышленной продукции по состоянию на 01.04.14 г. по отношению к показателю на 01.01.07 г. согласно [4,5] составляет 3,34 (30,15:9,02), где 30,15 и 9,02 - индексы указанных периодов по отношению к 1991 г. Коэффициент запаса эффективности принимается на уровне 0,75.

Тогда приплаты (скидки) за 1 % отклонения содержания железа в концентрате от базового составляют, грн/т

$$P_{Fe} = 0,0153 \times 650 + 5,3499 \times 3,34 \times 0,75 = 23,35$$

Цена 1 т концентрата с содержанием железа $Fe_{пр}$ 66,5% по проекту $C_{пр}$ составляет, грн

$$C_{пр} = C_{баз} + P_{Fe} \times (Fe_{пр} - Fe_{баз}) \quad (4)$$

$$C_{пр} = 650 + 23,35 \times (66,5 - 65,25) = 679,19 \text{ грн}$$

Важным вопросом является также установление рационального соотношения цен концентрата и окатышей. Обычно цена 1 т окатышей превышает цену 1 т концентрата натуральной массы на 200-225 грн. В сопоставимом виде цена 1 т концентрата сухой массы будет выше, чем с влагой, примерно на 10-11%. Нетрудно подсчитать, что с учетом себестоимости передела окомкования, флюсов, связующих добавок, общепроизводственных расходов (170-200 грн/т окатышей) прибыль от производства окатышей не превысит прибыль от выпуска товарного концентрата.

Следует иметь также в виду, что необходимо обеспечивать и отдачу капитальных инвестиций в создание цеха производства окатышей.

При замене одного вида товарной продукции (концентрата) другим (окатышами) должны выдерживаться следующие условия

$$C_{ок} \geq C_k \times P_k + C_{окк} + P_{цпо} \quad (5)$$

или

$$C_{ок} \geq C_k \times P_k + C_{ок} + P_{гок} \quad (6)$$

где C_k - цена 1 т концентрата, грн; P_k - расход концентрата на производство 1 т окатышей, т; $C_{окк}$ - эксплуатационные расходы по переделу цеха производства окатышей (ЦПО), грн/т; $P_{цпо}$ - прирост прибыли от производства окатышей, грн/т; C_k - себестоимость 1 т концентрата, грн; $P_{гок}$ - планируемая прибыль ГОКа при производстве окатышей, грн/т.

В экономической практике имеет место несовершенство системы материального поощрения работников горнодобывающих предприятий за повышение качества железорудной продукции. Ярким примером могут служить ранее действовавшие условия премирования работников ГОКов. Тогда, например, при получении приплат непосредственно за повышение качества продукции в сумме 1 млн руб, персоналу предприятия с помощью косвенных расчетов полагалась премия в сумме около 2 тыс. руб (в среднем 25-35 коп на одного работающего). Подобные ситуации могут сдерживать процессы улучшения качества продукции предприятий, независимо от условий формирования цен. Поэтому в настоящее время материальному поощрению работников, на наш взгляд, следует уделять самое пристальное внимание.

Таким образом, повышение качества продукции горнодобывающих предприятий должно постоянно находиться во взаимосвязи с системами экономического стимулирования предприятий и материального поощрения их работников.

Выводы. 1. Качество железорудного сырья является одним из основных факторов повышения эффективности горно-металлургического комплекса, интенсификации металлургических

процессов, снижения расхода кокса в доменном производстве и вредных выбросов в коксохимическом производстве.

2. Раскрыто значения качества как одного из главных показателей конкурентоспособности продукции, влияния его на экономику предприятий горно-металлургического комплекса и взаимосвязь с системой стимулирования повышения качества продукции.

3. Представлены оптимальные уровни качества железных руд для ориентации в условиях современной экономики.

4. Произведена формализация задачи определения уровня приплат и скидок за качество железорудного сырья с учетом металлургической ценности.

5. Установлена необходимость сочетания систем экономического стимулирования предприятий и материального поощрения их работников.

Список литературы

1. Определение оптимального уровня качества железорудной продукции на период до 2005 г. в условиях полного хозяйственного расчета горно-обогатительных и металлургических предприятий /рук. НИР – **Б.Т. Драгун**// – Инв. № Гос. регистрации 0189.0 053917.
2. Застосування сучасних методів оцінки якості залізорудної продукції у техніко-економічних розрахунках / **О.С. Грицина, Б.Т. Драгун, І.А. Гамалінський та ін.**// *Металлург. и горнорудн. пром-сть* – № 7. – 2008.
3. Методические аспекты пересчета затрат прошлых лет в современные условия при геолого-экономической оценке месторождений / **В.В. Перегудов, А.В. Романенко, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун и др.**// *Сборник научных трудов Академии горных наук Украины.* – 2012.
4. Ценообразование в строительстве. Сборник официальных документов и разъяснений // К. «ИНПРОЕКТ». № 2. 2007. С. 82.
5. Ценообразование в строительстве. Сборник официальных документов и разъяснений // К. «ИНПРОЕКТ». № 4. 2014. С. 147.
6. Экономические аспекты повышения качества железорудного сырья. / **В.В. Перегудов, А.Е. Грицина, Б.Т. Драгун, А.Ю. Гук.** // *Металлург. и горнорудн. пром-сть* – № 6. – 2013.

Рукопись поступила в редакцию 10.04.14

УДК 622.013 : 330.322

В.В. ПЕРЕГУДОВ, д-р техн. наук, Б.Т. ДРАГУН, Ан. Ю. ГУК, Ал. Ю. ГУК
ГП «ГПИ «Кривбасспроект»

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОЙ СТОИМОСТИ ВЛАДЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрены методологические вопросы определения экономической категории «полная стоимость владения». В полную стоимость владения предложено включать суммарные затраты - капитальные инвестиции и эксплуатационные расходы за вычетом амортизации за весь период эксплуатации объектов оценки для условий предприятий горнодобывающей промышленности. Обоснована возможность применения показателя ТСО при оценке проектных решений и вариантов развития горнодобывающих предприятий. Полная стоимость владения объектом основных средств соответствует показателю суммарных затрат и должна определяться в соответствии с нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий, которые были разработаны с участием авторов статьи.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В рамках использования системы технико-экономических показателей для оценки вариантов развития производства, выбора технологии или приобретения (строительства) отдельных объектов основных средств горнодобывающих предприятий особенное значение имеет использование показателя полной стоимости владения - ТСО (англ. *Total Cost of Ownership*). Четкие, научно обоснованные методологические положения расчета этого показателя отсутствуют, хотя заказчики проектов все чаще склоняются к требованиям по отражению этого показателя, считая его объективным критерием оценки проектных решений строительства, реконструкции, модернизации и технического переоснащения предприятий горнодобывающей отрасли.

Постановка задачі. Задачею является формирование системного подхода к расчетам полной стоимости владения для объектов основных средств горнодобывающих предприятий и определение четких методологических аспектов этого процесса с приведением примера ТСО для горнодобывающего предприятия.

Анализ исследований и публикаций. Как указывалось выше, научно обоснованные методологические положения расчета показателя ТСО отсутствуют. В Интернете иногда появляются статьи и книги, отражающие категорию полной стоимости владения на любительском уровне, с приданием ей черт частного характера. Например, речь может идти о показателе для личного автомобиля в период его эксплуатации и других подобных вещах, представляющих единичные интересы пользователей [1, 2, 3].

На наш взгляд, принятый в публикациях перевод термина ТСО с английского является неточным. В свое время весьма так же неудачно был осуществлен и перевод показателя NPV (Net present value) как «чистая настоящая стоимость», в результате чего его даже включали в качестве критерия оценки стоимости запасов полезных ископаемых. Однако по своей сути NPV является эффектом. Поэтому разработка месторождения с миллиардными запасами руды будет считаться эффективной при положительном NPV даже на уровне нескольких гривен.

ТСО, по нашему мнению, следует переводить и понимать буквально как показатель «общих затрат по владению» какими-либо объектами, но далеко не стоимостью владения.

Изложение материала и результаты. В общем виде выполнение технико-экономической оценки или выбор оптимального варианта проекта основывается на двух методах: статическом и динамическом.

При статическом методе оценки и выбора в проектах строительства, реконструкции, технического переоснащения, капитального ремонта или модернизации горнодобывающих предприятий с подземным и открытым способом добычи железных руд используется система показателей, которая включает годовой чистый денежный поток, рентабельность затрат, показатель приведенных затрат, рентабельность инвестиций, срок окупаемости капитальных инвестиций, годовой экономический эффект. Для инвестиционных объектов, отличающихся производительностью и/или сроками службы, оценка и выбор лучшего варианта может производиться, исходя из Методики определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений [5].

При динамическом методе технико-экономической оценки выбор оптимального варианта несколько отличается. Показатели при динамической оценке рассчитываются по каждому году оцениваемого периода, в целом за расчетный период и дисконтируются. При этом оценка вариантов проекта выполняется на основании итоговых результатов расчета дисконтированных показателей коэффициента эффективности инвестиций, срока окупаемости капитальных инвестиций, рентабельности инвестиций, чистой настоящей стоимости и внутренней нормы (ставка) рентабельности (таблица 1) [4,7,8].

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели статического и динамического методов оценки проектных решений

Основные показатели статического метода оценки	Основные показатели динамического метода оценки
показатель приведенных затрат $Пз$ $Пз = B + E_n \times K$	дисконтированный коэффициент эффективности инвестиций ($DROI$) $DROI = \left[\sum_{t=1}^T \frac{NP_t}{(1+E)^t} \div T_e \right] \div \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}$
рентабельность инвестиций PI $PI = CF/K$	рентабельность инвестиций PI $PI = \left[\sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+E)^t} \right] \div \left[\sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1+E)^t} \right]$
срок окупаемости капитальных инвестиций PP $PPK = /CF$	сумма дисконтированного потокового эффекта NPV $NPV = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t - K_t}{(1+E)^t}$

годовой экономический эффект E_{np} $E_{np} = (I_b - I_{np}) \times A_{np}$	внутренняя норма рентабельности IRR $IRR = \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + IRR)^t}$
Условные обозначения	
E_n - нормативный коэффициент эффективности капитальных инвестиций, грн/грн; B - годовые эксплуатационные затраты по вариантам, грн; CF - среднегодовой чистый денежный поток по вариантам, грн; A_{np} - годовой объем продукции предприятия или добытой руды, т.	I_b, I_{np} - удельные приведенные затраты по вариантам в расчете на единицу продукции или добытой руды, грн/т; T_e - период эксплуатации объекта основных средств с начала выпуска продукции, лет; K - капитальные инвестиции по вариантам, грн; K_t - капитальные инвестиции в году t , грн; CF_t - сумма чистого денежного потока в году t , грн; E - норма (ставка) дисконта, %.

Основные критерии при динамической методе оценки основываются на показателях прибыльности (рентабельности). Для отдельных объектов основных средств такой подход неприемлем, так как рассчитать прибыль по каждой единице оборудования на практике не представляется возможным. В последнее время в экономической литературе встречается показатель полной стоимости владения, по своей сущности близкий к показателю суммарных затрат, но имеющий и существенные отличия.

Под полной стоимостью владения понимают сумму целевых затрат, которые требуются собственнику с момента вступления во владение объектом основных средств до момента выхода из этого состояния, и исполнения собственником полного объема обязательств, связанных с данным владением. Такой подход позволяет определить прямые и косвенные затраты, связанные с приобретением, эксплуатацией и ликвидацией активов, как для обоснования проектных решений, так и для сравнения нескольких вариантов развития производства.

При этом универсальной методики расчета показателей ТСО не существует, а методологические принципы определения полной стоимости владения для предприятий горнодобывающей промышленности, по сути, не разработаны. Здесь первостепенное значение имеют производственные характеристики объектов основных средств, технология добычи и переработки железной руды, структура и динамика затрат предприятия [9]. Показатель ТСО, в свою очередь, может выступать основой для определения экономической эффективности капитальных инвестиций. Таким образом, разработка специализированной методики, ориентированной на конкретный объект владения и предназначенной для определения общей величины затрат на объекты основных средств горнодобывающих предприятий, является актуальной задачей в современных условиях.

В общем виде в состав ТСО следует включать затраты на проектирование, строительство (покупку) актива, материалы, топливо и энергию на технологические цели, оплату труда персонала, текущие и капитальные ремонты, накладные расходы, затраты на техническое обслуживание и утилизацию объектов основных средств по истечению срока их службы. Полученный расчет может быть использован для оценки полной стоимости владения и при покупке новых активов, и для принятия решений минимизации затрат на протяжении жизненного цикла отдельных объектов основных средств и предприятия в целом.

Кроме того, ТСО применяется для сравнения фактических затрат на аналогичные виды активов при выборе оптимального проектного решения, поскольку не только капитальные инвестиции, но и расходы на содержание и эксплуатацию основных средств являются важным фактором в процессе принятия хозяйственных решений. В результате может сложиться ситуация, когда высокие капитальные вложения в комплексе с более низкими эксплуатационными расходами за весь срок службы актива будут предпочтительней варианта с приобретением более дешевого актива, связанного с необходимостью нести дополнительные затраты на ремонт и обслуживание. Текущие затраты за весь срок службы актива практически всегда превышают стоимость его приобретения. Дополнительно в расчет ТСО можно при необходимости включить социальные и экологические издержки в стоимостном выражении.

Таким образом, полная стоимость владения объектом основных средств соответствует показателю суммарных затрат и должна определяться в соответствии с нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий [6] с учетом величины капитальных инвестиций и эксплуатационных затрат по формуле

$$TCO = \sum_{t=1}^T (K_t + B_t - A_t) . \quad (1)$$

где TCO - совокупная стоимость владения как сумма целевых расходов, которые требуются с момента начала вступления в состояние владения до момента выхода из этого состояния, грн; K_t - капитальные инвестиции по вариантам и годам, грн; B_t - годовые эксплуатационные расходы по вариантам и годам, грн; A_t - амортизационные отчисления по вариантам и годам, грн; t - число лет, определяющее период владения, со значениями от 1 до T .

Аналогичным образом определяются дисконтированные показатели TCO и суммарных затрат по формулам

$$DTCO = \sum_{t=1}^T \frac{(K_t + B_t - A_t)}{(1 + E)^t} \quad (2)$$

где E - ставка (норма) дисконта для приведения показателей к единому (настоящему) времени путем дисконтирования, доля единицы.

Критерием выбора лучшего варианта проекта является минимальный уровень TCO или суммарных затрат за оцениваемый период

$$TCO = \sum_{t=1}^T (K_t + B_t - A_t) \rightarrow \min . \quad (3)$$

То же, при дисконтировании

$$DTCO = \sum_{t=1}^T \frac{(K_t + B_t - A_t \pm \Delta P_t)}{(1 + E)^t} \rightarrow \min . \quad (4)$$

Весьма сложным при расчетах TCO представляется выбор продолжительности периода оценки, особенно, если сравниваемые варианты отличаются сроком службы объектов.

В ситуациях сравнения оборудования с одинаковым сроком службы достаточно одного цикла срока службы. То же самое относится и к сравнению объектов, у которых сроки службы являются кратными между собой - в этом случае периодом оценки является больший срок службы одного из объектов.

В других ситуациях правильным было бы установление периода оценки на уровне общего знаменателя сроков службы сравниваемых объектов. Например, для двух видов оборудования со сроками службы десять и семь лет общий знаменатель составляет 70 лет. Однако весомость дисконтированных показателей большинства лет на таком большом отрезке времени будет крайне низкой. Поэтому следует производить все расчеты показателей TCO на отрезке 15...20 лет, что рекомендуется нормами проектирования горнодобывающих предприятий. При этом продолжительность оцениваемого периода для всех вариантов должна быть одинаковой. Обеспечение сопоставимости производится путем применения дробных показателей стоимости приобретения и монтажа оборудования на последнем цикле. Так, для указанного выше примера периодом оценки следует принять десять лет. Первый вид оборудования приобретается один раз. Второй вид оборудования приобретается один раз первоначально, а в начале восьмого года - на уровне 3/7 первоначальной стоимости [10].

В случае, если оцениваемые варианты отличаются только объемами добычи руды, то рассчитываются удельные TCO (суммарные затраты) на 1 т оцениваемых эксплуатационных запасов железной руды. Критерием выбора лучшего варианта является минимальный уровень удельных TCO или суммарных затрат. В табл. 2 представлен условный пример технико-экономических показателей, полученных в результате расчета TCO .

Таблица 2

Основные технико-экономические показатели расчета TCO оборудования доставки руды для горнодобывающего предприятия (условный пример)

Наименование статей и затрат	1-й год	2-й год	...	Всего за период оценки	Средне-годовые показатели
Объем добычи руды по годам, тыс. т	1 600	1 600	...	19 200	1 600
Режим работы предприятия, ч/год	5 124	5 124	...	5 124	5 124
Производительность оборудования по руде, т/ч	27,7	27,7	...	27,7	27,7
Расчетное количество единиц оборудования	11,27	11,27	...	11,27	11,27
Принятое количество единиц оборудования	12	12	...	12	12

Цена единицы оборудования, тыс. грн	480	-	...	480	40
Стоимость приобретения оборудования, тыс. грн	5 760	-	...	5 760	480
Сопутствующие капитальные инвестиции, тыс. грн	2 506	-	...	2 506	209
Общая сумма капитальных инвестиций, тыс. грн	8 266	-	...	8 266	689
Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	150	150	...	150	150
Расход электроэнергии, тыс. кВтч	864	864	...	10 368	864
Эксплуатационные расходы (с учетом капитальных ремонтов), тыс. грн	3 100	3 100	...	37 999	3 167
в том числе амортизационные отчисления, грн	689	689	...	8 467	706
Дисконтированные показатели, тыс. грн:					
капитальные инвестиции	8 266	-	...	8 494	708
эксплуатационные расходы	3 100	2 695	...	19 551	1 629
в том числе амортизационные отчисления	689	599	...	4 344	362
Суммарные затраты, тыс. грн	10 676	2 411	...	38 602	3 217
ТСО (дисконтированные суммарные затраты), тыс. грн	10 676	2 096	...	23 701	1 975
То же, в расчете на единицу оборудования, тыс. грн	890	175	...	1 975	165

Исходными для расчета являются следующие условия: срок службы оборудования - 12 лет; межремонтный цикл капитальных ремонтов - 48 месяцев; стоимость капитального ремонта единицы оборудования - 42 тыс. грн (первый) и 67 тыс. грн (второй); ставка дисконта - 15 %.

Аналогичные расчеты проводятся по всем вариантам проектного решения. В стоимость оборудования (капитальные инвестиции) входит цена оборудования завода-изготовителя или поставщика, стоимость поставки оборудования и его хранения, то есть затраты на транспортные и заготовительно-складские расходы. В соответствии с техническими условиями на изготовление и поставку оборудования в стоимости оборудования могут быть предусмотрены затраты на шефмонтаж, осуществляемый представителями предприятий-изготовителей оборудования или, по их поручению, специализированными организациями, имеющими лицензию на выполнение шефмонтажа оборудования, контроль за соблюдением требований и специальных условий при производстве монтажных работ. В стоимости шефмонтажа должны учитываться все расходы на его проведение. Эксплуатационные расходы рассчитываются по годам оцениваемого периода калькуляционным методом.

Среднегодовой экономический эффект от применения лучшего варианта проектного решения определяется как разница TCO , деленная на число лет оцениваемого периода

$$\mathcal{E} = (TCO_i - TCO_{\text{баз}}) : T \quad (5)$$

В случае если оцениваемые варианты отличаются объемами добычи руды, то годовой экономический эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (tco_i - tco_{\text{баз}}) R_{pi} \quad (6)$$

где tco_i и $tco_{\text{баз}}$ - соответственно удельные ТСО на 1 т объема оцениваемых эксплуатационных запасов железной руды шахты по вариантам применения ПДМ, грн; R_{pi} - эксплуатационные запасы железной руды шахты по оцениваемому варианту, т.

Для укрупненной оценки полной стоимости владения могут использоваться упрощенные методики расчета ТСО, основанные на использовании отдельных статей себестоимости.

Выводы и направление дальнейших исследований. Раскрыта сущность показателя ТСО, в принятом переводе с английского - полной стоимости владения объектами основных средств. Авторами показатель ТСО трактуется в качестве «полных затрат по владению». Отмечено отсутствие научно обоснованных методологических положений по расчетам анализируемого показателя.

Обоснована возможность применения ТСО при оценке проектных решений и вариантов развития горнодобывающих предприятий.

Сформирован методологический подход к расчету полных затрат по владению объектами основных средств горнодобывающих предприятий. Установлено, что полная стоимость владения соответствует показателю суммарных затрат, введенному ранее авторами в систему норм технологического проектирования горнодобывающих предприятий.

Разработанные методологические принципы подтверждены примером определения ТСО для горнодобывающего предприятия.

Список литературы

1. В.А. Злобин. Расчет и оптимизация стоимости владения легковым автомобилем в некоммерческой эксплуатации. М. 2012. С. 74.
2. Хубаев Г.Н. Расчет совокупной стоимости владения программным продуктом: методическое и инструментальное обеспечение // Вопросы экономических наук. – 2010. – № 5.
3. Jonathan Koomey, Kenneth G. Brill, W. Pitt Turner et al A Simple Model for Determining True Total Cost of Ownership for Data Centers. – The Uptime Institute, 2007.
4. Грицина О.С., Драгун Б.Т., Гук А.Ю., Нестерук Н.И., Ланцетова Т.В. Система економічних показників у нормах технологічного проектування гірничодобувних підприємств з підземним способом видобутку залізних руд. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2013. № 7.
5. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М., 1978.
6. Нормы технологічного проектування гірничодобувних підприємств з підземним способом видобутку залізних руд. Розділ 14. Техніко-економічні показники. Проект. ДП «ДП «Кривбаспроект», 2014.
7. Грицина А.Е., Драгун Б.Т., Гук А.Ю., Самохина С.А., Нестерук Н.И. Систематизация экономических показателей в нормах технологического проектирования дробильно-обогатительных фабрик. // *Вісник Криворізького національного університету*, 2013. - Кривий Ріг: КНУ. - Вип. 34.
8. Грицина А.Е., Драгун Б.Т., Ланцетова Л.И., Самохина О.В, Гамалинский И.А. Разработки института «Кривбаспроект» по совершенствованию методов экономической оценки проектов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2008. № 7.
9. Власенко Ю.Я., Драгун Б.Т., Ходаковский В.И. Экономические последствия реструктуризации некоторых шахт Кривбасса // *Вісник Криворізького технічного університету*, 2010. - Кривий Ріг: КНУ. - Вип. 25.
10. Грицина А.Е., Драгун Б.Т., Гамалинский И.А., Гук А.Ю., Убская Л.Ю, И.Г. Егорова. Экономические аспекты применения аутсорсинга на горнодобывающих предприятиях. // *Вісник Криворізького національного університету*, 2014. - Кривий Ріг: КНУ. - Вип. 36.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.14

УДК 658:622.012

С.Г. ЛЫСЕВИЧ, старший преподаватель, Криворожский национальный университет

ВНУТРЕННИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ - ВАЖНЕЙШЕЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Обоснована необходимость улучшения внутреннего экономического механизма горнорудных предприятий с целью повышения их конкурентоспособности на рынке железорудной продукции. Предложено определение внутреннего экономического механизма с учетом сфер производства и обращения. Рассмотрено влияние организационных и технических изменений на внутренний экономический механизм горнорудных предприятий.

Ключевые слова: внутренний экономический механизм, сферы производства и обращения, уровень компетенции, аутсорсинг.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современные горнорудные предприятия имеют значительные материальные, финансовые и людские ресурсы. В рыночных условиях хозяйствования наибольшего успеха достигают те предприятия, которые эффективно используют все ресурсы. Важным средством достижения этого является совершенствование внутреннего экономического механизма предприятия (ВЭМ). Однако следует отметить, что в научной литературе внутренний экономический механизм горнорудных предприятий исследован недостаточно, что обуславливает необходимость более глубокого его изучения.

Анализ исследований и публикаций. Внутреннему экономическому механизму уделяют внимание многие ученые и практики. Ряд ученых, а именно: М.Г., Саенко, М.Г. Грещак, А.А. Темченко и другие рассматривают основополагающие вопросы внутреннего экономического механизма в контексте его определения, структуры, планирования деятельности подразделений, их оценки и стимулирования. Рассмотрим более детально их точки зрения.

М.Г. Саенко рассматривает внутренний экономический механизм как систему экономических рычагов, влияющих на интересы и взаимоотношения субъектов хозяйствования, способствующих повышению эффективности использования имеющихся ресурсов, что позволяет в итоге повысить конкурентоспособность и прибыльность предприятия. Основными элементами ВЭМ автор считает

организационную и производственную структуру; цены структурных подразделений; механизм внутреннего планирования; механизм управления производственной программой и затратами; мотивационный механизм; материальную ответственность; оценку и контроль [1, с.6-7].

М.Г. Грещак внутренний экономический механизм характеризует как механизм, обеспечивающий функционирование предприятия как системы хозяйствующих подразделений. С его точки зрения, ВЭМ включает формирование вертикальных связей между администрацией предприятия и подразделениями, а также горизонтальных связей между отдельными подразделениями; систему планирования подразделений на предприятии; контроль, оценку результатов их деятельности и материальную ответственность; мотивационный механизм [2, с. 26-27].

А.А. Темченко дает определение внутреннего экономического механизма как механизма, действующего через интересы, включающего методы, рычаги, нормативы, показатели, которые позволяют реализовать объективные экономические законы [3, с.15].

Хотя названные авторы по-разному определяют внутренний экономический механизм предприятия и его составляющие, по сущности и содержанию эти подходы достаточно схожи между собой.

Рассмотрим точки зрения другой группы ученых, рассматривающих внутренний экономический механизм предприятий в зависимости от отраслевой принадлежности и его особенностей в современных условиях хозяйствования.

И.М. Мягих, рассматривая основные направления усовершенствования механизма управления интегрированными бизнес - структурами авиапредприятий, отмечает, что главной целью как экономического механизма авиапредприятия, так и внутреннего экономического механизма, является повышение рыночной стоимости предприятия. И этому, с его точки зрения, должны быть подчинены все усилия менеджмента. Автор считает, что в зависимости от назначения продукции, размеров всего предприятия и его структурных подразделений режим функционирования внутреннего экономического механизма может быть как строго административным, так и полной самостоятельностью структурных подразделений в принятии тех или иных решений [4].

Коллектив других авторов [5] исследует ВЭМ в системе антикризисного управления. С их точки зрения, в условиях кризиса внутренний экономический механизм должен быть нацелен не на определенный уровень рентабельности, а на сохранение объема реализации продукции, ибо это позволит сблизить связи с потребителями и при благоприятной конъюнктуре рынка, которая обычно наступает после завершения кризиса, предприятие наверстает упущенную прибыль во время кризиса.

Л.А. Ходаковская рассматривает направления развития ВЭМ в сельскохозяйственных предприятиях. На основе анализа деятельности предприятий автор приходит к выводу, что их прибыльность зависит не только от имеющихся ресурсов, но и от внутривозрастных отношений, являющихся основой ВЭМ. Основными направлениями развития ВЭМ в сельском хозяйстве автор считает: внедрение хозяйственного расчета; делегирование полномочий структурным подразделениям права в определении количественного и качественного состава персонала; внедрение чековых взаиморасчетов между структурными подразделениями; повышение заинтересованности всех работников в увеличении прибыли путем внедрения соответствующего материального стимулирования [6].

Г.В. Руденко оценивает ВЭМ интегрированных металлургических комплексов. Автор выделяет такие недостатки внутреннего экономического механизма: неразвитость внутривозрастных отношений на интегрированных предприятиях; отсутствие консолидирующих внутренних механизмов между структурными единицами и подразделениями. В работе предлагаются пути усовершенствования внутреннего экономического механизма на интегрированных металлургических комплексах. Эти направления следующие: внедрение модели распределения полномочий между уровнем корпоративного центра, уровнем структурных единиц интегрированного предприятия и уровнем производственных и функциональных структурных подразделений; оптимизация внутренней организационной структуры на основании центров ответственности; использование двухуровневого разделения планово-контрольных показателей в системе текущего планирования; внедрение экономического стимулирования [7].

Названные ученые исследуют ВЭМ по структуре, направлениям изменений в зависимости от отрасли, что вызывает необходимость проведения аналогичных исследований на примере горно-

рудных предприятий, являющихся сегодня важнейшей составляющей успешного функционирования народнохозяйственного комплекса страны.

Постановка задания. Исследование внутреннего экономического механизма горнорудных предприятий на их современном этапе развития.

Изложение материала и результаты. Главные проблемы горнорудных предприятий, отрицательно влияющие на их финансовый результат, следующие: недостаточная конкурентоспособность продукции; возросшая конкуренция на рынке среди производителей товарной продукции; увеличение затрат на производство; высокая энергоемкость, ухудшающиеся горно-геологические условия и др. [8]. В этих условиях повышение конкурентоспособности горнорудных предприятий во многом зависит от внутренних резервов, т.е. от эффективности использования имеющихся ресурсов, что напрямую связано с улучшением их внутреннего экономического механизма. В отличие от работ ученых, представленных выше, предлагаем внутренний экономический механизм рассмотреть с точки зрения кругооборота капитала за сферами обращения и производства. Это связано с тем, что процесс кругооборота капитала проходит три стадии: денежную, производственную и товарную [9, с.31]. На первой стадии денежный капитал превращается в средства производства и рабочую силу, на второй стадии происходит изготовление продукции и образование прибавочной стоимости, на третьей стадии готовая продукция реализуется на рынке, т.е. происходит превращение товарной формы капитала в денежную.

Первая и третья стадии кругооборота капитала относятся к сфере обращения, вторая стадия - к сфере производства. В рыночных условиях хозяйствования возросла роль сферы обращения. Горнорудные предприятия вынуждены самостоятельно решать вопросы как по обеспечению производственного процесса всеми ресурсами, так и по реализации изготовленной продукции, что непосредственным образом влияет на финансовый результат их деятельности.

Поскольку и в сфере производства, и в сфере обращения задействованы определенные подразделения, входящие в организационную структуру предприятия, поэтому, с нашей точки зрения, следует определить внутренний экономический механизм увязать со сферами производства и обращения. Считаем, что внутренний экономический механизм - это совокупность экономических рычагов, нормативов, положений и инструкций, регулирующих взаимоотношение между администрацией горнорудного предприятия и структурными подразделениями в сфере производства и обращения, а также между самими подразделениями для повышения эффективности использования имеющихся ресурсов и увеличения рыночной стоимости горнорудного предприятия. Это определение отличается от других тем, что оно сформировано с учетом сфер обращения и производства, что позволяет более детально и глубоко исследовать особенности современного развития горнорудных предприятий.

Учитывая важность и значение ВЭМ, необходимо определить основные направления его развития и совершенствования. Ученые, работы которых были исследованы выше, называют различные пути его совершенствования и изменения. Предлагаем исследование ВЭМ горнорудных предприятий на современном этапе их развития по таким направлениям:

- организационные изменения;
- технические изменения.

Мы исходим из того, что организационные и технические изменения оказывают наиболее существенное влияние на экономические показатели деятельности предприятия [10, с.209]. Поскольку экономические показатели в значительной степени зависят от организационно-технических изменений, то необходимо, чтобы внутренний экономический механизм соответствовал им. Организационные и технические изменения на горнорудном предприятии определенным образом изменяют отношения между подразделениями, между администрацией и подразделениями, между работниками предприятия. Это проявляется через изменения организационной структуры, инструкций, нормативов, положений, подчиненности и др., а это не что иное, как изменение ВЭМ.

В последние годы на горнорудных предприятиях Кривбасса произошли существенные организационные и технические изменения. Рассмотрим их более детально.

Технические изменения являются наиболее действенным фактором улучшения экономических показателей горнорудных предприятий. За последние годы горнорудные предприятия Кривбасса инвестировали значительные средства в развитие техники, технологии, что способствовало также и организационным изменениям. Следует отметить, что технические изменения являются определяющими.

Организационные изменения на горнорудных предприятиях производятся как на уровне отдельного работника, так и на уровне предприятия.

Так, например, на предприятиях, входящих в ООО «Метинвест Холдинг», для улучшения использования персонала проводится индивидуальная его оценка за достижение результатов и уровень компетенции. Компетенции - это качества, которыми обладает работник и использует их в данной должности или профессии. В частности, для руководителей этими компетенциями будут:

- инициатива и самостоятельность;
- управление изменениями;
- влияние и воздействие;
- работа в команде и сотрудничество;
- развитие подчиненных;
- концептуальное мышление.

Для рабочих компетенции следующие:

- инициатива и самостоятельность;
- работа в команде и сотрудничество;
- стремление к порядку и дисциплина.

Сформированы также компетенции для мастеров, инженерно-технических работников и административных служб. Оценка персонала осуществляется непосредственным руководителем по компетенциям и результатам. Результатами являются степень достижения поставленных целей, а также выполнение сменных заданий. Объективная оценка персонала от рабочего до руководителей способствует улучшению его использования, повышению уровня организации труда и производства, что отражается на совершенствовании ВЭМ.

Характеризуя эту систему оценки персонала, следует отметить, что наряду с позитивными моментами, стимулирующими к постоянному повышению своего мастерства и квалификации, необходимо отметить и то, что существует большая степень субъективной оценки подчиненных, что в определенной степени, может вызвать не всегда объективную их оценку.

Важным направлением организационных изменений горнорудных предприятий является аутсорсинг. Результатом аутсорсинга является передача определенных бизнес-процессов или производственных функций другому предприятию, которое является специализированным в этой деятельности. Это вызывает изменения в организационной структуре горнорудного предприятия, что обуславливает необходимость корректировки внутреннего экономического механизма. Аутсорсинг широко используется зарубежными компаниями. Поскольку горнорудные предприятия являются экспортно-ориентированными, для повышения конкурентоспособности они снижают свои затраты, используя для этого аутсорсинг.

Применяя аутсорсинг, горнорудные предприятия получают определенные преимущества [11]:

- повышается рентабельность деятельности;
- происходит концентрация усилий на основном бизнес-процессе, что повышает его качество;
- совершенствуется организационная структура;
- повышается производительность труда.

Однако наряду с позитивными моментами, аутсорсингу присущи и определенные недостатки: в определенных случаях ухудшилась исполнительная дисциплина со стороны структурных подразделений, выведенных в аутсорсинг;

происходит неоправданное повышение стоимости услуг, что сказывается на себестоимости продукции;

ухудшение финансового положения компании, оказывающей услуги, также отрицательно сказывается на конечных результатах деятельности всего горнорудного предприятия;

возникают определенные противоречия со стороны подразделений, выведенных в аутсорсинг.

Следует отметить, что при индивидуальной оценке работников горнорудных предприятий и внедрению аутсорсинга применяется зарубежный опыт. Однако, с нашей точки зрения, используя зарубежный опыт, необходимо учитывать и национальные особенности, как всей экономики, так и работающего персонала. Только такой подход позволит повысить эффективность производственно-хозяйственной деятельности и конкурентные позиции горнорудных предприятий на рынке железорудной продукции.

Выводы и направление дальнейших исследований. Изложенная точка зрения по внутреннему экономическому механизму горнорудных предприятий и путей его развития позволяет:

- рассматривать внутренний экономический механизм горнорудного предприятия с учетом сфер производства и обращения;
- характеризовать преимущества и недостатки аутсорсинга, применяемого на горнорудных предприятиях;
- учитывать преимущества и недостатки при проведении индивидуальной оценки персонала на горнорудных предприятиях;
- проводить дальнейшие исследования внутреннего экономического механизма горнорудного предприятия с учетом сфер производства и обращения;
- сформировать функции ВЭМ горнорудного предприятия и факторы, от которых он зависит.

Список литературы

1. **Саєнко М.Г.** Внутрішній економічний механізм підприємства. Курс лекцій / **М.Г. Саєнко**. – Тернопіль: ТАЙП, 2010. – 248 с.
2. **Грещак М.Г.** Внутрішній економічний механізм підприємства: навч. посібник // **М.Г. Грещак, О.М. Гребешкова, О.С. Коцюба**. – К.: КНЕУ, 2001. – 228 с.
3. **Темченко О.А.** Внутрішній економічний механізм підприємства: практикум / **О.А. Темченко**. – Кривий Ріг: Мінерал, 2005. – 252 с.
4. **Мягких І.М.** Основні напрямки вдосконалення механізму управління інтегрованими бізнес-структурами (ІБС) авіапідприємств / **І.М. Мягких** // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Економічні науки, 2014. – Вип.6. Ч.3. – С. 46-49.
5. **Чалапко Л.Д.** Внутрішній економічний механізм підприємства в системі антикризового управління / **Л.Д. Чалапко, С.І. Чимшит, М.Б. Пагулич** // Економіка і регіон. – 2011. - №4. – С. 126-133.
6. **Ходаковська Л.О.** Розвиток внутрішньогосподарських відносин в сільськогосподарських підприємствах: автореф. дис. ... канд. економ. наук: спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами» / **Л.О. Ходаковська**. – Полтава, 2011. – 15 с.
7. **Руденко Г.В.** Внутрішній економічний механізм інтегрованих металургійних комплексів: автореф. дис... на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами» / **Г.В. Руденко**. – К.: 2005. – 16 с.
8. **Короленко М.К.** Сучасний стан і проблеми гірничодобувного комплексу Криворізького залізрудного басейну / **М.К. Короленко, В.В. Перегудов** // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2013. - №6. – С.1-4.
9. **Маркс К.** Капитал. Критика политической экономии. Процесс обращения капитала / **К. Маркс**. – М.: Политиздат, 1984. – Т.II, кн.2. – 650с.
10. Економіка підприємства: підручник / за заг. ред. **С.Ф. Покропивного**. – Вид. 2-е, перероб. та доп. – К.: КНЕУ, 2000. – 528 с.
11. **Добровольський В.В.** К вопросу совершенствования организационной структуры управления горнообогатительным комбинатом / **В.В. Добровольський** // Вісник КНУ, 2012. - вип. 33. – С. 311 – 314.

Рукопись поступила в редакцию 25.04.14

УДК 005.21: 622.012

О.А. ТЕМЧЕНКО, д-р техн. наук, доц., Г.В. ТЕМЧЕНКО, канд. економ. наук,
Б.Ю. ГОЛОБОРОДЬКО, магістрант, Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРАТЕГІЧНИХ РЕСУРСІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ФОРМУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ

Досліджено питання розвитку теорії стратегічного управління та визначено напрям розвитку гірничозбагачувального підприємства з позицій четвертого етапу стратегічного управління та впровадження основних аспектів ресурсної концепції. Запропоновано матрицю стратегічних ресурсів відносно основних операцій бізнес-процесів діяльності підприємства, як основу побудови та вдосконалення організації бізнес-процесів на гірничозбагачувальних підприємствах. Проаналізовано класифікацію стратегічних ресурсів підприємства, на основі якої з'являється можливість заміщати природні та вичерпні ресурси інтелектуальними, що будуть матеріалізовані через більш досконалі та ефективні процеси гірничозбагачувального виробництва. Розглянуто вплив стратегічних ресурсів на підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності гірничозбагачувального підприємства в контексті формування нових компетенцій, досягнення стійких конкурентних переваг та побудови на їх основі перспективних бізнес-моделей в галузі.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В умовах нестабільності економічного розвитку, перед вітчизняними промисловими підприємствами стоїть нагальне завдання підвищення ефективності їх виробничо-господарської діяльності.

Складність вирішення зазначеної проблеми полягає у тому, що для отримання стійкої конкурентної переваги необхідно знайти нові резерви підвищення ефективності діяльності.

Одним з ключових факторів успіху може бути використання динамічної теорії стратегічного управління ресурсами промислового підприємства.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання формування та використання стратегічних ресурсів розглядалися багатьма відомими науковцями. Грунтовні дослідження за цим науковим напрямом були проведені такими вченими як Д.Дж. Тіс [1] та Д. Колліс [2], що обґрунтували необхідність застосування стратегічного управління та визначили важливе значення ресурсного підходу при формуванні перспективних бізнес-моделей підприємств. Так, А.М. Предеїн [3] досліджує питання класифікації та значення ресурсів у стратегічному управлінні. М.І. Іщенко [4] висвітлює вплив ресурсної концепції на фінансово-економічні результати діяльності гірничозбагачувальних підприємств. Н.Ю. Кубіній [5] досліджував стандарти ресурсного забезпечення конкурентоспроможних підприємств, тоді як І.В. Ялдіні [6] приділяє особливу увагу компетенціям в процесі організації інтегрованих бізнес-структур. Разом з тим, постійне залучення в оборот нових видів, насамперед, інформаційних і нематеріальних стратегічних ресурсів у відповідності до вимог науково-технічного прогресу, потребує сучасного наукового осмислення та обумовлює актуальність цього дослідження.

Постановка завдання. Одним з перспективних наукових напрямків є дослідження ролі стратегічних ресурсів при формуванні перспективних бізнес-моделей для підвищення ефективності гірничозбагачувального виробництва, що обумовить можливість створення нових компетенцій та дозволить отримати додаткові конкурентні переваги на ринках залізородної сировини.

Викладення матеріалу та результати. Ключовим аспектом ефективної діяльності будь-яких підприємств є сукупність традиційних та стратегічних ресурсів, що у поєднанні з компетенціями, здатностями та можливостями їх перспективного використання визначають ресурсний потенціал сучасного підприємства. За таких умов отримання синергетичного ефекту та стійкої конкурентної переваги полягає у взаємозв'язку між елементами вказаних ресурсів, який приводить до досягнення кращих результатів, ніж у випадку, їх окремого функціонування.

Сучасний етап розвитку економічних систем доводить пріоритетне значення інноваційних, інтелектуальних, інформаційних та організаційних ресурсів, як каталізаторів підвищення ефективності використання традиційних ресурсів. Характеристику розвитку теорії стратегічного управління з урахуванням наукових досліджень О.В. Вострякова [7] наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Етапи розвитку теорії стратегічного управління

Характеристика/Період	Етап 1	Етап 2	Етап 3	Етап 4
	1960 р.- перша половина 1970-х рр.	середина 1970-1980 рр.	кінець 1980-1990 рр.	початок 2000 -х
1. Рівень розвитку теорії	Доаналітичний	Становлення нової наукової дисципліни	Розвиток на власній основі	Формування динамічної теорії стратегічного управління
2. Організаційно-економічні особливості конкуренції	Високі темпи економічного зростання, нові фактори конкурентної боротьби, диверсифікація як основа розвитку	Зниження надійності економічних прогнозів та зростання міжнародної конкуренції; конгломератизація	Зростання значення нематеріальних активів, конкуренції у глобалізованій економіці, специфікація як основа розвитку	Економіка знань, посилення ролі балансу глобального та локального в конкуренції, зростання ролі міжфірмових кооперацій
3. Домінуючі концепції успішних стратегій	Планування	Позиціонування	Ресурсна	Динамічних здатностей

4. Предмет дослідження	Взаємодія підприємства з зовнішнім середовищем	Конкурентні переваги та правильне позиціонування підприємства	Організаційні фактори стійких конкурентних переваг та економічних рент	Джерела конкурентних переваг в пост-індустріальній економіці та механізми їх оновлення
5. Тип економічної ренти	Не обговорювався	Чемберленські (портеровські)	Рікардіанські (репутаційні)	Шумпетеріанські (побудовані на відносинах)
6. Дослідники	А. Чендлер, І. Ансофф, К. Ендрюс, Дж. Штайнер	М. Портер, Р. Рамелт, Д. Шендел, Д. Тіс, Р. Фрімен	Б.Вернерфельт, К. Прахалад, Г. Хамел, Д. Тіс, Р.Вітінгтон, Р. Грант	Д. Тіс, С. Уінтер, І. Нокака, Б. Когут, К. Зотт, К. Хелфат, Н. Веткатраман
7. Нові поняття та концепції стратегічного управління	Стратегія фірми, корпоративна стратегія, стратегічне планування	Стратегічне управління фірмою, економічна ефективність стратегій, типові конкурентні переваги, зовнішній контроль фірми	Ресурсна база підприємства, організаційні здатності та ключові компетенції, фундаментальні проблеми теорії стратегічного управління	Динамічні здатності, управління здатностями, сітьова організація

Саме за допомогою стратегічних ресурсів та унікальних компетенцій є можливість заміщати природні та вичерпні ресурси інтелектуальними, що будуть матеріалізовані через більш досконалі та ефективні процеси гірничозбагачувального виробництва. Незалежно від виду діяльності підприємства можна виділити такі різновиди стратегічних ресурсів [8, С. 211-217; 9, С. 333-351; 10, С. 268-289]: енергетичні ресурси (вартість споживання, джерела та забезпеченість енергетикою); матеріально-сировинні (вартість споживання, джерела та забезпеченість матеріалами та сировиною діяльності підприємства); комерційні (кількість та якість ділових зв'язків, у т. ч. постачальників і партнерів, шляхи додаткового залучення інших видів ресурсів, рівень виконання контрактів тощо); маркетингові (мережі збуту, торговельні марки, рекламні технології, зв'язки з покупцями, бренд тощо); технічні (виробничі потужності і їх особливості, устаткування, матеріали тощо); технологічні (технології, наявність конкурентоспроможних ідей, наукові розробки й ін.); інформаційні (кількість й якість інформації про внутрішнє й зовнішнє середовище, каналів її розширення, можливості розширення й підвищення вірогідності інформаційної бази тощо); трудові (кваліфікаційний, демографічний склад працівників, їх прагнення до знань та удосконалення, інтелектуальний капітал); організаційні (характер і гнучкість керуючої системи, швидкість проходження керуючих впливів, документооборот, організаційна культура тощо); фінансові (наявність і достатність власного й позикового капіталу, ліквідність, наявність кредитних ліній тощо); просторові ресурси (характер торговельних приміщень і території підприємства, розміщення об'єктів нерухомості, комунікацій, можливість розширення тощо); інноваційні (патенти, ноу-хау, співробітництво з складовими інноваційної інфраструктури тощо); товарні (можливі об'єми та умови придбання товарів, ширина та глибина асортименту товарів, оновлення, якість, відповідність попиту тощо); ринкові (кількість споживачів та рівень задоволення їх потреб тощо); часові (часові горизонти, швидкість генерування та прийняття рішень, швидкість реагування на внутрішні та зовнішні фактори, тощо).

Щодо класифікації стратегічних ресурсів, то К. Борзенкова [11, с. 5] поділяє ресурси на внутрішні, якими безпосередньо володіє підприємство, та зовнішні. Проте, Предеін А.М. [3, с. 323] акцентує увагу на тому, що стратегічні ресурси у такому форматі не можливо поділити на внутрішні та зовнішні, оскільки з кожної групи можна виділити як зовнішні, так і внутрішні ресурси. Класифікацію стратегічних ресурсів згідно А.М. Предеїна наведено на рис. 1.

Проте, на нашу думку, стратегічні ресурси доцільно класифікувати саме за можливостями впливу підприємства на стан тих чи інших ресурсів. Так, пропонуємо поділяти ресурси на контрольовані, що цілком залежать від можливостей та стратегії розвитку гірничозбагачувального

підприємства; частково контрольовані та неконтрольовані, що цілком залежать від ринкової кон'юнктури та економічних циклів. Класифікація стратегічних ресурсів за імовірним рівнем впливу підприємства полягає у поділі ресурсів на три категорії: 1) контрольовані (технічні, матеріально-сировинні, технологічні, маркетингові, трудові, організаційні та фінансові); 2) частково контрольовані (енергетичні, інформаційні, комерційні); 3) Ринкові або неконтрольовані (просторові, товарні, часові).

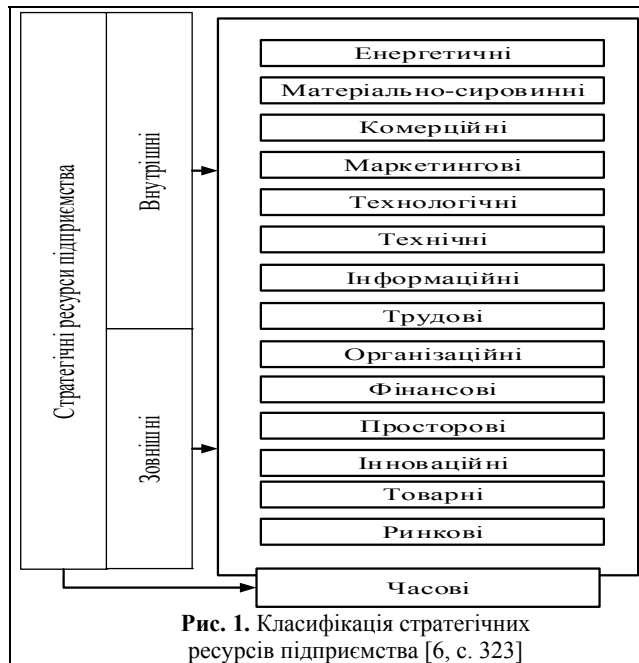


Рис. 1. Класифікація стратегічних ресурсів підприємства [6, с. 323]

При цьому при формуванні перспективних бізнес-моделей та побудови ефективних бізнес-процесів, доцільним є застосування класифікації стратегічних ресурсів за основними операціями, що є на підприємстві. Першу класифікацію операцій, які мають місце в організаціях сформував А. Файоль [12, с. 78], виділивши шість основних типів: технічні операції (виробництво, обробка, ремонт); комерційні операції (купівля, продаж, обмін); фінансові операції (залучення та розподіл грошових коштів); захисна діяльність (захист власності та особистості); облікові операції (бухгалтерський облік, калькулювання собівартості, статистичний аналіз, тощо); адміністративні операції (організація, координація, контроль, тощо). Матрицю стратегічних ресурсів відповідно до основних операцій бізнес-процесів наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Матриця стратегічних ресурсів відносно основних операцій бізнес-процесів

Ресурси / операції	Технічні	Комерційні	Фінансові	Захисні	Облікові	Адміністративні
Енергетичні	x					
Інформаційні		x		x	x	x
Комерційні		x				
Маркетингові		x				
Матеріально-сировинні	x					
Організаційні				x		x
Просторові		x				
Ринкові		x				
Технічні	x					
Технологічні	x					
Товарні		x				
Трудові	x	x	x		x	
Фінансові		x	x			

Застосування стратегічних ресурсів як один з елементів моделі управління ефективністю вимагає від промислового підприємства постійного здійснення процесу розробки цілей діяльності та шляхів їх досягнення.

Такий підхід обумовлює впровадження основних положень теорії ефективної акумуляції та комбінації стратегічних ресурсів в модель управління ефективністю діяльності гірничо-збагачувального підприємства (рис. 2).

На першому етапі стратегічного ресурсного управління необхідно визначити стратегічні ресурси, які є в розпорядженні підприємства, оцінити забезпеченість та ефективність використання стратегічних ресурсів.

На другому етапі, треба здійснити пошук перспективних стратегічних ресурсів, тобто ресурсів, що є в обмеженій кількості та можуть стати стратегічними в найближчій перспективі.

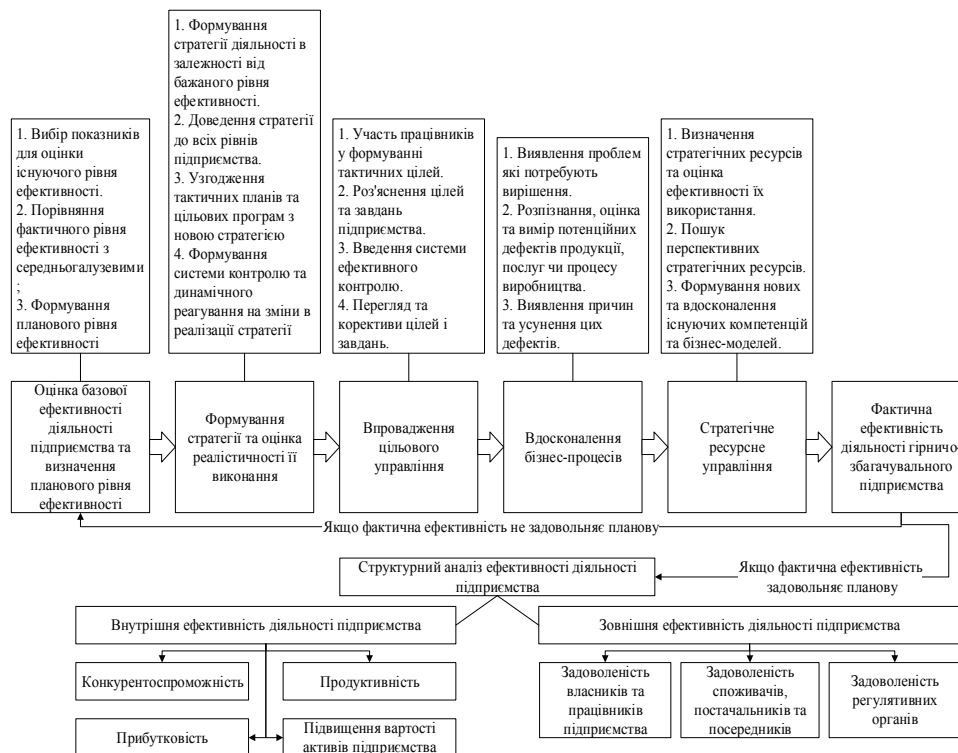


Рис. 2. Модель управління ефективністю діяльності гірничо-збагачувального підприємства

Останній етап стратегічного ресурсного управління полягає в оцінці та вдосконаленні існуючих компетенцій та можливостей, а також створенні нових, більш досконалих та ефективних бізнес-моделей.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Отже, в результаті дослідження була запропонована модель управління стратегічними ресурсами, що є одним з ключових факторів в підвищенні ефективності діяльності гірничо-збагачувального підприємства за рахунок вдосконалення існуючих бізнес-процесів та його компетенцій. При цьому глибина організаційних змін та можливість створення унікальних здібностей і ключових компетенцій підприємства значною мірою залежить від рівня використання стратегічних ресурсів, що є в наявності та можуть бути в розпорядженні підприємства.

Виходячи із зазначеного, необхідно продовжити комплексні дослідження в плані деталізації та обґрунтування формалізованого вираження впливу стратегічних ресурсів на формування перспективних бізнес-процесів та можливості підвищення ефективності діяльності гірничо-збагачувальних підприємств в складних фінансово-економічних умовах господарювання.

Список літератури

1. Тис, Д.Дж. Динамические способности фирмы и стратегическое управление / Д.Дж. Тис, Г. Пизано, Э. Шуен // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. Менеджмент. - 2003. – Вып. 4. – С. 133 – 185.
2. Коллис Д. Корпоративная стратегия. Ресурсный подход / Д. Коллис, С. Монтгомери; пер. с англ. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2007. 400 с.
3. Предсін А.М. Роль ресурсів у стратегічному управлінні підприємствами // Бізнес Інформ. – 2012. – №9. – С. 318–325.
4. Іщенко М.І. Ресурсні детермінанти фінансово-економічних результатів діяльності підприємства / М. І. Іщенко // Вісник Криворізького економічного інституту КНУ. - 2013.- №2.-С. 31-38.
5. Кубіній Н.Ю. Стратегічний аналіз та його місце в системі управління. Стандарти ресурсного забезпечення конкурентоспроможних підприємств галузі [Електронний ресурс] / Н.Ю. Кубіній, Р.І. Завадяк, О.А. Федрович. – Режим доступу : http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Nvuu/Ekon/2008_26/statti/1_4.htm.

6. Ялдин І.В. Ресурсно-компетентнісний підхід до організації управління життєдіяльністю інтегрованих структур бізнесу [Електронний ресурс] / І.В. Ялдин. – Режим доступу : www.nbuv.gov.ua/portal/soc...2/.../6.pdf.
7. Востряков О.В. Стратегічне управління підприємством: бізнес-курс : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О.В. Востряков, О.М. Гребешкова. – К.: КНЕУ, 2014. – 211 с.
8. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф. ; пер. с англ. И. Ансофф при содействии Э. Дж. Макдонелла. – СПб. и др.: Питер, 1999. – 414 с.
9. Томпсон А.А. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: [учебник для вузов] / А. А. Томпсон, А. Дж. Стрикленд.; пер. с англ. под ред. Л. Г. Зайцева и М. И. Соколовой. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 576 с.
10. Економіка підприємства: навч. посіб. студ. вищ. навч. закл. / За ред. А.А. Фастовець. – К.: ТМЦ «Укоопосвіта», 2000. – 572 с.
11. Борзенкова К.С. Оценка экономического потенциала предприятия и повышение эффективности его использования: автореф. дисс... канд. экон. наук / К.С. Борзенкова. – Белгород, 2003. – 24 с.
12. Файоль А. Общее и промышленное управление / А. Файоль. — М.: Контроллинг, 1992 – 487 с.

Рукопись поступила в редакцию 25.04.14

УДК 669.162.1

А.С. МНЫХ, канд. техн. наук, доц., Запорожская государственная инженерная академия

СИНТЕЗ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА СПЕКАНИЯ АГЛОМЕРАЦИОННОЙ ШИХТЫ

Приводится разработанная конечно-элементная трехмерная модель для расчета распределения температур по высоте слоя агломерационной шихты в программном комплексе ANSYS. Анализ теплового режима процесса спекания агломерата позволил сделать вывод о существовании оптимальной температуры зоны горения для агломерационной шихты, при которой образуется мелкопористый, легковосстановимый агломерат с достаточной прочностью.

Проведенный анализ адекватности синтезированной модели показал высокий уровень сходимости с результатами лабораторных спеканий, без сегрегации топлива по высоте слоя, других исследователей. Погрешность модели составила не более 8,73%, что подтверждает возможность ее использования в вычислительных исследованиях тепловых режимов агломерационного процесса.

Научная ценность представленной модели заключается в возможности установления функциональных зависимостей сегрегации химических компонентов и топлива по высоте слоя, обусловленных мощностью внутренних источников энергии в каждом единичном объеме. Последнее позволит сформулировать рекомендации к условиям формирования слоя агломерационной шихты с целью обеспечения в каждом горизонте агломерируемого материала температуры, являющейся оптимальной для производства высококачественного агломерата.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. На сегодня основным источником сырья для доменного производства является агломерат железной руды. Следует отметить, что общемировая потребность в стали растет из года в год.

Для обеспечения конкурентоспособности, выпускаемой отечественными металлургическими предприятиями продукции, на фоне общего подорожания энергетических ресурсов, необходимо детальное изучение и совершенствование теплового режима процесса производства агломерата. Последнее позволит изучить закономерности и факторы, влияющие на распределение химических компонентов и топлива по высоте пирога, проанализировать температурный режим агломерации отдельных горизонтов спекаемой шихты и разработать рекомендации, направленные на повышение энергоэффективности аглопроцесса.

Анализ исследований и публикаций. В последнее время широкое распространение при изучении физических объектов и тепловых процессов, протекающих в них, получило конечно-элементное моделирование [1-4].

Современный уровень развития компьютерной техники, а так же численно-аналитических методов решения инженерных задач позволяет реализовать наиболее точную картину ввода и последующего перераспределения теплоты при агломерации в трехмерной модели, разработанной на основе экспериментальных и расчетных данных. Для расчета используется метод конечных элементов (МКЭ) [5], реализованный в программно-методическом комплексе ANSYS.

Постановка задачи. Для моделирования тепловых процессов, протекающих в спекаемом слое, необходимо решить следующие задачи:

Разработать трехмерную модель процесса спекания агломерационной шихты.

Получить математические зависимости коэффициента теплопроводности и теплоемкости нагреваемой шихты от температуры.

Промоделировать процесс спекания шихты с учетом полученных зависимостей.

Проверить адекватность полученной модели распределения температурных полей по сечению спекаемой шихты.

Изложение материалов и результаты. Для построения расчетной области с учетом граничных условий используем схему, представленную в [5].

Будем рассматривать вертикальный срез слоя агломерационной шихты $2500 \times 400 \times 100$ мм, находящейся на паллете, который в свою очередь, разбит на единичные объемы рис. 1.

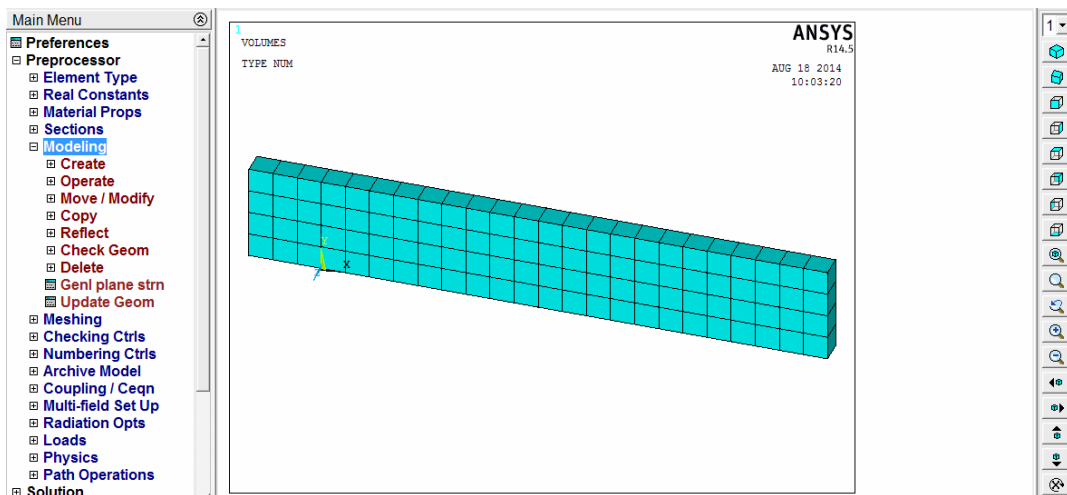


Рис. 1. Расчетная область модели

Каждый из единичных объемов ANSYS разобьет на конечные элементы (КЭ).

При решении объемной тепловой задачи воспользуемся восьми-узловым трехмерным конечным элементом SOLID 70. Данный элемент обладает одной степенью свободы - температурой (TEMP), что позволяет принимать нагрузку в виде теплового потока.

Решением является множество узловых данных, состоящее из температуры по всему объему исследуемого слоя.

Таким образом, при использовании указанного КЭ в расчетной области построена сетка из 564 тыс. ячеек тетраэдральной формы, рис. 2.

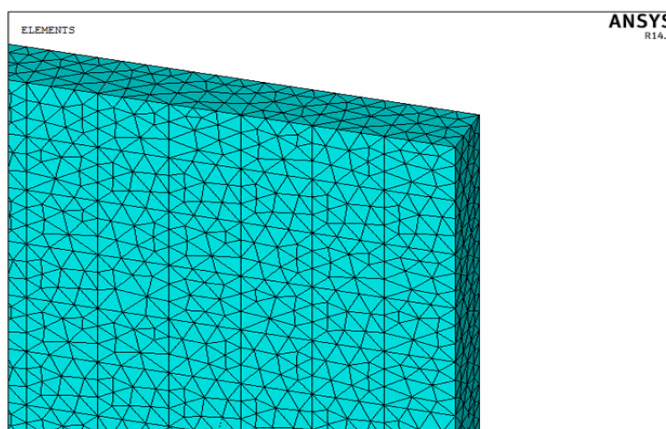


Рис. 2. Конечно-элементная сетка

Для осуществления расчетов необходимо указать свойства материала, такие как плотность, коэффициент теплопроводности, удельную теплоемкость и т.д.

На основании представленных в [6] теплофизических характеристик агломерационных шихт аглофабрики «Запорожсталь», получены зависимости теплоемкости и теплопроводности от температуры, рис .3.

Математическую зависимость удельной теплоемкости и коэффициента теплопроводности от температуры выразим в виде степенных полиномов

$$c(T) = 0.000145T^2 + 0.003147T + 0.9591;$$

$$\lambda(T) = 0.0000785T^2 - 0.00039T + 0.3253.$$

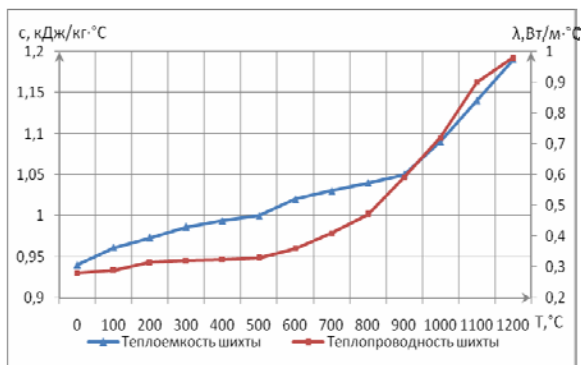


Рис. 3. Зависимость λ и c шихты от температуры

Граничные условия, накладываемые на расчетную область модели представляют собой Г.У. I-го и III-го рода [5].

Мощность внутренних источников энергии (HEAT GENERATOR), обуславливающую сгорание частичек топлива в слое шихты, выберем с учетом отсутствия сегрегации углерода по высоте слоя.

Результаты вычислений распределения температуры по слоям спекаемой шихты пред-

ставлено на рис. 1-2.

Расчеты, полученные с использованием трехмерной конечно-элементной модели, достаточно хорошо согласуются с результатами лабораторных спеканий представленных на рис. 4-5.

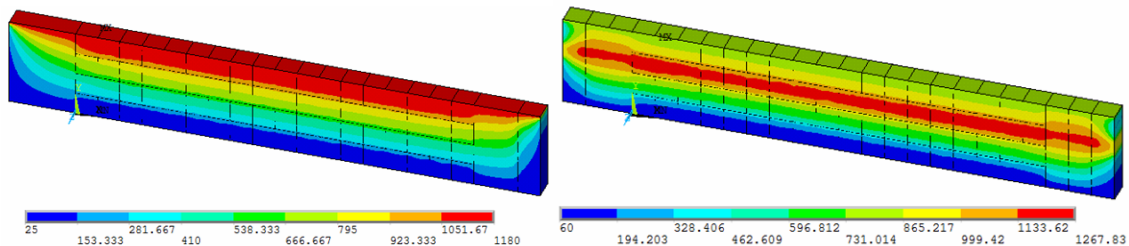


Рис. 4. Распределение температур в слое спекаемой шихты

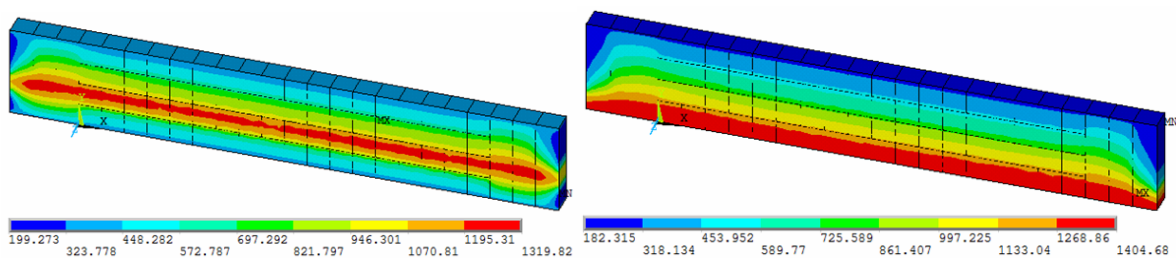


Рис. 5. Распределение температур в слое спекаемой шихты

Из представленного на рис. 6. распределения температур, четко прослеживается характерный тепловой режим спекания шихты при отсутствии сегрегации топлива по высоте слоя.

В начальный период агломерации наблюдается недостаточный приход тепла, вследствие слабой регенерации последнего, температура в зоне горения низка, а скорость охлаждения расплава велика.

В результате расплав агломерата застывает в виде аморфного хрупкого стекла, которое не выдерживает перегрузки, тем самым обуславливая значительное образование возврата и как следствие, низкую производительность агломашин.

Иная картина наблюдается в слоях шихты, прилегающих к колосниковой решетке. Здесь, кроме теплоты сгорания коксовой мелочи, присутствует регенерированное тепло вышележащих слоев.

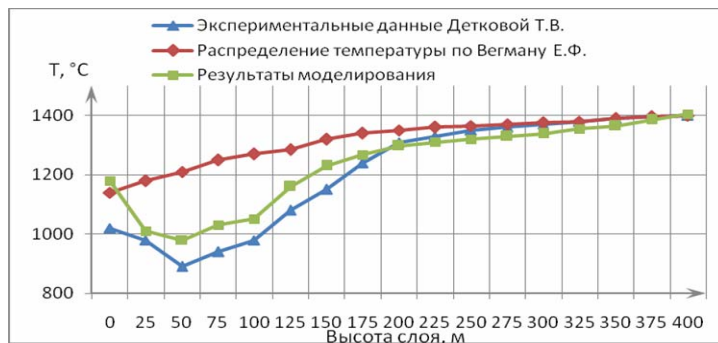


Рис. 6. Распределение температур по высоте спекаемого слоя

В итоге получается избыток тепла и температура достигает максимальных значений.

Однако, излишний перегрев зоны горения является нежелательным, поскольку переоплавленный агломерат имеет монолитную структуру с малой прочностью, т.е. обладает пониженной восстановимостью.

Проверка математической модели на адекватность проводилась по методике [7] путем сравнения результатов моделирования с данными, полученными Вегманом Е.Ф. [4] и результатами лабораторных спеканий без сегрегации топлива по высоте слоя, полученными Детковой Т.В. [9].

Погрешность модели составила не более 8,73 %, что подтверждает возможность ее использования в вычислительных исследованиях тепловых режимов агломерационного процесса.

Выводы и направления дальнейших исследований. Разработана конечно-элементная модель для расчета распределения температуры по высоте спекаемого агломерационного слоя.

Проведен анализ адекватности модели, что подтверждает возможность ее использования для вычислительных исследований тепловых процессов агломерации.

Полученные результаты расчетных исследований хорошо согласуются с экспериментальными данными других исследователей [8,9].

Анализ теплового режима процесса спекания агломерата позволяет сделать вывод, что для агломерационной шихты есть оптимальная температура зоны горения 1280-1340 °C, при которой образуется мелкопористый, легковосстановимый агломерат с достаточной прочностью.

Основной целью дальнейших исследований на базе разработанной модели, является установление функциональных зависимостей сегрегации химических компонентов и топлива по высоте слоя, обусловленных мощностью внутренних источников энергии в каждом единичном объеме, что позволит сформулировать рекомендации к условиям формирования слоя агломерационной шихты с целью обеспечения в каждом горизонте агломерируемого материала температуры, являющейся оптимальной для производства высококачественного агломерата.

Список литературы

1. Свет Е.В. Нестационарная задача теплопроводности в трехмерной постановке для многослойных пластин сложной формы. // Вісник НТУ «ХПІ», 2013. - №63 (1036). – С. 122-131.
2. А.А. Фефелов Оценка квазисингулярных интегралов при численной реализации метода граничных элементов в трехмерных неосимметричных задачах теплопроводности // Вестник РГРТУ, 2008. - Вып 23. – С. 41-46.
3. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности.: Учебн. пособие / Калининград. ун-т., Калининград, 1995. – 170 с.
4. А. Г. Масловская, А. В. Сивунов. Применение метода конечных элементов для моделирования эволюционных процессов теплопроводности в облученных электронными пучками полярных диэлектриках // «Компьютерные исследования и моделирование», 2012. №4. – С. 767-780.
5. Мных А.С. Решение методом конечных элементов задачи о распределении температур в единичном объеме агломерационного слоя при заданных граничных условиях. // 36. наук. праць ДДТУ(технічні науки). – 2014. №2(25). – С.47-51.
6. Теплофизические свойства топлив и шихтовых материалов черной металлургии. Справочник. Бабошин В.М., Кричевцов Е.А., Абзалов Е.М., Шелоков Я.М.- М.: Металлургия, 1982. 152 с.
7. Лукомский Ф.И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. – М.: Госстатиздат, 1958. - 120 с.
8. Окисление руд и концентратов. Вегман Е.Ф. Учебник для техникумов – 3-е изд. перераб. и доп. М.: Металлургия, 1984. - 256 с.
9. Деткова Т.В. Разработка новых интенсивных методов зажигания шихты и совершенствование технологии агломерации: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - М., 1993. -32с.

Рукопись поступила в редакцию 17.04.14

УДК 658.14: 043.3

О.А. НІКОЛАЙЧУК, ст. викладач, Криворізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМ КАПІТАЛОМ НА ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ КРИВБАСУ

Проведено оцінювання ефективності менеджменту інтелектуального капіталу на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу на підставі авторського методичного підходу

щодо вибору стратегії управління елементами інтелектуального капіталу підприємства залежно від їх розвитку та стратегічного статусу в процесі створення вартості.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У сучасному світі відбуваються важливі економічні трансформації, пов'язані з інтенсифікацією накопичення і використання інтелектуального капіталу. Успіх підприємства все більшою мірою залежить від його інтелектуальних ресурсів, що дають можливість генерувати додаткові потоки економічної вартості та забезпечують формування стійких конкурентних переваг на ринку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням інтелектуального капіталу займалися багато зарубіжних та вітчизняних вчених [1-5]. Незважаючи на широкий спектр досліджуваних напрямів щодо формування та використання інтелектуального капіталу, у науковому та прикладному аспектах залишаються не вирішеними завдання щодо оцінювання ефективності управління інтелектуального капіталу з точки зору їх ролі в процесі генерування вартості на підприємстві та формування стійких конкурентних переваг.

Постановка завдання. Метою статті є оцінювання ефективності управління інтелектуальним капіталом на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу.

Викладення матеріалу та результати. На підставі опрацювання літератури, автором розроблено методичний підхід до визначення стратегії управління елементами інтелектуального капіталу підприємства, що базується на використанні матриці вибору стратегії управління елементами інтелектуального капіталу підприємства залежно від типу його розвитку та стратегічного статусу в процесі створення вартості на підприємстві (рис. 1).

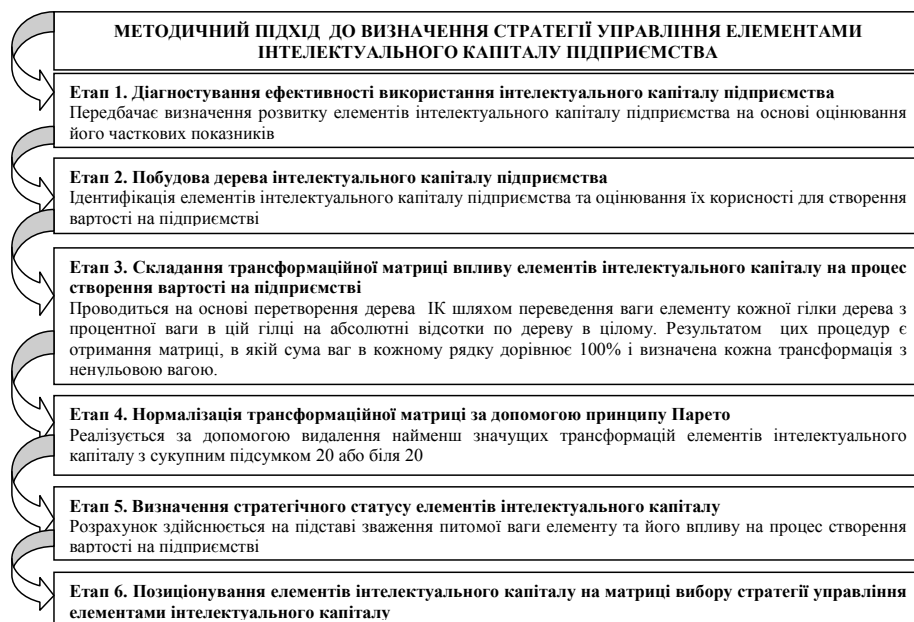


Рис. 1. Алгоритм застосування методичного підходу до визначення стратегії управління елементами інтелектуального капіталу підприємства

Інформаційною базою дослідження обрано гірничо-збагачувальні комбінати Кривбасу, що займаються видобутком та збагаченням залізної руди. Усі складові інтелектуального капіталу на досліджуваних підприємствах розглядаються за елементами людського, організаційного та

ринкового капіталу. У межах кожної структурного елементу на наступному ієрархічному рівні виокремлюються основні компоненти за кожною складовою.

Так, елементи людського капіталу пропонується поділяти на 6 складових: досвід (ЛК1), компетенція (ЛК2), навчання (ЛК3), відданість підприємству (ЛК4), творчі здібності працівників (ЛК5), мотивація та ефективність діяльності (ЛК6). Організаційний капітал розглядається в розрізі таких складових: розвиток та стимулювання інноваційної діяльності (ОК1), використання нематеріальних активів (ОК2), розвиток адміністративної системи (ОК3) та інформаційної системи (ОК 4).

Ринковий капітал поділяється на відносини з клієнтами (РК1) та відносини з партнерами (РК2). Більш детально система показників оцінювання та процес діагностування розвитку елементів інтелектуального капіталу підприємства розглянута автором у [6].

Результати оцінювання елементів інтелектуального капіталу ГЗК Кривбасу в 2013 р. наведено в табл. 1.

Оцінка елементів інтелектуального капіталу ГЗК Кривбасу в 2013 р.

Таблиця 1

Елемент ІК	ПАТ «ЦГЗК»	ПАТ «ІнГЗК»	ВАТ «ПівдГЗК»	ПАТ «ПівнГЗК»
ЛК1	0,026	0,027	0,027	0,026
ЛК2	0,033	0,034	0,035	0,031
ЛК3	0,053	0,064	0,136	0,063
ЛК4	0,003	0,005	0,003	0,005
ЛК5	0,188	0,211	0,000	0,270
ЛК6	0,119	0,264	0,222	0,179
ОК1	0,026	0,023	0,071	0,037
ОК2	0,089	0,083	0,000	0,080
ОК3	0,010	0,020	0,030	0,000
ОК4	0,010	0,003	0,003	0,003
РК1	0,680	0,730	0,820	0,770
РК2	0,110	0,110	0,120	0,110

Далі було побудовано дерева інтелектуального капіталу ГЗК Кривбасу, що дозволяють наочно представити та оцінити елементи інтелектуального капіталу підприємства. (рис.2-4). Зважаючи на схожість менеджменту інтелектуального капіталу на ПАТ «ПівнГЗК» та ПАТ «ЦГЗК», дерево для цих підприємств є ідентичним.

На підставі складених дерев інтелектуального капіталу для ГЗК Кривбасу було здійснено їх перетворення шляхом переведення ваги елементу кожної гілки дерева з процентної ваги в цій гілці в абсолютні відсотки по деревам в цілому - проведено зваження елементів (табл. 2).

Зваження елементів інтелектуального капіталу для ГЗК Кривбасу

Таблиця 2

ПАТ «ПівнГЗК»	ПАТ «ЦГЗК»	ПАТ «ПівдГЗК»	ПАТ «ІнГЗК»
ЛК1=0,15·40%=6%		ЛК1=0,15·45%=6,75%	ЛК1=0,15·40%=6%
ЛК2=0,25·40%=10%		ЛК2=0,25·44%=11,25%	ЛК2=0,25·40%=10%
ЛК3=0,15·40%=6%		ЛК3=0,2·45%=9%	ЛК3=0,15·40%=6%
ЛК4=0,1·40%=4%		ЛК4=0,1·45%=4,5%	ЛК4=0,1·40%=4%
ЛК5=0,2·40%=8%		ЛК5=0,1·45%=4,5%	ЛК5=0,2·40%=8%
ЛК6=0,1540%=6%		ЛК6=0,2·45%=9%	ЛК6=0,15·40%=6%
ОК1=0,4·15%=6%		ОК1=0,6·5%=3%	ОК1=0,45·10%=4,5%
ОК2=0,1·15%=1,5%		ОК2=0,1·5%=0,5%	ОК2=0,1·10%=1%
ОК3=0,3·15%=4,5%		ОК3=0,1·5%=0,5%	ОК3=0,25·10%=2,5%
ОК4=0,2·15%=3%		ОК4=0,2·5%=1%	ОК4=0,2·10%=2%
РК1=0,7·45%=31,5%		РК1=0,7·50%=35%	РК1=0,75·50%=37,5%
РК2=0,3·45%=13,5%		РК2=0,3·50%=15%	РК2=0,2·550%=12,5%

На наступному етапі на підставі найбільш детального дерева інтелектуального капіталу були створені трансформаційні матриці елементів, тобто було визначено, який відносний вплив має кожна трансформація на процес створення цінності на підприємстві.



Рис. 2. Дерево інтелектуального капіталу для ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівніГЗК»



Рис. 3. Дерево інтелектуального капіталу для ВАТ «ПівніГЗК»

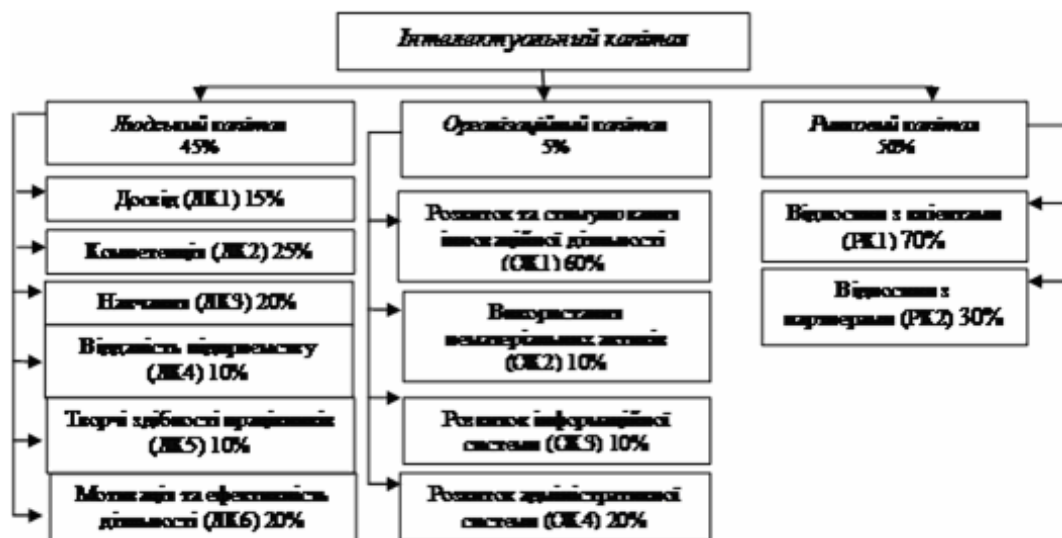


Рис. 4. Дерево інтелектуального капіталу для ПАТ «ІнГЗК»

У результаті цього були отримані матриці для кожного підприємства, в яких сума ваги в кожному рядку дорівнює 100 % і визначена кожна трансформація з ненульовою вагою.

На наступному етапі відбувається перебудова описання кожного рядка матриці в інтегральну картину (тобто сума всіх трансформацій в матриці дорівнює 100%). Далі матриці були очищені від малозначущих впливів за допомогою принципу Парето.

Для цього було видалені для ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівнГЗК» 87 елементів, загальна частка яких складає 20,9%, для ПАТ «ПівдГЗК» - 102 елементи з часткою 21,05% та для ПАТ «ІнГЗК» 93 елементи з часткою 21,5%.

Нормалізована матриця впливу елементів інтелектуального капіталу на процес створення вартості на ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівнГЗК» наведена в табл. 3.

Таблиця 3

Нормалізована матриця впливу елементів інтелектуального капіталу на створення вартості на ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівнГЗК»

	ЛК1	ЛК2	ЛК3	ЛК4	ЛК5	ЛК6	ОК1	ОК2	ОК3	ОК4	РК1	РК2	Підсумок
ЛК1		0,6			0,6		0,8	0,6	0,6		1	0,6	4,8
ЛК2	0,6		1		1,5	1	1	1	0,6	0,6	1,9		9,2
ЛК3		0,7			1		0,8	0,6			1	0,6	4,7
ЛК4											0,9		0,9
ЛК5	1	1					1	1			2		6
ЛК6				0,6	0,8		1,5				1		3,9
ОК1		0,6			0,7	1		0,6			1		3,9
ОК2							0,6						0,6
ОК3							0,6				0,9	0,6	2,1
ОК4					0,6		0,6						1,2
РК1	4	5	3		5	2,5	3,5	2	1	1		4	31
РК2							0,9		2	1,3	6		10,2
Підсумок	5,6	7,9	4	0,6	10,2	4,5	11,3	5,8	4,2	2,9	15,7	5,8	78,5

На основі отриманих оцінок був розрахований індекс рівня впливу кожного елемента в структурі інтелектуального капіталу ГЗК Кривбасу - стратегічний статус елементів інтелектуального капіталу (для ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівнГЗК» наведено в табл. 4).

Таблиця 4

Стратегічний статус елементів інтелектуального капіталу на ПАТ «ЦГЗК» та ПАТ «ПівнГЗК»

Елемент	Сума по рядкам	Сума по стовпчикам	Вплив елемента (2:3)	Питома вага, %	Стратегічний статус елемента (5*4)
ЛК1	4,8	5,6	0,86	6,11	5,24
ЛК2	9,2	7,9	1,16	11,72	13,65
ЛК3	4,7	4	1,18	5,99	7,04
ЛК4	0,9	0,6	1,50	1,15	1,72
ЛК5	6	10,2	0,59	7,64	4,50
ЛК6	3,9	4,5	0,87	4,97	4,31
ОК1	3,9	11,3	0,35	4,97	1,71
ОК2	0,6	5,8	0,10	0,76	0,08
ОК3	2,1	4,2	0,50	2,68	1,34
ОК4	1,2	2,9	0,41	1,53	0,63
РК1	31	15,7	1,97	39,49	77,97
РК2	10,2	5,8	1,76	12,99	22,85
Підсумок	78,5	78,5		100	

Співставлення оцінки елементів інтелектуального капіталу та оцінювання рівня їх взаємного впливу на ГЗК Кривбасу пропонується відображати на матриці вибору стратегії управління елементами інтелектуального капіталу (рис. 5).

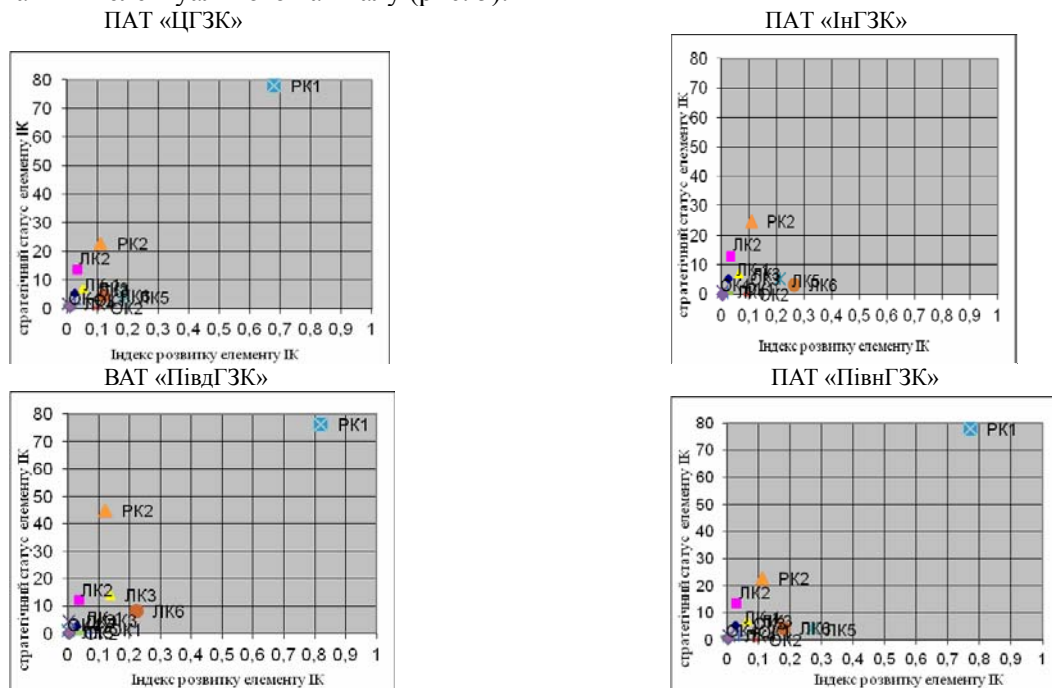


Рис. 5. Матриця вибору стратегії управління елементами інтелектуального капіталу на ГЗК Кривбасу в 2013 р.

Результати проведеного позиціонування свідчать, що всі елементи інтелектуального капіталу (за виключенням РК-1) характеризуються низьким рівнем розвитку елементів за умов їх низького стратегічного статусу у формуванні цінності на підприємстві.

Це дозволяє констатувати низький рівень ефективності менеджменту та їх невисоку здатність до генерування додаткової вартості на підприємстві.

Необхідним є розвиток цих елементів або їх виключення з ресурсного портфелю.

Елемент РК-1 на всіх ГЗК характеризується високим стратегічним статусом та рівнем розвитку на підприємствах, тобто управління даним елементом інтелектуального капіталу на ГЗК Кривбасу здійснюється ефективно.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проведені аналітичні дослідження дозволили встановити невисоку ефективність управління майже всіма елементами інтелектуального капіталу (за виключенням відносин з клієнтами) на гірничо-збагачувальних комбінатах Кривбасу, що вимагає розробки ефективних стратегій щодо управління ними.

Список літератури

1. Стюарт Т. А. Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организации: Пер. с англ. / Т.А. Стюарт – М.: Поколение, 2007. – 366 с.
2. Sveiby, Karl-Erik. Methods for Measuring Intangible Assets // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sveiby.com/articles/IntangibleMethods.htm>.
3. Руус Й. Интеллектуальный капитал: практика управления / Й. Руус, С. Пайк, Л.Фернстрем / [пер. с англ. под. ред. В.К. Дерманова]. – Санкт-Петербург: «Высшая школа менеджмента», 2010. - 436 с.
4. Бутнік-Сіверський О. Інтелектуальний капітал: теоретичний аспект / О. Бутнік-Сіверський // Інтелектуальний капітал. – 2002 - №1 – с.19-27
5. Швиданенко Г.О. Управління капіталом підприємства: [навч. посібник] / Г.О. Швиданенко, Н.В. Шевчук – К.: КНЕУ, 2007. – 441 с.
6. Ніколайчук О.А. Розвиток методичних підходів до оцінювання інтелектуального капіталу підприємства / О.А. Ніколайчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2013. - №6. - С. 19-26.

Рукопис подано до редакції 17.03.14

УДК 658: 338.41

В.Я. ПЛАКСІЄНКО, д-р економ. наук, проф., Полтавська державна аграрна академія

ОЦІНКА ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті виконано аналіз сучасних підходів до оцінки фінансових результатів діяльності промислових підприємств, визначено основні етапи аналізу та їх послідовність. Обґрунтовано, що спочатку необхідно дати оцінку узагальнюючим показникам, що характеризують фінансові результати, виявити фактори, дія яких призвела до зміни цих показників. Потім необхідно провести детальний аналіз фінансових результатів на основі поглибленого вивчення часткових показників і виявлення резервів зростання прибутку.

Ключові слова: аналіз фінансових результатів, прибуток, рентабельність, факторний аналіз, маржинальний дохід, постійні витрати, змінні витрати.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У ринковій економіці аналіз фінансових результатів становить найважливішу частину інформаційного забезпечення для прийняття управлінських рішень керівництвом промислових підприємств. В одержанні докладної інформації про фінансову ситуацію в компанії, її діяльності зацікавлені практично всі суб'єкти ринкових відносин: власники, акціонери, аудитори, інвестори, банки, біржі, постачальники та покупці, страхові компанії та рекламні агентства.

Аналіз досліджень та публікацій. Існує значна кількість методик аналізу фінансових результатів промислових підприємств. Тим часом провідні економісти в області економічного аналізу та фінансового менеджменту Г.В.Савицька, Шеремет А.Д., Стоянова Е.С., Ефимова О.В., Селезнева Н.Н., Грищенко О.В. підходять до окремих теоретичних та методичних питань аналізу в різних аспектах та з різним ступенем деталізації.

Постановка завдання. Розглянемо сучасні підходи до оцінки фінансових результатів промислових підприємств, визначимо основні етапи аналізу та їх послідовність.

Викладення матеріалу та результати. У роботі [1] пропонується здійснювати аналіз фінансових результатів діяльності підприємства послідовно проводячи:

1. Аналіз складу та динаміки прибутку. При цьому в процесі аналізу використовуються наступні показники прибутку: маржинальний прибуток; прибуток від реалізації продукції, товарів, послуг; загальний фінансовий результат до виплати відсотків і податків (брутто-прибуток); чистий прибуток; капіталізований прибуток; споживаний прибуток. Причому, як зазначено автором, використання того або іншого показника прибутку залежить від мети аналізу. Так, наприклад, для визначення беззбиткового обсягу продажів і зони безпеки підприємства, для оцінки рівня прибутковості виробництва окремих видів продукції та визначення комерційної маржі використовується маржинальний прибуток, для оцінки рентабельності власного капіталу - чистий прибуток, для оцінки прибутковості сукупного капіталу - загальна сума прибутку від всіх видів діяльності до виплати відсотків і податків, для оцінки стабільності зростання підприємства - капіталізований (реінвестований прибуток).

У процесі аналізу необхідно визначити склад прибутку, його структуру, динаміку та виконання плану за звітний рік. При цьому Г.В. Савицька вважає, що особливу увагу слід приділяти врахуванню інфляційних факторів зміни суми прибутку [1]. Також необхідно врахувати фактори зміни кожної складової загальної суми прибутку звітного періоду.

2. Аналіз фінансових результатів від реалізації продукції та послуг. У процесі аналізу вивчаються динаміка, виконання плану прибутку від реалізації продукції та визначаються фактори зміни її суми (обсяг реалізації продукції, структура реалізованої продукції, собівартість продукції, зміна рівня середніх цін реалізації).

3. Аналіз цінової політики підприємства та факторний аналіз рівня середніх цін реалізації. При цьому досліджується вплив на зміну рівня ціни наступних факторів: якість реалізованої продукції, строки реалізації, ринки збуту реалізованої продукції, кон'юнктура ринку, інфляційні процеси.

Аналіз інших доходів і видатків. У процесі аналізу вивчаються склад, динаміка, виконання плану та фактори зміни суми отриманих збитків і прибутку по кожному конкретному випадку.

4. *Аналіз рентабельності підприємства.* У першу чергу пропонується визначити рентабельність продукції (коефіцієнт окупності витрат), рентабельність продажів (обороту), рентабельність сукупного капіталу. Далі в процесі аналізу необхідно встановити динаміку перерахованих показників, порівняти з плановими значеннями та провести міжгосподарські порівняння з підприємствами-конкурентами, провести факторний аналіз кожного з показників рентабельності.

5. *Аналіз використання прибутку.* У процесі аналізу вивчаються фактори зміни величини оподаткованого прибутку, суми виплачених дивідендів, відсотків, податків із прибутку, розміру чистого спожитого та капіталізованого прибутку.

У свою чергу А. Д. Шеремет пропонує проводити аналіз прибутку та рентабельності продукції в наступній послідовності:

1. Формується ряд показників, що характеризують фінансові результати організації. При цьому виділяються такі показники, як валовий прибуток, прибуток (збиток) від продажів, прибуток (збиток) від продажів та іншої діяльності, прибуток (збиток) до оподаткування (загальний бухгалтерський прибуток), прибуток (збиток) від звичайної діяльності, чистий прибуток, нерозподілений прибуток (збиток) звітного періоду.

2. Аналіз на попередньому етапі проводиться як за абсолютними показниками прибутку, так і по його відносних показниках, наприклад по відношенню прибутку до виручки від продажу - по рентабельності продажів [2].

3. Поглиблений аналіз здійснюється шляхом дослідження впливу на величину прибутку та рентабельність продажів різних факторів, які розділяються на групу зовнішніх і групу внутрішніх факторів.

4. Аналізується вплив інфляції на фінансові результати від продажів продукції.

5. Вивчається якість прибутку, проводиться так звана узагальнена характеристика структури джерел формування прибутку.

6. Проводиться аналіз рентабельності активів підприємства.

7. Здійснюється маржинальний аналіз прибутку.

О.В. Єфімова вважає, що ключовим завданням аналізу фінансових результатів є виділення в складі доходів організації стабільно одержуваних доходів для прогнозування фінансових результатів. При цьому О.В. Єфімова відзначає необхідність зовнішнього та внутрішнього аналізу фінансових результатів і виділяє наступні етапи в їх проведенні - зовнішній та внутрішній [3].

Зовнішній аналіз проводиться в два етапи. На першому етапі зовнішнього аналізу за допомогою вивчення коментарів і пояснювальної записки до річної звітності складається подання про принципи формування доходів і видатків на підприємстві. Другий етап зовнішнього аналізу являє собою вивчення звіту підприємства про прибутки та збитки [3].

Внутрішній аналіз фінансових результатів складається із трьох етапів. На першому етапі вивчається вплив діючих на підприємстві облікових принципів у частині оцінки статей активів, доходів і видатків, зміни облікової політики. На другому етапі розкриваються причини зміни кінцевого фінансового результату, виявляються стабільні та випадкові фактори, що викликали ці зміни. Третій етап є поглибленим аналізом фінансових результатів із залученням даних управлінського обліку про доходи й видатки в розрізі центрів відповідальності. При цьому оцінюється якість отриманого фінансового результату, прогноуються майбутні результати, проводиться аналіз прибутковості (рентабельності) діяльності підприємства.

Н.М. Селезньова та А.Ф. Іонова рекомендують проводити аналіз фінансових результатів та рентабельності організації в наступній послідовності [4]:

1. Проводиться класифікація прибутку, що розглядається як показник ефекту господарської діяльності. З метою аналізу прибуток класифікується:

за способом формування: валовий прибуток, маржинальний дохід, прибуток до оподаткування, чистий прибуток;

за джерелами формування: прибуток від реалізації послуг, прибуток від реалізації майна;

за видами діяльності: *прибуток від звичайної діяльності*, *прибуток від інвестиційної діяльності*, *прибуток від фінансової діяльності*;

за періодичністю одержання: регулярний прибуток, надзвичайний прибуток;
за характером використання: прибуток, спрямований на дивіденди (спожитий), прибуток капіталізований, нерозподілений прибуток.

2. Формуються показники прибутку, розкриваються основи їх розрахунку та взаємозв'язок між ними.

3. Перераховуються економічні фактори, що впливають на величину прибутку, проводиться факторний аналіз прибутку до оподатковування.

4. Рекомендується при аналізі враховувати вплив інфляції на фінансові результати.

5. Проводиться аналіз «якості» прибутку, під яким розуміється «узагальнена характеристика структури джерел формування прибутку організації».

Прибуток має високу якість, якщо зростає обсяг виробництва, знижуються витрати на виробництво та реалізацію, низька якість прибутку означає, що має місце зростання цін на продукцію без збільшення обсягу випуску та продажів у натуральних показниках. Крім цього, якість прибутку характеризується:

станом розрахунків із кредиторами, чим менше простроченої кредиторської заборгованості, тим вище якість прибутку;

рівнем рентабельності продажів;

коефіцієнтом достатності прибутку;

структурою рентабельності по видах продукції.

6. Розглядаються грошові потоки організації з метою з'ясування ступеня достатності надходжень коштів по поточній діяльності для забезпечення відтоків по поточній і інвестиційній діяльності підприємства. При цьому пропонується узгоджувати аналіз фінансових результатів з аналізом грошових потоків.

7. Здійснюється аналіз фінансових результатів за фінансовою звітністю підприємства, тобто вивчаються їх рівень, динаміка (горизонтальний аналіз звіту про прибутки та збитки) і структура (вертикальний аналіз).

8. Пропонується схема факторного аналізу загального бухгалтерського прибутку (прибутку до оподатковування) і прибутку від реалізації продукції.

9. Дається оцінка впливу факторів на зміну прибутку від реалізації продукції, вони узагальнюються у двох групах.

До складу першої групи входять: зміна обсягу реалізації продукції в оцінці по базисній або плановій собівартості, зміна обсягу продукції, обумовлена змінами в структурі продукції.

Друга група факторів представлена економією від зниження собівартості продукції, економією від зниження собівартості продукції за рахунок структурних зрушень, зміною витрат через динаміку цін на матеріали та тарифів на послуги, зміною цін на одну грн продукції.

У даній методиці можна відзначити основний недолік, що полягає в тому, що при розкритті складу факторів, які впливають на зміну прибутку рекомендується двічі враховувати вплив одного й того самого фактору на зміну прибутку, а саме структурне зрушення в асортименті продукції враховується одночасно у двох групах факторів.

Також викликає питання запропонована класифікація факторів та її поділ на дві групи.

10. Далі рекомендується провести аналіз використання прибутку на основі звіту про прибутки та збитки, у зв'язку з основними напрямками використання чистого прибутку.

Автором пропонується в ході вертикального та горизонтального аналізу використання чистого прибутку розраховувати коефіцієнт капіталізації, темп зростання власного капіталу, коефіцієнт споживання прибутку.

11. Завершальним етапом аналізу фінансових результатів є аналіз рентабельності, у рамках якого повинні визначатись показники рентабельності, дається визначення економічної та фінансової рентабельності з дослідженням ефекту фінансового важеля, проводиться аналіз рентабельності активів, власного капіталу, рентабельності продукції та виробничих фондів.

Не менш важливо розглянути методику аналізу фінансових результатів з використанням міжнародних стандартів.

У цьому випадку необхідно звернути увагу на особливості методики аналізу прибутку, що базується на розподілі виробничих і збутових витрат на змінні та постійні і категорії маржинального доходу.

При вивченні факторів зміни прибутку та прогнозування її величини для забезпечення системного підходу в роботі [5] використовується маржинальний аналіз, в основі якого лежить маржинальний дохід. Маржинальний дохід (MD) - це прибуток (Π) у сумі з постійними витратами підприємства (H)

$$MD = \Pi + H, \quad (1)$$

$$\Pi = MD - H. \quad (2)$$

При цьому, якщо відомі величини маржинального доходу та постійних витрат, за допомогою формули можна розрахувати суму прибутку.

Іноді при визначенні суми прибутку замість маржинального доходу використовуються виручка (PP) і питома вага маржинального доходу в ній (D_y).

Якщо відомі кількість проданої продукції та ставка маржинального доходу (D_c) у ціні за одиницю продукції (Π), при аналізі прибутку від реалізації одного виду продукції можна застосувати модифіковану формулу визначення прибутку

$$\Pi = PP \times D_c - H = PP \times (\Pi - V) - H, \quad (3)$$

де V - змінні витрати на одиницю продукції, грн/т; PP - обсяг реалізованої продукції, грн.

Формула дозволяє визначити зміну суми прибутку за рахунок кількості реалізованої продукції, ціни та рівня змінних і постійних витрат.

Загальна зміна прибутку визначається за рахунок зміни: кількості реалізованої продукції, ціни реалізації, питомих змінних витрат, суми постійних витрат.

Методика аналізу прибутку дещо ускладнюється в умовах багатомономенклатурного виробництва, коли крім перерахованих факторів необхідно враховувати також вплив структури реалізованої продукції.

У даному випадку для вивчення впливу факторів на зміну суми прибутку при багатомономенклатурного виробництві використовується модель, при якій середня частка маржинального доходу у виручці (D_y) у свою чергу залежить від питомої ваги кожного виду продукції в загальній сумі виручці (UD_i) і частки маржинального доходу у виручці по кожному виробу (відношення ставки маржинального доходу до ціни)

$$UD_i = \frac{PP_i \times \Pi_i}{\sum PP_i \times \Pi_i}, \quad (4)$$

Після цього факторна модель прибутку від реалізації продукції буде мати вигляд

$$\Pi = PP \times \sum \left(UD_i \times \frac{\Pi_i - V_i}{\Pi_i} \right) - H \quad (5)$$

Факторна модель прибутку від реалізації продукції дозволяє встановити зміну прибутку за рахунок кількості (обсягу) реалізованої продукції, її структури, відпускних цін, питомих змінних витрат і постійних витрат підприємства.

Перевага розглянутої методики аналізу прибутку полягає в тому, що при її використанні враховується взаємозв'язок елементів моделі, зокрема обсягу продажів, витрат і прибутку. Це забезпечує більше точне обчислення впливу факторів, а отже, більш високий рівень планування та прогнозування фінансових результатів.

У теорії та практиці економічного аналізу всебічно описані трифакторна модель аналізу рентабельності, коли досліджуються такі фактори, як зміна прибутковості продукції, вплив зміни фондомісткості та вплив оборотності оборотних коштів, а також п'ятифакторна модель, що включає аналіз матеріало-, трудомісткості продукції, місткості за амортизацією, швидкості оборотності основного та оборотного капіталу.

Як стверджує А.Д. Шеремет [2], факторні моделі рентабельності розкривають найважливіші причинно-наслідкові зв'язки між показниками фінансового стану підприємства та фінансових результатів.

Тому вони є незамінним інструментом оцінки сформованої ситуації.

Факторні моделі є також керованими моделями прогнозування фінансової стабільності підприємства.

Необхідність передбачення найближчих і віддалених перспектив розвитку - актуальне завдання для підприємств.

Однак на практиці використання три- й п'ятифакторної моделей рентабельності є досить трудомістким, і в останні роки широке поширення одержала модель Дюпона, яку можна пред-

ставити у вигляді мультиплікативного зв'язку, помноживши чисельник і знаменник на той самий показник - виручку від продажів і одержавши вплив двох факторів: рентабельності продажів і оборотності активів [6]

$$P_{акт} = P_{прод} \times O_{акт}, \quad (6)$$

де $P_{акт}$, $P_{прод}$ – коефіцієнти рентабельності активів та продажів, частки од.; $O_{акт}$ – коефіцієнт оборотності активів, частки од

При цьому О.С. Стоянова [6] відзначає, що дана формула дозволяє визначити, які фактори найбільшою мірою вплинули на чисту рентабельність активів.

У формули Дюпона є досить корисна модифікація, що вводить в аналіз показник чистої рентабельності акціонерного капіталу.

Це частка від розподілу чистого прибутку по звичайних акціях на суму акціонерного капіталу

$$P_{акц} = \frac{ЧП}{B} \times \frac{B}{CA} \times \frac{CA}{AK}, \quad (7)$$

де $P_{акц}$ – рентабельність акціонерного капіталу, частки од.; $ЧП$ – чистий прибуток, грн.; B – виручка від реалізації, грн.; CA – сумарні активи, грн.; AK – акціонерний капітал, грн.

При значній зміні рентабельності акціонерного капіталу використання даної формули дає можливість визначити вплив таких факторів, як ефективність використання активів, раціональне використання акціонерного капіталу, сполучений вплив цих факторів.

Підводячи дану аналітичну базу під реалії функціонування вітчизняних промислових підприємств, відзначимо, що довгострокова рентабельність компаній залежить від значно більшого числа факторів, що характеризують стан конкурентної ситуації, ситуації на ринку виробника, ринкової ситуації.

Тому важливо в процесі розробки стратегічного плану управління рентабельністю не випустити з уваги й ряд інших важливих факторів (капіталомісткість, якість продукції, що випускається, відносна частка підприємства на ринку, продуктивність праці).

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розглянувши методики проведення аналізу фінансових результатів, запропоновані різними авторами, можна відзначити, що вибір тієї або іншої методики проведення аналізу для окремо взятого підприємства залежить від особливостей його функціонування та цілей, яких необхідно досягти в процесі аналізу.

Узагальнюючи вищевикладене відмітимо, що аналіз фінансових результатів слід проводити, дотримуючись логіки руху від загального до часткового, а потім до визначення впливу часткового на загальне.

Інакше кажучи, спочатку необхідно дати оцінку узагальнюючим показникам, що характеризують фінансові результати в їх динаміці, розглянути їх структуру, визначити їх зміну в аналізованому періоді стосовно базисного періоду або до бізнес-плану; виявити фактори, дія яких призвела до зміни цих показників.

Потім необхідно провести детальний аналіз фінансових результатів на основі поглибленого вивчення часткових показників і виявлення резервів зростання прибутку.

Список літератури

1. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. – М.: Инфра-М, 2009. – 530 с.
2. Шеремет А. Д. Комплексный анализ хозяйственной деятельности / А.Д. Шеремет // М.: ИНФРА-М, 2006. – 415 с.
3. Ефимова О.В. Финансовый анализ: современный инструментарий для принятия экономических решений / О.В. Ефимова // М.: Омега-Л, 2010. – 351 с.
4. Селезнева Н. Н., Ионова А. Ф. Финансовый анализ / Н. Н.Селезнева, А. Ф. Ионова// М.: Проспект, 2006. - 624 с.
5. Грищенко О.В. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия / О.В. Грищенко // Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 112 с.
6. Стоянова Е.С. Финансовый менеджмент: теория и практика / Е.С. Стоянова // М.: Перспектива, 2006. – 654 с.

Рукопис подано до редакції 20.03.14

АНОТАЦІЇ

УДК 622.235.62

Шапурин А.В. Взаимосвязи между параметрами расположения зарядов ВВ и кусковатостью горных пород во взрывном развале

Выполнены исследования расчетных формул для определения удельного расхода взрывчатых веществ (ВВ) и параметров расположения вертикальных удлиненных зарядов на уступе, в зависимости от свойств горных пород и ВВ, а также с учетом размера прогнозируемого куска в развале пород и среднего размера естественных блоков в массиве.

Шапурин О.В. Взаємозв'язок між параметрами розташування зарядів ВР і кускуватістю гірських порід у вибуховому розвалі
Виконано дослідження розрахункових формул для визначення питомої витрати вибухових речовин (ВР) і параметрів розташування вертикальних подовжених зарядів на уступі, залежно від властивостей гірських порід і ВР, а також з урахуванням розміру прогнозованого шматка в розвалі порід і середнього розміру природних блоків в масиві.

Shapurin A.V. A.B. To intercommunication between the parameters of location of charges of ВВ and кусковатостью of mountain breeds in explosive disintegration

Researches of calculation formulas are executed for determination of specific expense of explosives (ВВ) and parameters of location of the vertical extended charges on a ledge, depending on properties of mountain breeds and ВВ, and also taking into account the size of the forecast piece in disintegration of breeds and medium-sized natural blocks in an array.

УДК 622.72:622.341

Азарян В.А. Обоснование оптимального периода опробования забоев карьера

Период опробования, колебания качества, дискретный временной ряд, анализ выборочных нормированных спектров, динамика изменения содержания полезного компонента. На сегодняшний день в железорудных карьерах Украины службы технического контроля производят замеры содержания полезного компонента как правило ежесменно, используя имеющуюся у них аппаратную базу и исходя прежде всего их технических возможностей устройств по контролю качества. Периодичность снятия информации о содержании полезного компонента математически не обоснована. Обоснование оптимального периода опробования содержания полезного компонента в забоях является важной технологической задачей. Оптимальный период опробования позволит получать более достоверную информацию об изменении содержания железа в забоях, на основании этих данных производить расчет сменно-суточного задания для добычных забоев и сформировать рудопоток с заданными параметрами по качеству. Погрешность измерения содержания полезного компонента, как и особенности технологических процессов при переработке руды, указывают на возможность учета изменения содержания железа с определенной дискретностью. Это приводит к выводу о возможности измерения содержания железа с определенной дискретностью во времени и рассматривать поток руды как дискретный временной ряд. Данные опробования забоев карьера являются основными для оперативного управления качеством рудопотоков карьера. Анализ данных, выполненный математическими методами, позволил обосновать увеличение периода опробования с 12 до 40 часов без потери основных данных по содержанию полезного компонента.

Азарян В.А. Обґрунтування оптимального періоду опробування забоев кар'єру

Період випробування, коливання якості, дискретний часовий ряд, аналіз вибіркових нормованих спектрів, динаміка зміни вмісту корисного компонента. На сьогоднішній день в залізорудних кар'єрах України служби технічного контролю здійснюють виміри вмісту корисного компонента, як правило, кожної зміни, використовуючи наявну апаратурну базу, і виходячи, перш за все, з їх технічних можливостей пристроїв з контролю якості. Періодичність зняття інформації про вміст корисного компонента математично не обґрунтована. Обґрунтування оптимального періоду випробування вмісту корисного компонента в забоях є важливим технологічним завданням. Оптимальний період випробування дозволить отримувати достовірнішу інформацію про зміну вмісту заліза в забоях, на підставі цих даних виробляти розрахунок змінно-добового завдання для забоев видобутків і сформувати рудопоток із параметрами заданими за за якістю. Погрішність виміру вмісту корисного компонента, як і особливості технологічних процесів при переробці руди, вказують на можливість обліку зміни вмісту заліза з певною дискретністю. Це призводить до висновку про можливість виміру вмісту заліза з певною дискретністю в часі і розглядати потік руди як дискретний часовий ряд. Дані випробування забоев кар'єру є основними для оперативного управління якістю рудопотоков кар'єру. Аналіз даних, виконаний математичними методами, дозволив обґрунтувати збільшення періоду випробування з 12 до 40 годин без втрати основних даних про вміст корисного компоненту.

Azarjan V.A. Sampling period, fluctuations in quality, discrete time series analysis of the sample of normalized spectra, changes in mineral content.

Nowadays the Ukrainian iron ore quarries technical control services usually measure the amount of useful component every shift, using the information available on the instrumental basis and based primarily on the technical capabilities of devices for quality control. Frequency of the ore check mentioned above is not based on any mathematical computation. Rationalization of the optimal testing period is based, in fact, on the amount of useful component in the faces which is an acute technological problem. The optimal sampling will provide more reliable information about changes in the content of iron in the faces on the basis of this data, calculate the shift-day tasks for mining faces and form flows of ore with preset parameters for quality. Measurement error in estimated amount of mineral, as well as features of technological processes for ore processing, indicate the possibility of taking into account changes in the content of iron with a certain increments. This leads to the conclusion that the measurement of amount of iron in ore with certain discrete in time allows us consider the flow of ore as discrete time series. Data sampling of quarry faces is essential for operational quality management of quarry ore flows. Analysis of the data, performed through mathematical methods allowed to justify an increase in testing period, from 12 to 40 hours without any loss of basic data on the content of the useful component.

УДК 622.341.236.35

Федоренко П.И., Чепурной В.И., Ляш С.И., Трохимец Н.Я. Исследование эффективности электротермомеханиче-

ского способа образования компенсационных полостей для проходки восстающих выработок при подготовке блоков к очистной выемке

Показано, что электротермомеханический способ расширения передовых скважин позволяет повысить эффективность разрушения породного массива при образовании компенсационных полостей для проходки в крепких породах восстающих выработок, задействованных в подготовке блоков к очистной выемке.

Федоренко П. Й., Чепурной В. І., Ляш С. І., Трохимець М. Я. Дослідження ефективності електротермомеханічного способу утворення компенсаційних порожнин для проходження повстаючих виробок, при підготовці блоків до очисної виїмки

Показано, що електротермомеханічний спосіб розширення передових свердловин дозволяє підвищити ефективність руйнування породного масиву при утворенні компенсаційних порожнин для проходки в міцних породах повстаючих виробок, задіяних в підготовці блоків до очисної виїмки.

Fedorenko P. Jo., Chepurnoj V. I., Ljash S. I., Trokhymets N. Ja. Research of efficiency of electro-thermomechanical method of formation of compensative cavities for driving of the rising making at preparation of blocks to the cleansing coulisse

It is shown that the electro-thermomechanical method of expansion of front - rank mining holes allows to promote efficiency of destruction of pedigree array at formation of compensative cavities for driving in the ragstones of the rising making, involved in preparation of blocks to the cleansing coulisse.

УДК 622.272: 622.235.003.13

Ступник Н.И., Никонец В.И., Калинин В.А., Калинин Е.В., Горбатенко И.А. Совершенствование анкерной крепи для выработок, проводимых в глинистых породах

В представленной работе рассмотрены результаты исследований геомеханических процессов, протекающих в недрах при выемке марганцевой руды подземным способом. Определены закономерности скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок в зависимости от мощности глины кровли рудного пласта. Установлены зависимости параметров анкерной крепи от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок. На основании выполненных исследований была разработана и внедрена в производство анкерная крепь, состоящая из анкеров, выполненных из арматурной стали. Установка анкеров осуществляется путем вдавливания их в породу и руду с помощью гидравлической установки. Во время шахтных исследований на ПАО «Марганецкий ГОК» была установлена оптимальная плотность установки анкеров, которая составила 5 анкеров/м², а также зависимость оптимальной длины анкера от скорости опускания кровли на сопряжениях очистных выработок.

Ступник М. І., Ніконец В. І., Калініченко В. О., Калініченко О. В., Горбатенко І. А. Удосконалення анкерного кріплення для вироблень, що проводяться в глинистих породах

У поданій роботі розглянуто результати досліджень геомеханічних процесів, що протікають в надрах при виїмці марганцевої руди підземним способом. Визначено закономірності швидкості опускання покрівлі на сполученнях очисних виробок в залежності від потужності глини покрівлі рудного пласта. Встановлено залежності параметрів анкерного кріплення від швидкості опускання покрівлі на сполученнях очисних виробок. На підставі виконаних досліджень було розроблено і впроваджено у виробництво анкерне кріплення, що складається з анкеров, виконаних з арматурної сталі. Установка анкеров здійснюється шляхом вдавлення їх в породу і руду за допомогою гідравлічної установки. Під час шахтних досліджень на ПАТ «Марганецький ГЗК» була встановлено оптимальну щільність установки анкеров, яка склала 5 анкеров/м², а також залежність оптимальної довжини анкера від швидкості опускання покрівлі на сполученнях очисних виробок.

Stupnik M. I., Nikonets V. S., Kalinichenko V. A., Kalinichenko E. V., Gorbatenko I. A. Perfection of the roof bolting for making, conducted in clay breeds

In the present paper the results of studies of geomechanical processes taking place in the depths of digging manganese ore by underground methods. The regularities of the lowering speed of the roof on the dual treatment workings depending on the power of clay roof ore bed. The dependences of the parameters of bolting from the lowering speed of the roof on the dual treatment workings. On the basis of the research was designed and implemented in the production of roof bolting, consisting of anchors made of reinforcing steel. Installing the anchors is performed by depressing them in the ore and rock with a hydraulic unit. During mining research at PJSC "Marganetsk GOK" has been set optimum planting density of anchors, which amounted to 5 anchors/m², and the dependence of the optimal length of the anchor from the lowering speed of the roof on the dual treatment workings.

УДК 332.54

Маланчук М.С., Мартинюк Т.В., Казанівська О.І. Фактори впливу на нормативну оцінку землі в межах населених пунктів

При проведенні нормативної грошової оцінки землі виникають питання щодо правильності обрахунку витрат на освоєння і облаштування території населеного пункту, відображення локальних та функціональних факторів на картографічному матеріалі та визначення їх значення. З цієї причини було поставлено завдання дослідити правильність визначення витрат на освоєння та облаштування території з урахуванням форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території, а також проаналізувати групу факторів, які впливають на достовірність проведення нормативної грошової оцінки населеного пункту. В результаті проведених досліджень, встановлено що: на нормативну грошову оцінку діє група факторів, які дають можливість маніпулювати величиною оцінки земель населених пунктів; недостатньо об'єктивних та достовірних вихідних даних для розрахунку витрат на освоєння та облаштування території; витрати на облаштування території залежать від форми населеного пункту та розташування забудованих земель на цій території. Для якісного проведення оціночних робіт потрібно використовувати актуальні дані та залучати інформацію із містобудівного та інших кадастрів, також врахувати фізичний знос елементів інфраструктури при визначенні базової вартості землі населеного пункту.

Маланчук М.С., Мартынюк Т.В., Казанівська А.И. Факторы влияния на нормативную оценку земли в пределах населенных пунктов

При проведении нормативной денежной оценки земли возникают вопросы относительно правильности расчета затрат на освоение и обустройство территории населенного пункта, отображения локальных и функциональных факторов на картографическом материале и определения их значения. По этой причине была поставлена задача исследовать правильность определения затрат на освоение и обустройство территории с учетом формы населенного пункта и расположение застроенных земель на этой территории, а также проанализировать группу факторов, которые влияют на достоверность проведения нормативной денежной оценки населенного пункта. В результате проведенных исследований, установлено, что: на нормативную денежную оценку действует группа факторов, которые дают возможность манипулировать величиной оценки земель населенных пунктов; недостаточно объективных и достоверных исходных данных для расчета затрат на освоение и обустройство территории; расходы на обустройство территории зависят от формы населенного пункта и расположение застроенных земель на этой территории. Для качественного проведения оценочных работ нужно использовать актуальные данные и привлекать информацию из градостроительного и других кадастров, также учесть физический износ элементов инфраструктуры при определении базовой стоимости земли населенного пункта

Malanchuk M.S., Martynjuk T.V., Kazanivska O.I. During realization of normative money estimation of earth there are questions in relation to the rightness of calculation of expenses on mastering and arrangement of territory of settlement, reflections of local and functional factors on cartographic material and determination of their value. The problem to investigate the rightness of determination of expenses on mastering and arrangement of territory taking into account the form of settlement and location of built-up earths on this territory was set on this account, and also to analyse the group of factors which influence on authenticity of realization of normative money estimation of settlement. As a result of the conducted researches, it is set that: the group of factors which enable to manipulate in size estimations of earths of settlements operates on a normative money estimation; objective and reliable basic data not enough for the calculation of expenses on mastering and arrangement of territory; charges on arrangement of territory depend on the form of settlement and location of built-up earths on this territory. For high-quality realization of evaluation works it is needed to use actual data and attract information from town-planning and other cadastres, also to take into account the physical wear of elements of infrastructure at determination of base cost of earth of settlement

УДК 622.272:624.191.5

Харин С.А. Разработка программного обеспечения и исследование структуры времени проходческого цикла при подземном строительстве

Производства, связанные с добычей железорудного сырья относятся к числу наиболее стабильно функционирующих предприятий страны, источником критически важных валютных поступлений от экспорта, что определяет их значимость. Задачу реконструкции горных предприятий в условиях больших глубин разработки необходимо сопровождать активными усилиями в направлении научно-технического обеспечения производства, создания программных продуктов с целью автоматизации исследований и оперативной выработки необходимых рекомендаций. Разработаны алгоритм и компьютерная программа на языке Java. Указано, что влияние различных факторов на структуру затрат времени проходческого цикла при фиксированной его продолжительности и темпы проходки протяженных горизонтальных выработок проявляется следующее: на указанные параметры определяющее влияние оказывает крепость пород, в которых осуществляется строительство выработки; даже при весьма различном сочетании других факторов, в крепких и весьма крепких породах наблюдается устойчивая тенденция к выраженому доминированию затрат времени на бурение шпуров в забое выработки. Степень воздействия производительности оборудования для уборки породы на параметры проходческого цикла по сравнению с приведенными выше факторами следует оценить как менее значимую. Результаты исследований могут быть использованы при управлении темпами проходческих работ для обеспечения своевременной реконструкции шахт.

Харін С.А. Розробка програмного забезпечення і дослідження структури часу прохідницького циклу при підземному будівництві

Виробництва, пов'язані з видобутком залізорудної сировини відносяться до числа найбільш стабільно функціонуючих підприємств країни, джерелом критично важливих валютних надходжень від експорту, що визначає їх значимість. Задачу реконструкції гірничих підприємств в умовах великих глибин розробки необхідно супроводжувати активними зусиллями в напрямку науково-технічного забезпечення виробництва, створення програмних продуктів з метою автоматизації досліджень і оперативного вироблення необхідних рекомендацій. Розроблено алгоритм і комп'ютерну програму мовою Java. Зазначено, що вплив різних факторів на структуру витрат часу прохідницького циклу при фіксованій його тривалості і темпи проходки протяжних горизонтальних виробок проявляється наступним чином: на вказані параметри визначальний вплив робить міцність порід, в яких здійснюється будівництво, навіть при досить різному поєднанні інших факторів, в міцних і вельми міцних породах спостерігається стійка тенденція до вираженого домінування витрат часу на буріння шпурів у вибої виробки. Ступінь впливу продуктивності обладнання для прибирання породи на параметри прохідницького циклу в порівнянні з наведеними вище чинниками слід оцінити як менш значиму. Результати досліджень можуть бути використані при управлінні темпами прохідницьких робіт для забезпечення своєчасної реконструкції шахт.

S.A Kharin Development software structure and time when driving cycle underground construction

Production related to the extraction of iron ore are among the most stable operating companies in the country, the source of critical foreign exchange earnings from exports, which determines their value. Task of reconstruction of mining enterprises in the great depths of development must be accompanied by vigorous efforts in the direction of scientific and technical support of production, creation of software to automate and operational research to make necessary recommendations. An algorithm and a computer program in Java. Indicated that the influence of various factors on the cost structure driving cycle time at a fixed duration and rate of penetration of extended horizontal workings manifested the following: on the specified parameters defining influence fortress rocks, which are under construction output; even at very different combination of other factors, strong and very hard rock steady tendency to pronounced dominance time spent on drilling holes in the mine workings. The impact of performance equipment for cleaning

rocks on the parameters driving cycle compared with the above factors should be assessed as less significant. The research results can be used to control the pace of tunnel works to ensure the timely reconstruction of mines.

УДК [666.712+666.74]:18/19(477)

Аблец В. В., Березовский А. А., Аблец Н. С. Кирпич и черепица дореволюционного Криворожья. I. Общие положения

Статья открывает серию из пяти публикаций о производстве кирпича и черепицы на территории Криворожья в конце XIX века и в начале XX века. Отдельными статьями рассмотрены заводы Верхнеднепровского, Херсонского, Александрийского уездов, а также немецких колоний Криворожья. Приводится общая характеристика уровня дореволюционного производства кирпича и черепицы, которая основана на анализе фактического материала, печатных справочников того времени, архивных источников. Охарактеризованы особенности клеймения кирпича и черепицы, а также особенности идентификации имен производителей и местоположения заводов.

Приведены данные о наиболее часто встречающейся черепице, а также выделены основные центры строительного производства на Криворожье.

Определены факторы, способствовавшие ускоренному развитию черепичного дела в конце XIX века и в начале XX века на Криворожье (прежде всего, – активизация мероприятий по борьбе с пожарами). Проанализированы материалы Екатеринославской и Херсонской Губернских земских управ, Херсонского и Верхнеднепровского уездных земских собраний о развитии страхования от пожаров, кредитовании организации черепичных заводов и покупки черепицы. Большое значение в развитии кирпично-черепичного производства Криворожья имело строительство железных дорог.

Ключевые слова: кирпич, черепица, Кривой Рог, Криворожье, XIX век, XX век.

Аблец В.В., Березовський А.А., Аблец Н.С. Цегла й черепиця дореволюційного Криворіжжя. I. Загальні стани

Стаття відкриває серію з п'яти публікацій про виробництво цегли й черепиці на території Криворіжжя у кінці XIX століття і на початку XX століття. Окремими статтями розглянуті заводи Верхньодніпровського, Херсонського, Александрійського повітів, а також німецьких колоній Криворіжжя. Наводиться загальна характеристика рівня дореволюційного виробництва цегли й черепиці, яка заснована на аналізі фактичного матеріалу, друкарських довідників того часу, архівних джерел. Зхарактеризовано особливості таврування цегли й черепиці, а також особливості ідентифікації імен виробників і місця розташування заводів.

Наведено дані про черепицю, що найчастіше зустрічається, а також виділені основні центри будівельного виробництва на Криворіжжі.

Визначено чинники, що сприяли прискореному розвитку черепичної справи у кінці XIX століття і на початку XX століття на Криворіжжя (передусім, - активізація заходів щодо боротьби з пожежами). Проаналізовано матеріали Екатеринославської і Херсонської Губернських земських управ, Херсонського і Верхньодніпровського земських зборів повітів про розвиток страхування від пожеж, кредитуванні організації черепичних заводів і купівлі черепиці. Велике значення в розвитку цегляно-черепичного виробництва Криворіжжя мало будівництво залізниць.

Ключові слова: цегла, черепиця, Кривий Ріг, Криворіжжя, XIX століття, XX століття.

Ablets V.V., Berezovsky A.A., Ablets N.S. Brick and tile of pre-revolution Krivorozzja. I. General remarks

The article opens series from five publications about the production of brick and tile on territory of Krivorozzja in the end of XIX century and at the beginning of XX century. The separate articles are consider the plants of Verhnedniprovsk, Kherson, Alexandrian districts, and also German colonies of Krivorozzja. General description of the level of pre-revolution production of brick and tile, which is based on the analysis of actual material, printed reference books of that time, archived sources, is brought. The features of stamping of brick and tile, and also features of authentication of the names of producers and site of plants, are described.

Cited data about the most often meeting tile, and also the basic centers of building production are distinguished on Krivorozzja.

Factors, assisting speed-up development of the tiled business in the end of XIX century and at the beginning of XX century on Krivorozzja (foremost, is activation of measures on a fight against fires), are determined. Materials of Jekaterinoslav and Kherson Province zemskih justices Kherson and Verhnjodniprovskogo of district zemskih collections about development of ensuring against fires, crediting of organization of tileries and purchase of tile. A large value in development of the brick-tiled production of Krivorozzja had a building of railways.

Keywords: brick, tile, Krivoy Rog, Krivorozzja, XIX century, XX century.

УДК 528.48

Перович Л.М., Олесків Р.Є. Моделювання напружено-деформованого стану покрівлі підземних сховищ газу

Дана стаття присвячена важливій і актуальній задачі – поєднанню інженерно-геологічних та геодезичних даних для цілей безпечної роботи експлуатаційних свердловин на територіях підземних сховищ газу. Теоретичні дослідження підтверджені практичними розрахунками та побудовою математичної моделі, яка характеризує напружено-деформований стан в цілому.

Перович Л.М., Олесків Р.Е. Моделирование напряженно-деформованого состояния поверхности подземных месторождений газа

Данная статья посвящена важной и актуальной задаче - сочетанию инженерно-геологических и геодезических данных для целей безопасной работы эксплуатационных скважин на территориях подземных хранилищ газа. Теоретические исследования подтверждены практическими расчетами и построением математической модели, которая характеризует напряженно-деформированное состояние в целом.

Perovych Lev, Oles' kiv Roksolana Modeling of the stress-strain state of the roofing of underground gas storage facilities

This article is devoted to the important and urgent task - the combination of engineering geological and geodetic data for the purposes of safe work of production wells on the territories of underground gas storage facilities. Theoretical studies are vali-

dated by practical calculations and the construction of a mathematical model that characterizes the stress-deformation state in general.

УДК 622.233.6

Горбачев Ю.Г., Громадский В.А. Исследование упругодемпфирующих параметров канатов механизма подачи станков шарошечного бурения СБШ-250

Приведены результаты экспериментальных исследований упругодемпфирующих параметров канатов механизма подачи станков шарошечного бурения СБШ-250. Целью проведения исследований является получение достоверных данных о параметрах жесткости и демпфирования канатов подъемно-подающего устройства бурового става. Исследования выполнены на разрывной машине швейцарской фирмы «АЛЬФРЕД АМСЛЕР и К^о.», на двух отрезках каната типа 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, применяемых на буровых станках СБШ-250. Новый не приработанный канат и канат приработанный (втянутый в процессе эксплуатации). Канаты закреплялись на разрывной машине при помощи стандартных для механизма подачи бурового станка СБШ-250 коушей. Исследования выполнены при усилиях растяжения канатов 5–200 кПа. Впервые получены величины коэффициентов жесткости и демпфирования каната. Из полученных результатов видно, что новый не приработанный канат ведет себя не стабильно. 1 пог./м нового каната имеет $c_{1эксп.} = 703,1 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{2эксп.} = 1045,2 \cdot 10^3$, Н/м - различие 48,6%. Приработанный канат при испытаниях показывает стабильные результаты. 1 пог./м приработанного каната имеет $c_{3эксп.} = 1409,7 \cdot 10^3$, Н/м и $c_{4эксп.} = 1423,1 \cdot 10^3$, Н/м - различие меньше 1%, что находится в пределах допустимой погрешности эксперимента. Определено среднее значение параметра демпфирования $\psi_{ср.} = 0,375$.

Горбачов Ю.Г., Громадський В.А. Дослідження пружнодемпфуючих параметрів канатів механізму подачі верстатів шарошкового буріння СБШ-250

Наведено результати експериментальних досліджень пружнодемпфуючих параметрів канатів механізму подачі верстатів шарошкового буріння СБШ-250. Метою проведення досліджень є отримання достовірних даних про параметри жорсткості і демпфування канатів підйомно-подаючого пристрою бурового става. Дослідження виконано на розривній машині швейцарської фірми «АЛЬФРЕД АМСЛЕР і К^о.», на двох відрізках каната типу 28-Г-В-Н-Р-1770, ГОСТ 2688-80, які використовуються на бурових верстатах СБШ-250 – новий не прироблений канат і канат прироблений (втягнутий в процесі експлуатації). Канати закріплювалися на розривній машині за допомогою стандартних для механізму подачі бурового верстата СБШ-250 коушів. Дослідження виконано при зусиллях розтягування канатів 5–200 кПа. Вперше отримано величини коефіцієнтів жорсткості і демпфування каната. З отриманих результатів видно, що новий не прироблений канат поводить себе нестабільно. Один пог./м нового каната має $c_{1експ.} = 703,1 \cdot 10^3$ Н/м і $c_{2експ.} = 1045,2 \cdot 10^3$ Н/м - відмінність 48,6%. Прироблений канат при випробуваннях 3 і 4 показує стабільні результати. Один пог./м приробленого каната має $c_{3експ.} = 1409,7 \cdot 10^3$ Н/м і $c_{4експ.} = 1423,1 \cdot 10^3$ Н/м – відмінність менше 1% знаходиться в межах допустимої погрешності експерименту. Визначено середнє значення параметра демпфування $\psi_{ср.} = 0,375$.

Gorbachov Ju.G., Gromadskiy V.A. Study of elastically damping parameters of ropes of rotary drilling rig RDR-250 feeding mechanism

The experimental results of ropes elastic damping parameters of feeding mechanism of rotary drilling rigs RDR-250 are given. The aim of the research is to obtain reliable data on the characteristics of ropes stiffness and damping of hoisting and feeding of drilling rod. The studies were performed on a tensile testing machine of the Swiss company "ALFRED AMSLER & C^o." on two sections of rope type 28-G-V-N-R-1770, National Standard 2688-80, used on drilling rigs RDR-250. It is new non-run-in rope and run-in rope (introduced into operation). Ropes were fixed on a tensile testing machine using the standard thimbles for feeder of drilling rig RDR-250. Research was carried out at efforts of stretching ropes 5-200 kPa. First the coefficients of stiffness and damping of the rope were obtained. From the obtained results it is evident that the new non-run-in rope behaves unstably. One lin/m of new rope has $c_{1exp.} = 703,1 \cdot 10^3$, N/m and $c_{2exp.} = 1045,2 \cdot 10^3$, N/m - 48.6% of the difference. Run-in rope when testing shows stable results. One lin/m of run-in rope has $c_{3exp.} = 1409,7 \cdot 10^3$, N/m and $c_{4exp.} = 1423,1 \cdot 10^3$, N/m - difference of less than 1 %, which is within the margin of error of the experiment. The average value of the damping parameter $\psi_{aver.} = 0,375$ is determined.

УДК 622.785.03

Рудь Ю. С., Кучер В.Г., Белоножко В.Ю. Оптимизация технологических процессов производства агломерата на конвейерных машинах

Тепловые параметры процесса зажигания шихты, при производстве агломерата на конвейерных машинах, оказывают существенное влияние на весь ход процесса спекания. Использование существующих конструкций горнов не позволяет обеспечить передачу в верхние слои шихты необходимого количества тепла в силу целого ряда причин.

В работе поставлена задача обеспечения технической возможности уменьшения дефицита тепла в верхних слоях шихты, загруженной на колосниковую решетку агломерационной машины, путем увеличения возможности подачи тепла без дополнительного нагрева всей массы шихты.

Авторами данной статьи предложено оригинальное решения проблемы повышения интенсивности зажигания шихты за счет увеличения площади поверхности зажигаемой шихты, находящейся под горном. Это решение состоит в том, что поверхности шихты придают волнообразную форму. Придание поверхности шихты волнообразной формы позволяет увеличить количество тепла, подаваемого на единицу поверхности, и уменьшить влияние зоны переувлажнения шихты в процессе спекания за счет опережения зоны горения в местах впадин по отношению к соседнему участку шихты, расположенному по высоте под гребнем волнообразной поверхности.

Для реализации предложенного способа спекания агломерационной шихты в производственных условиях авторами разработаны устройства для загрузки шихты на агломерационную машину. Применение этих устройств обеспечивает профильную внешнюю поверхность с выступами и впадинами, что приводит к росту производительности агломерационных машин без увеличения вакуума и снижения качества агломерата.

Ключевые слова: агломерационная конвейерная машина, шихта, поверхность шихты, волнообразная форма поверхности, зажигание шихты, интенсивность зажигания, производительность.

Рудь Ю. С., Кучер В.Г., Білоножко В.Ю. Оптимізація технологічних процесів виробництва агломерату на конвеєрних машинах

Теплові параметри процесу запалювання шихти при виробництві агломерату на конвеєрних машинах справляють істотний вплив на весь хід процесу спікання. Використання наявних конструкцій горнів не дозволяє забезпечити передачу у верхні шари шихти необхідної кількості тепла в силу цілого ряду причин.

У роботі поставлено завдання забезпечення технічної можливості зменшення дефіциту тепла в верхніх шарах шихти, завантаженої на колосникові грати агломераційної машини, шляхом збільшення можливості подачі тепла без додаткового нагрівання всієї маси шихти.

Авторами даної статті запропоновано оригінальне рішення проблеми підвищення інтенсивності запалювання шихти за рахунок збільшення площі поверхні запалюваної шихти, що знаходиться під горном. Це рішення полягає в тому, що поверхні шихти додають хвилеподібну форму. Додання поверхні шихти хвилеподібної форми дозволяє збільшити кількість тепла, що подається на одиницю поверхні, і зменшити вплив зони перезволоження шихти в процесі спікання за рахунок випередження зони горіння в місцях западин по відношенню до сусідньої ділянки шихти, розташованої по висоті під гребенем хвилеподібною поверхні.

Для реалізації запропонованого способу спікання агломераційної шихти у виробничих умовах авторами розроблені пристрої для завантаження шихти на агломераційну машину. Застосування цих пристроїв забезпечує профільну зовнішню поверхню з виступами і западинами, що призводить до зростання продуктивності агломераційних машин без збільшення вакууму і зниження якості агломерату.

Ключові слова: агломераційна конвеєрна машина, шихта, поверхня шихти, хвилеподібна форма поверхні, запалювання шихти, інтенсивність запалення, продуктивність.

Rud Yu. S., Kucher V.G., Belonozhko V. Yu. Optimization of technological processes of manufacture of agglomerate on conveying machines

The thermal parameters of the process of ignition of charge, while agglomerate production by conveying machines that have a significant impact on the entire course of the sintering process. The use of already existing structures not furnaces allows the transmission to the upper layers of charge the necessary amount of heat due to a number of reasons.

In this paper, the task of ensuring the technical possibility of reducing the heat deficit in the upper layers of the charge loaded in the grate sintering machine by increasing the opportunities for supplying heat without additional heating of the entire mass of the charge.

The authors of this article proposed a novel solution to the problems of increasing intensity ignition of charge by increasing the surface area light of charge under the mountain. This decision is that the surface of the charge attached to the wave shape. Making the surface charge wave form allows you to increase the amount of heat supplied to the unit surface area and to reduce the impact zone wetlands of charge in the sintering process due to the timing of the combustion zone in places depressions on the relation to the adjacent plot of charge, located at an altitude below the ridge surface undulations.

For realization of the offered method of agglomeration sintering mix in production conditions the authors have developed a device to download the charge of the sintering machine. The use of these devices provides specialized external surface with bumps and hollows, which leads to increase of productivity of sintering machines without increasing vacuum and loss of quality of agglomerate.

Keywords: sinter conveying machine, batch, surface charge, a wavy shape of the surface, the ignition of the mixture, the intensity of ignition performance.

УДК 622.271.33:622.647.2

Степанкіна І.Б. Аналіз функціонування конвеєрних систем Криворізького залізорудного басейну

У сучасних умовах на підприємствах гірничодобувної промисловості технологічні та транспортні лінії взаємопов'язані та утворюють одну промислову систему. Відмова транспортної конвеєрної системи часто призводить до зупинки виробництва в цілому та до зниження обсягів випуску продукції. Надійність роботи конвеєрів є однією з вирішальних властивостей гірничодобувного комплексу, яка визначає ефективність транспортування гірничої маси.

В статті проведено аналіз функціонування конвеєрних систем, що використовуються на кар'єрах та збагачувальних фабриках гірничо-збагачувальних комбінатів Криворізького залізорудного басейну. Відмічено, що найпоширенішими причинами простоїв конвеєрних ліній є несправності механічного та електричного устаткування конвеєрів, проведення перевірок та регулювання, несправності контролюючої апаратури, нерегулярне підвезення або відсутність руди, пошкодження стрічок конвеєрів. Окреслено напрямки підвищення надійності конвеєрних ліній з метою збільшення ефективності гірничотранспортної системи кар'єрів. На основі проведених досліджень та обробки статистичного матеріалу планується розробити методику нормування показників надійності конвеєрних систем із можливістю побудування моделі раціональної системи технічного обслуговування і ремонту складових елементів транспортної системи залізорудних кар'єрів.

Ключові слова: гірничо-збагачувальний комбінат, глибокий кар'єр, конвеєр, конвеєрна система, надійність.

Степанкіна І.Б. Анализ функционирования конвейерных систем Криворожского железорудного бассейна

В современных условиях на предприятиях горнорудной промышленности технологические и транспортные линии тесно связаны и образуют одну промышленную систему. Отказ транспортной конвейерной системы часто приводит к остановке производства в целом и к снижению объемов выпуска продукции. Надежность работы конвейеров – одно из решающих свойств горнодобывающего комплекса, которое определяет эффективность транспортирования горной массы. В статье проведен анализ функционирования конвейерных систем, используемых на карьерах и обогащенных фабриках горно-обогатительных комбинатов Криворожского железорудного бассейна. Отмечено, что самыми распространенными причинами простоев конвейерных линий являются неисправности механического и электрического оборудования конвейеров, проведение проверок и регулирования, неисправности контролирующей

аппаратуры, нерегулярный подвоз или отсутствие руды, повреждения лент конвейеров. Очерчены направления повышения надежности конвейерных линий с целью увеличения эффективности горнотранспортной системы карьеров. На основе проведенных исследований и обработки статистического материала планируется разработка методики нормирования показателей надежности конвейерных систем с возможностью построения модели рациональной системы технического обслуживания и ремонта составляющих транспортной системы железорудных карьеров.

Ключевые слова: горно-обогатительный комбинат, глубокий карьер, конвейер, конвейерная система, надежность.

Stepankina I.B. Analysis of the functioning of conveyor systems Krivoy Rog iron ore basin

In the present conditions in the mining industry and technology transfer lines are closely related and form a single production system. Failure transport conveyor system often leads to a shutdown in production at large and to lower production volumes. Reliability of the pipelines - one of the key properties of the mining sector, which determines the efficiency of transportation of rocks. The article analyzes the operation of conveyor systems used in quarries and processing factories, mining and processing of the Krivoy Rog iron ore basin. Noted that the most common causes of downtime conveyor lines are the fault of mechanical and electrical equipment conveyors, audits and regulatory control equipment malfunction, irregular or absence of ore Busing, damaged conveyor belts. Directions are outlined to improve reliability of conveyor lines in order to increase the efficiency of mining and transportation of quarries. Based on these studies and statistical processing of the material is planned to develop a valuation methodology of reliability indices of conveyor systems with the possibility of constructing a model of a rational system of maintenance and repair of the components of the transport system of iron ore quarries.

Key words: mining and processing plant, deep pit, conveyor, conveyor system, reliability.

УДК 624.042.65

Валовой, О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О. Закономірності поведінки сталей при складному деформуванні і навантаженні

Наведено результати та аналіз експериментальних досліджень по пружно-пластичному деформуванню сталі при складних навантаженнях. Інтенсивності навантажень на конструкції збільшуються, і як наслідок, - поява пружно-пластичних деформацій. Їх врахування у роботі та визначення граничного стану конструкцій є важливим етапом безпечного їх функціонування та довговічності при правильному виборі коефіцієнтів запасу. Більшість реальних елементів конструкцій в процесі експлуатації зазнають дії комплексу термомеханічного навантаження, яке істотно впливає на їх несучу здатність. Тривалі дослідження конструкційних матеріалів, які працюють в умовах складного напружено-деформованого стану, показують, що анізотропія пластичного стану елемента матеріалу залежить як від напружено-деформованого стану та історії деформування, так і від напрямку дії напруження. Дослідження закономірностей пружно-пластичного деформування матеріалів при складному напруженому стані, виявлення впливу та оцінка цих закономірностей в залежності від параметрів складного навантаження при ізотермічних процесах деформування є актуальною задачею механіки деформованого твердого тіла. Наведено результати та аналіз експериментальних досліджень по пружно-пластичному деформуванню сталі при складних навантаженнях. Зроблено висновки по наведеним відомостям.

Валовой А.И., Еременко О.Ю., Валовой М.А. Закономерности поведения сталей при сложном деформировании и нагрузке

Приведены результаты и анализ экспериментальных исследований по упруго-пластичному деформированию стали при сложных нагрузках. Интенсивности нагрузок на конструкции увеличиваются, и как следствие, появление упруго-пластичных деформаций. Их учет в работе и определение предельного состояния конструкций является важным этапом безопасного их функционирования и долговечности при правильном выборе коэффициентов запаса. Большинство реальных элементов конструкций в процессе эксплуатации испытывают действие комплекса термомеханической нагрузки, которая существенно влияет на их несущую способность. Длительные исследования конструкционных материалов, которые работают в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, показывают, что анизотропия пластичного состояния элемента материала зависит как от напряженно-деформированного состояния и истории деформирования, так и от направления действия напряжения. Исследование закономерностей упруго-пластичного деформирования материалов при сложном напряженном состоянии, выявление влияния и оценка этих закономерностей в зависимости от параметров сложной нагрузки при изотермических процессах деформирования является актуальной задачей механики деформированного твердого тела. Приведены результаты и анализ экспериментальных исследований по упруго-пластичному деформированию стали при сложных нагрузках. Сделаны выводы по приведенным сведениям.

Valovoy A.I., Eremenko O.Ju., Valovoy M. A. Conformities to law of conduct of сталей at difficult deformation and loading

Results over and analysis of experimental researches are brought on resiliently-plastic deformation became at the difficult loading. Intensities of loading increase on a construction, and as a result, is appearance of resiliently-plastic deformations. Their account in-process and determination of the maximum state of constructions is the important stage of their safe functioning and longevity at the correct choice of coefficients of supply. The most real elements of constructions in the process of exploitation are tested action of complex of the термомеханической loading which substantially influences on their bearing strength. Protracted researches of construction materials, which work in the conditions of the difficult tensely-deformed state, show that the anisotropy of the plastic state of element of material depends both on the tensely-deformed state and history of deformation and from direction of action of tension. Research of conformities to law of resiliently-plastic deformation of materials at the difficult tense state, exposure of influence and estimation of these conformities to law depending on the parameters of the difficult loading at the isothermal processes of deformation is the actual task of mechanics of the deformed solid. Results over and analysis of experimental researches are brought on resiliently-plastic deformation became at the difficult loading. Drawn conclusion on the brought information over.

УДК 62-503.5

Козакевич І.А. Анализ путей улучшения точности идентификации потокосцеплений двигателей в системах бездатчикового векторного управления

Рассмотрены основные способы идентификации статорных потокосцеплений асинхронного двигателя для реализации бездатчикового управления. Выявлены основные причины снижения точности косвенного оценивания при работе привода на низких угловых скоростях. Проанализированы пути улучшения точности за счет использования программируемых фильтров низких частот, адаптивных систем с задающими моделями, а также за счет каскадного соединения нескольких фильтров. Основные выводы подтверждены математическим моделированием в среде Matlab/Simulink

Козакевич І.А. Аналіз шляхів покращення точності ідентифікації потокосцеплень двигунів у системах бездатчикового векторного керування

Розглянуто основні способи ідентифікації статорних потокосцеплень асинхронного двигуна для реалізації бездатчикового керування. Виявлено основні причини зниження точності непрямого оцінювання при роботі привода на низьких кутових швидкостях. Проаналізовано шляхи покращення точності за рахунок використання програмованих фільтрів низьких частот, адаптивних систем з задаючими моделями, а також за рахунок каскадного з'єднання декількох фільтрів. Основні висновки підтверджено математичним моделюванням у середовищі Matlab/Simulink.

Kozakevich I.A. Analysis of ways to improve the accuracy of identification flux linkage of induction motors in sensorless vector control systems

The basic ways of identifying stator flux linkage of the induction motor for sensorless vector control implementation. The basic reasons for the decline of indirect estimation accuracy when it is working at low speed. The ways to improve the accuracy by using programmable low-pass filter, model reference adaptive system, as well as by the cascade connection of several filters. Key results confirmed by mathematical simulation in Matlab/Simulink.

УДК 621.313.2

Власенко В.А., Ильченко О.В. Влияние взаимной индукции фаз вентильно-индукторного двигателя на его характеристики. Здійснено якісний та кількісний аналіз впливу явища взаємної індукції фаз вентильно-індукторного двигуна на його електромеханічні характеристики на основі математичного моделювання із застосуванням програмного пакету Matlab. Розроблено рекомендації щодо ефективної схеми ввімкнення фаз обмотки вентильного індукторного двигуна.

Ключові слова: взаєміндукція, вентильно-індукторний двигун, схема ввімкнення

Власенко В.А., Ильченко А.В. Влияние взаимной индукции фаз вентильно-индукторного двигателя на его характеристики

Осуществлен качественный и количественный анализ влияния явления взаимной индукции фаз вентильно-индукторного двигателя на его электромеханические характеристики на основе математического моделирования с применением программного пакета Matlab. Разработаны рекомендации по эффективной схеме включения фаз обмотки вентильного индукторного двигателя.

Ключевые слова: взаимная индукция, вентильно-индукторный двигатель, схема включения

Vlasenko V.A., Ilchenko A.V. Influence of the phase mutual inductance of switched-reluctance motor at its characteristics. Carried out a qualitative and quantitative analysis of the influence of the phase mutual inductance effect of switched-reluctance motor at its electromechanical characteristics, based on mathematical modeling using the software package Matlab. The recommendations for the effective connection circuit winding phases of switched-reluctance motor are developed.

Keywords: mutual inductance, switched-reluctance motor, connection circuit

УДК 658.011.56

Кондратец В.О., Сербул О.М. Стохастична система керування співвідношенням тверде/рідке при подрібненні руди з циркулюючими пісками

Розглянуто умови забезпечення необхідної точності ідентифікації співвідношення тверде/рідке у стохастичній системі автоматичного керування цим параметром.

Кондратец В.А., Сербул А.Н. Стохастическая система управления соотношением твердое/жидкое при измельчении руды с циркулирующими песками

Рассмотрены условия обеспечения необходимой точности идентификации соотношения твердое/жидкое в стохастической системе автоматического управления этим параметром.

Kondratets V., Serbul A. The stochastic system of control values solid/liquid during grinding of ore with circulating sand. The conditions required to ensure the accuracy of the identification ratio solid/liquid in a stochastic system of automatic control this parameter.

УДК 621.316

Філіпп Ю.Б., Максимов М.М., Коваль О.В. Режимы энергопотребления субабонентов на подстанциях ПАТ «Кривбасалізрудком»

Розглянуто режими енергоспоживання активної та реактивної електроенергії на підстанціях ПАТ «Кривбасалізрудком», які отримані за допомогою автоматизованої системи комерційного енергообліку, проаналізовані режими роботи насосних станцій субабонента ВАТ «Кривбасводоканал». Рекомендовано використовувати пристрої плавного пуску та перетворювачі частоти для насосних установок.

Филипп Ю.Б., Максимов М.Н., Коваль О.В. Режимы энергопотребления субабонентов на подстанциях ПАТ «Кривбасалізрудком»

Рассмотрены режимы энергопотребления активной и реактивной электроэнергии на подстанциях ПАТ

"Кривбасзалізрудком", которые получены с помощью автоматизированной системы коммерческого энергоучета, проанализированы режимы работы насосных станций субабонента ОАО "Кривбасводоканал". Рекомендуются использовать устройства плавного пуска и преобразователи частоты для насосных установок.

Filipp Yu.B., Maximov M.N., Koval O.V. Power modes subscribers at substations PAT "Krivbaszalizrudkom"
Consideration of power modes, active and reactive power at substations PAT "Krivbaszalizrudkom", which are derived by the automated system of commercial energy accounting, analyzed modes of pumping stations subscriber "Krivbasvodokanal". It is recommended to use soft starters and frequency converters for pump installations.

УДК 621.926:34.16

Моркун В.С., Пикильняк А.В., Подгородецкий Н.С., Касаткина И.В. Определение параметров ультразвуковой фазированной решетки для формирования управления распределением газовых пузырьков по размерам в процессе флотации железной руды

Приведено описание метода, позволяющего эффективно управлять составом газовой фазы пульпы в процессе флотации с использованием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука.

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

Моркун В.С., Пикильняк А.В., Подгородецкий Н.С., Касаткина И.В. Определение параметров ультразвуковой фазированной решетки для формирования управления распределением газовых пузырьков по размерам в процессе флотации железной руды

Приведено описание метода, позволяющего эффективно управлять составом газовой фазы пульпы в процессе флотации с использованием динамических эффектов высокоэнергетического ультразвука.

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

УДК 331.45.001.85

Швагер Н.Ю., Домнічев М.В., Комісаренко Т.А., Нестеренко О.В. Акмеологічні аспекти підготовки фахівців у сфері виробничої безпеки

Освіта, знання, акмеологія, методи навчання, промислова безпека, охорона праці, активне навчання.

В сучасний час у зв'язку з широким розвитком засобів масової інформації обсяг знань, засвоєних студентами, досить великий. Для того, щоб отримані знання не носили поверхневий характер необхідно почуття новизни, відкриття. Це висуває особливі вимоги до змісту та організації їх пізнавальної діяльності. Тому для успішного формування професійних знань, умінь і навичок необхідно спиратися на наявні знання студентів, активізуючи, таким чином, їх пізнавальну діяльність. Особливо важливе значення набуває виконання цієї умови при формуванні знань в галузі промислової безпеки.

Акмеологічний підхід дозволяє вирішити цю проблему не тільки ефективно, а й досить оперативно. Акмеологія істотно змінює акценти у сфері професійної підготовки фахівців, створення й управління навчально-виховним процесом у вищому навчальному закладі. При акмеологічному підході домінує проблематика розвитку творчих здібностей, особистісних якостей, що сприяють реалізації індивідуальних якостей кожного студента. Засвоєння знань, формування умінь і навичок, розвиток творчого мислення на основі реалізації пізнавального інтересу у студентів, як способу досягнення мети, особливо успішно реалізується при моделюванні працезахоронної діяльності в навчальному процесі.

Прогресивна система навчання з використанням акмеотехнологій має бути реалізована в Україні, що дозволить забезпечити інноваційний підхід до підготовки студентів. Реалізація цієї концепції в навчанні з ОП сприятиме підвищенню якості та ефективності підготовки працівників, а також мінімізації витрат часу на процес навчання, перенавчання та підвищення кваліфікації робітничих кадрів, що сьогодні є актуальним в умовах економічної кризи. Зазначена технологія не виключає існуючу традиційну систему, а є складовою дистанційної, відкритої, очно-заочної та інших різновидів навчання.

Швагер Н.Ю., Комиссаренко Т.А., Нестеренко О.В. Акмеологические аспекты подготовки специалистов в сфере производственной безопасности

Образование, знания, методы обучения, промышленная безопасность, охрана труда, активное обучение.

В нынешнее время в связи с широким развитием средств массовой информации объем знаний, усвоенных студентами, достаточно велик. Для того, чтобы полученные знания не носили поверхностный характер необходимо чувство новизны, открытия. Это предъявляет особые требования к содержанию и организации их познавательной деятельности. Поэтому для успешного формирования профессиональных знаний, умений и навыков необходимо опираться на имеющиеся знания студентов, активизируя, таким образом, их познавательную деятельность. Особенно важное значение приобретает выполнение этого условия при формировании знаний в области промышленной безопасности.

Акмеологический подход позволяет решить эту проблему не только эффективно, но и достаточно оперативно. Акмеология существенно меняет акценты в сфере профессиональной подготовки специалистов, создание и управление учебно - воспитательным процессом в высшем учебном заведении. При акмеологическом подходе доминирует проблематика развития творческих способностей, личностных качеств, способствующих реализации индивидуальных качеств каждого студента. Усвоения знаний, формирования умений и навыков, развитие творческого мышления на основе реализации познавательного интереса у студентов, как способа достижения цели, особенно успешно реализуется при моделировании трудоохранной деятельности в учебном процессе.

Прогрессивная система обучения с использованием акмеотехнологий должна быть реализована в Украине, что позволит обеспечить инновационный подход к подготовке студентов. Реализация этой концепции в обучении по ОТ будет способствовать повышению качества и эффективности подготовки работников, а также минимизации затрат времени на процесс обучения, переобучения и повышения квалификации рабочих кадров, что сегодня актуально в

условиях экономического кризиса. Указанная технология не исключает существующую традиционную систему, а является составной дистанционной, открытой, очно - заочной и других разновидностей обучения.

Schwager N.Yu., Komisarenko T.A., Nesterenko O.V. Acmeological aspects of training in industrial safety Education, knowledge, acmeology, teaching methods, industrial safety, labor protection, active learning.

The volume of knowledge learned by students is extensive in modern times due to the extensive development of the media. Sense of novelty and discovery are necessary to make this knowledge non-superficial, so therefore they make special demands on the content and organization of cognitive activity. Basing on students' existing knowledge is necessary for the successful formation of professional knowledge and skills. It is especially important during the formation of knowledge in the field of industrial safety.

Acmeological approach allows us to solve this problem effective and also very quickly. Acmeology substantially changes the emphasis in the field of vocational training, creation and management of the educational process in higher education. Acmeological approach dominates perspective of creative abilities and personal qualities that contribute to the implementation of individual qualities of each student. The acquisition of knowledge, development of skills, the development of creative thinking through the implementation of cognitive interest of the students as a way of achieving the goal, particularly successfully implemented in simulation of labor protection activities while studying.

A progressive learning system using acmeology technologies must be implemented in Ukraine, it will provide an innovative approach in training students. Implementation of this concept in the training of labor protection will improve the quality and effectiveness of training workers and minimize time spent on learning, retraining and professional workforce that is relevant today in the economic crisis. Such technology does not exclude existing traditional system, and is a component of distant, open, part-time and other types of training

УДК 622.648

Білецький В.С., Потапенко С.Ю. Технічні рішення по збереженню технологічних властивостей коксівного вугілля при його дальньому гідротранспорті

Сформульовано і обґрунтовано проблему збереження коксівних властивостей вугілля під час його дальнього гідравлічного транспортування. Показано перспективність застосування з цією метою процесу масляної агломерації вугілля. Розроблені технологічні схеми і режимні параметри переробки вугілля на головному та приймальному терміналі дальнього гідравлічного транспорту. Запропонована технологія дозволяє зберігати коксівні властивості вугілля на трасі 500 км його гідравлічного транспортування, суттєво покращити показники зневоднення вугільної гідросуміші, зменшити втрати тонкого вугілля при зневодненні.

Ключові слова: коксівне вугілля, гідравлічний транспорт, масляна агломерація.

Белецкий В.С., Потапенко С.Ю. Технические решения по сохранению технологических свойств коксующегося угля при его дальнем гидротранспорте

Сформулирована и обоснована проблема сохранения коксующихся свойств угля при его дальнем гидравлическом транспортировании. Показана перспективность применения с этой целью процесса масляной агломерации угля. Разработаны технологические схемы и режимные параметры переработки угля на главном и приемном терминале дальнего гидравлического транспорта. Предложенная технология позволяет сохранить коксующиеся свойства угля на трассе 500 км его гидравлической транспортировки, существенно улучшить показатели обезвоживания угольной гидросмеси, уменьшить потери тонкого угля при обезвоживании.

Ключевые слова: коксующийся уголь, гидравлический транспорт, масляная агломерация.

Biletskyi V., Potapenko S. Technology long hydraulic transportation of coking coal

Abstract. Formulated and proved a problem saving coking properties of coal during its long-range hydraulic transport. The prospects of the application process for this purpose oil agglomeration of coal. The technological scheme and regime parameters coal processing at the main terminal and the receiving distant hydraulic transport. The proposed technology allows you to save properties coking coal on the highway 500 km of its hydraulic transmission, significantly improve the performance of coal slurry dewatering, reduce the loss of fine coal by dehydration.

Keywords: coking coal, hydraulic transport, oil agglomeration.

УДК 669.15-198

Цыбуля Е.И. Исследование процессов восстановления оксидов кремния и железа на формирование рабочего торца непрерывного самообжигающегося электрода мощных рудовосстановительных электропечей

Рассмотрено влияние процессов восстановления оксидов зола антрацита при формировании непрерывных самообжигающихся электродов на мощных рудовосстановительных электропечах. Выполнены исследования изменения характеристик антрацита в зависимости от температуры его термообработки в интервале температур 0-2500°C. Проведено термодинамическое моделирование восстановления оксидов железа и кремния зола антрацита углеродом при формировании непрерывных самообжигающихся электродов.

Ключевые слова: антрацит, термоантрацит, зола, непрерывный самообжигающийся электрод, электродная масса, рудовосстановительная электропечь, термодинамическое моделирование

Цибуля Е.І. Дослідження процесів відновлення оксидів кремнію і заліза на формування робочого торця безперервного самообпалювального електроду потужних рудовідновлювальних електропечей

Розглянуто вплив процесів відновлення оксидів золи антрациту при формуванні безперервних самообпалювальних електродів на потужних рудовідновлювальних електропечах. Виконані дослідження зміни характеристик антрациту залежно від температури його термообробки в інтервалі температур 0-2500°C. Проведене термодинамічне моделювання відновлення оксидів заліза і кремнію золи антрациту вуглецем при формуванні безперервних самообпалювальних електродів.

Ключові слова: антрацит, термоантрацит, зола, безперервний самообпалювальний електрод, електродна маса, рудовідновлювальна електропіч, термодинамічне моделювання

Tsybulya E.I. Research of reconstruction processes the silicon and iron oxides on forming working end of continuous self-baked electrode for powerful ore-restoration electric furnaces

Resulted how processes renewal oxides of ash anthracite is considered at forming continuous self-baked electrode on powerful ore-restoration electric furnaces. Researches change descriptions of anthracite are executed depending on the temperature his heat treatment in the interval of temperatures 0-2500 °C. Performed thermodynamics design of renewal iron and silicon oxides of ash anthracite by carbon at forming continuous self-baked electrodes.

Keywords: anthracite, termoanthracite, ash, continuous self-baked electrode, electrode mass, ore-restoration electric furnaces, thermodynamics design

УДК 669.162.24:621.928.2

Верховская А.А., Головки В.И., Рыбальченко М.А., Папанов Г.А. Принципы управления кислородно-конвертерной плавкой с применением данных об отражательной способности шлака

В результате экспериментальных исследований установлена взаимосвязь радиолокационных данных с физико-химическими характеристиками шлака. Показана перспектива применения радиолокационных уровнемеров для контроля уровня расплава и для управления конвертерной плавкой в динамическом режиме на основе этой информации.

Верховская А.О., Головки В.И., Рыбальченко М.О., Папанов Г.А. Принципы управління киснево-конвертерною плавкою за допомогою даних про відбивну здатність шлаку

В результаті експериментальних досліджень встановлений взаємозв'язок радіолокаційних даних з фізико-хімічними характеристиками шлаку. Показана перспектива застосування радіолокаційних рівнемірів для контролю рівня розплаву і для управління конвертерною плавкою в динамічному режимі на основі цієї інформації.

Verhovskaya A.A., Golovko V.I., Rybalchenko M.A., Papanov G.A. Principles of management oxygen-converter melting with application data about slag reflectivity

As a result of experimental researches intercommunication of radio-location data is set with physical and chemical descriptions of slag. The prospect of application radio-location devices is shown for control of level fusion and for a management converter melting in the dynamic mode on the basis of this information.

УДК 622.648

Свитлый Ю.Г., Белецкий В.С. Самотечный гидротранспорт при добыче и обогащении полезных ископаемых

Статья касается вопроса применения самотечного гидравлического транспорта при добыче и обогащении полезных ископаемых. Представлена характеристика современных технологических решений самотечного гидравлического транспорта и методика его расчета.

Ключевые слова: самотечный гидравлический транспорт, технологические характеристики, методика расчета.

Світлий Ю.Г., Білецький В.С. Самопливний гідротранспорт при видобуванні і збагаченні корисних копалин

Стаття стосується питання застосування самопливного гідравлічного транспорту при видобуванні і збагаченні корисних копалин. Подана характеристика сучасних технологічних рішень самопливного гідравлічного транспорту та методика його розрахунку.

Ключові слова: самопливний гідравлічний транспорт, технологічні характеристики, методика розрахунку.

Svitly Y. Ph., Biletsky V. Gravity flow hydrotransport for mining end mineral processing

This article deals with the question of application of gravity flow hydraulic transport in mining and mineral dressing. The characteristic of modern technological solutions gravity flow hydraulic transport and method of its calculation.

Keywords: gravity flow hydraulic transport, technological characteristics, methods of calculation.

УДК 621.926.2.3: 622.73

Учитель А.Д., Дац Н.А. Методика выбора типа дробилки, обеспечивающей снижение крупности частиц железной руды, подаваемой на измельчение

Приведена методика выбора типа дробилки, обеспечивающей минимизацию размеров частиц продуктов дробления железной руды перед подачей ее на измельчение из ряда применяемых и перспективных для применения типов дробилок.

Учитель О.Д., Дац Н.О. Методика вибору типу дробарки, що забезпечує зниження великої часток залізняку, що подається на подрібнення

Наведено методику вибору типу дробарки, що забезпечує мінімізацію розмірів часток продуктів дроблення залізняку перед подачею її на подрібнення з ряду вживаних і перспективних для застосування типів дробарок.

Uchytel O.D., Daz N.O. Methods of typeselection of crusher, providing the decline of largeness of particles of iron-stone, given on growing shallow

Methods over are brought of typeselection of crusher, providing minimization of sizes of particles of foods of the ferrous ore crushing before the serve of her on growing shallow from the row of the crushers applied and perspective for application of types.

УДК 622.684

Гирин В.С., Жуков С.А., Гирин И.В. О целесообразности использования современных альтернативных видов автомобильных топлив в Украине

Мнение специалистов в вопросе целесообразности и перспективах использования современных альтернативных автомобильных видов топлива в Украине расходятся, возникла необходимость провести обзор и анализ опубликованных работ в данном направлении.

Проведен анализ опыта Европы, где биотоплива применяются уже много лет, а также сообщений Национального института стандартов и технологий США. Киевский институт потребительских экспертиз установил, что при использовании смесей бензина с этилом мощность двигателя может повышаться, но с одновременным расходом топ-

лива. Специалисты компании «техсервис» утверждают, что изменений при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания не установлено, а негативные последствия связаны с некачественным продуктом.

В УкрНИИ «Автотранспроект» провели исследования о воздействии этанола на различные материалы и установили, что при содержании 7 % этанола в биотопливе не оказывает негативного влияния на процессы сгорания, то при содержании более 10 % картина противоположная и требуется адаптация к нему топливных систем. Эксперты ассоциации «Объединенные операторы рынка нефтепродуктов Украины» главной проблемой использования биотоплива в его низком качестве.

Специалисты правления Биоэнергетической ассоциации Украины относятся критически к производству биоэтанола и биодизеля в нашей стране из-за того, что значительная часть нашего автотранспорта не приспособлена по техническим характеристикам к использованию смесевых моторных топлив, при этом не выполняются нормы Энергетического сообщества по выбору парниковых газов, а также более высокой стоимости единицы энергии. Отмечено, что опыт применения современных альтернативных топлив недостаточно изучен и требует дальнейших исследований.

Гірін В.С., Жуков С.О., Гірін І.В. Про доцільність використання альтернативних видів автомобільних палив в Україні

Думка фахівців у питанні доцільності і перспективах використання сучасних альтернативних автомобільних видів палива в Україні розходяться, виникла необхідність провести огляд і аналіз опублікованих робіт в цьому напрямку.

Проведено аналіз досвіду Європи, де біопалива застосовуються вже багато років, а також повідомлень Національного інституту стандартів і технологій США. Київський інститут споживачьких експертиз встановив, що при використанні сумішної бензину з етилом потужність двигуна може підвищуватися, але з одночасною витратою палива. Фахівці компанії "Техсервис" стверджують, що зміни при експлуатації двигунів внутрішнього згорання не встановлено, а негативні наслідки пов'язані з неякісним продуктом.

В УкрНДІ "Автотранспроект" провели дослідження про дію етанолу на різні матеріали і встановили, що при вмісті 7 % етанолу в біопаливі не робить негативного впливу на процеси згорання, то при вмісті більше 10 % картина протилежна і вимагається адаптація до нього паливних систем. Експерти асоціації "Об'єднані оператори ринку нафтопродуктів України" вважають головною проблемою використання біопалива в його низькій якості.

Фахівці правління Біоенергетичної асоціації України відносяться критично до виробництва біоетанола і біодизеля в нашій країні через те, що значна частина нашого автотранспорту не пристосована за технічними характеристиками до використання сумішевих моторних палив, при цьому не виконуються норми Енергетичного співтовариства по вибору парникових газів, а також вищій вартості одиниці енергії. Відмічено, що досвід застосування сучасних альтернативних палив недостатньо вивчений і вимагає подальших досліджень.

Girin V.S., Zukov S.A., Girin I.V. About expediency of the use of alternatyva types of motor-car fuels in Ukraine

Opinion of of specialists in the question of expediency and prospects of the use of modern alternative motor - car types of fuel in Ukraine go away, there was a necessity to conduct a review and analysis of the published works in this direction.

The analysis of experience of Europe is conducted, where biopropellants are used already many years, and also reports of National of institute of standards and technologies of the USA. The Kyiv institute of потребуютельських examinations set that at the use of mixtures of petrol with an ethyl engine power can rise, but with the simultaneous expense of fuel. The specialists of company of "техсервис" assert that changes it is not set during exploitation of combustion engines, and negative consequences are related to the off - grade product.

In Ukrainian scientifically research institute of "Автотранспроект" conducted researches about affecting of ethanol different materials set that at maintenance 7 % an ethanol in a biopropellant does not render negative influence on the processes of combustion, then at maintenance more than 10 % a picture is opposite and adaptation is required to him fuel systems. Experts of association the "Incorporated operators of market of нефтепродуктов of of of Ukraine" by the main problem of the use of biopropellant in his subzero quality.

The specialists of rule of Biopower association of Ukraine behave critically to the production of bioethanol and biodiesel in our country because considerable part of our motor transport is not adjusted on technical descriptions to the use of blenderized motor fuels, here the norms of the Power association are not executed on the choice of greenhouse gases, and also higher cost of unit of energy. It is marked that experience of application of modern alternative fuels is studied not enough and requires further researches.

УДК 004.67

Кузнєцов Д.І., Купін А.І. Інформаційна технологія групової спектр-струмової діагностики асинхронних електродвигунів

Запропоновано вирішення наукової актуальної задачі моніторингу поточного стану асинхронних електродвигунів, шляхом розробки інформаційної технології на основі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з використанням математичного апарату нейронних мереж. Розглянуто особливості створення СППР моніторингу поточного стану асинхронних двигунів та діагностування їх можливих несправностей.

Кузнєцов Д.И., Купин А.И. Информационная технология групповой спектр-токовой диагностики асинхронных электродвигателей

Предложено решение научной актуальной задачи мониторинга текущего состояния асинхронных электродвигателей, путем разработки информационной технологии на основе интеллектуальной системы поддержки принятия решений с использованием математического аппарата нейронных сетей. Рассмотрены особенности создания СППР мониторинга текущего состояния асинхронных двигателей и диагностирования их возможных неисправностей.

Kuznetsov D.I., Kupin A.I. Information technology of group spectrum-current diagnostics of asynchronous electric motors
Solution of scientific actual task of monitoring of current status of asynchronous electric motors is offered, by development of information technology on the basis of the intellectual system of support of making decision with the use of mathematical vehicle of neuron networks. The features of creation of СППР of monitoring of current status of asynchronous engines and diagnosticating of their possible disrepairs are considered.

УДК 622.684

Веснін А.В., Сістук В.О., Богачевський А.О. Порівняльний аналіз залізорудного і вугільного пилу у контексті їх впливу на наробіток компонентів електромеханічної трансмісії кар'єрних самоскидів

На основі аналізу простоїв кар'єрних самоскидів БелАЗ-75131, що зайняті при перевезеннях гірничої маси на залізорудних кар'єрах Криворізького регіону і вугільних розрізах Кузнецького басейну, встановлено, що у залізорудних кар'єрах простої по причині технічних впливів на електромеханічне обладнання самоскидів виникають на 43 % частіше. Результати дефектоскопічного аналізу елементів тягових електричних машин даних самоскидів показують, що кількість випадків пробіів і зносу ізоляції обмоток, виходу із строю щіток, перекидання дуги по колектору двигуна у порівнянні з такими ж несправностями тягових машин, якими комплектуються аналогічні самоскиди вугільних розрізів, більше на 33,2 %. Для пошуку причини цієї проблеми було проаналізовано гірничотехнічні умови експлуатації даної моделі самоскида на родовищах двох басейнів. Встановлено, що гірничотехнічні умови та якість сервісного обслуговування суттєво не впливають на виникнення виявленої різниці у кількості несправностей такого характеру. Оскільки найбільший відсоток несправностей займають саме знос ізоляції обмоток двигунів, висунуто припущення, що причиною цього негативного процесу є потрапляння з охолоджуючим повітрям у внутрішні порожнини тягових машин високодисперсного залізорудного пилу, який, у порівнянні із вугільним пилом, має високі показники залишкової намагніченості і схильності до налипання, утворюючи струмопровідні скупчення.

Ключові слова: Кар'єрний самоскид, тягова машина, електромеханічна трансмісія, вугільний розріз, залізорудний пил, вугільний пил, гірничотехнічні умови експлуатації, відмова, знос ізоляції, магнітні властивості, електропровідні властивості, фільтр.

Веснин А.В., Систук В.А., Богачевский А.А. Сравнительный анализ железорудной и угольной пыли в контексте их влияния на наработку компонентов электромеханической трансмиссии карьерных самосвалов

На основе анализа простоев карьерных самосвалов БелАЗ-75131, занятых при перевозках горной массы на железорудных карьерах Криворожского региона и угольных разрезах Кузнецкого бассейна, установлено, что на железорудных карьерах простои по причине технических воздействий на электромеханическое оборудование самосвалов возникают на 43% чаще. Результаты дефектоскопического анализа элементов тяговых электрических машин данных самосвалов показывают, что количество случаев пробоев и износа изоляции обмоток, выхода из строя щеток, опрокидывания дуги по коллектору двигателя по сравнению с такими же неисправностями тяговых машин, которыми комплектуются аналогичные самосвалы угольных разрезов, больше на 33,2%. Для поиска причины этой проблемы были проанализированы горнотехнические условия эксплуатации данной модели самосвала на месторождениях двух бассейнов. Установлено, что горнотехнические условия и качество сервисного обслуживания существенно не влияют на возникновение выявленной разницы в количестве неисправностей данного характера. Поскольку наибольший процент неисправностей занимают именно износ изоляции обмоток двигателей, выдвинуто предположение, что причиной этого негативного процесса является попадание с охлаждающим воздухом во внутренние полости тяговых машин высокодисперсной железорудной пыли, которая, по сравнению с угольной пылью, имеет высокие показатели остаточной намагнитченности и склонности к налипанию, образуя токопроводящие скопления.

Ключевые слова: Карьерный самосвал, тяговая машина, электромеханическая трансмиссия, угольный разрез, железорудная пыль, угольная пыль, горнотехнические условия эксплуатации, отказ, износ изоляции, магнитные свойства, электропроводные свойства, фильтр.

Vesnin A.V., Sistuk V.O., Bogachevskiy A.O. Comparative analysis of iron ore and coal dust in the context of their impact on the running time of pit trucks electromechanical transmission components

Based on the analysis of downtime of pit trucks BelAZ-75131, engaged in the transportation of the rock mass in iron ore pits at the Krivoy Rog region and coal mines in the region of the Kuznetsk Basin, it was found that downtimes occur 43% more often on the iron ore pits because of technical influences on truck electromechanical equipment. The results of crack detection analysis of elements of traction electric machines of those pit trucks show that the number of cases of breakdowns and deterioration of winding insulation, the failure of the brushes, tipping of an arc on engine manifold in comparison with the same defects of traction machines, which are equipped with a similar coal pits trucks, increases by 33,2%. To find the cause of this problem the mining conditions of the given model of truck were analyzed on the deposits of the two fields. It was established that the mining conditions and the quality of service does not significantly influence the occurrence of the identified differences in the number of faults of the mentioned nature. As the largest percentage of faults is occupied by the wear winding insulation of engines, it has been suggested that the reason for this negative process is that superfine iron ore dust, which compared with coal dust has high remanent magnetization and the tendency to stick, gets into the internal cavity of traction machines with the cooling air thus forming a conductive congestion.

Keywords: Карьерный самосвал, тяговая машина, электромеханическая трансмиссия, угольный разрез, железорудная пыль, угольная пыль, горнотехнические условия эксплуатации, отказ, износ изоляции, магнитные свойства, электропроводные свойства, фильтр.

УДК. 624.015.

Єфіменко В.І., Паливода О.А., Сухан О.П. Аналіз напружено-деформованого стану стиснутих трубобетонних елементів зі зміщеними осердями суцільного перерізу

Розглянуто проблеми, що обмежують застосування трубобетону. Виконано аналіз особливостей розвитку деформацій та характер руйнування стиснутих трубобетонних елементів суцільного перерізу зі зміщеними осердями при осьовому стиску в залежності від розмірів поперечного перерізу, товщини стінки труби та міцності бетонного ядра.

Ключові слова: трубобетон, деформації, суцільний переріз, зміщене осердя.

Ефименко В.И., Паливода А.А., Сухан А.П. Анализ напряженно-деформированного состояния сжатых трубобетонных элементов с упрочненными сердечниками сплошного сечения

Рассмотрены проблемы, ограничивающие применение трубобетона. Выполнено анализ особенностей развития де-

формаций и характер разрушения сжатых трубобетонных элементов сплошного сечения с упрочненными сердечниками при осевом сжатии в зависимости от размеров поперечного сечения, толщины стенки трубы и прочности бетонного ядра.

Ключевые слова: трубобетон, деформации, сплошное сечение, упрочненный сердечник.

Efimenko V.I., Palyvoda O.A., Sukhan O.P. Analysis of stress-strain state of compressed tube confined concrete elements with reinforced cores of solid section

The problems that limit the use of tube confined concrete are studied. The analysis of features of deformation development and fracture of compressed tube confined concrete elements of solid section with reinforced cores under axial compression, depending on the cross-sectional dimensions, wall thickness and strength of the concrete core is carried out.

Key words: tube confined concrete, deformations, solid section, reinforced core.

УДК 621:622.276

Орловський В.М. Тампонажні матеріали зниженої густини

Розглянуто питання розширення асортименту доступних вітчизняних полегшених і легких тампонажних матеріалів, які можуть виготовлятися в умовах бурового майданчика. Запропоновані нові полегшені й легкі тампонажні матеріали для цементування свердловин в різних гірничо-геологічних умовах геологорозвідувальних площ і нафтогазових родовищ України.

Ключові слова: полегшувальна домішка, легкий тампонажний матеріал, полегшений тампонажний матеріал.

Орловский В.М. Тампонажные материалы пониженной плотности

Рассмотрен вопрос расширения ассортимента доступных отечественных облегченных и легких тампонажных материалов, которые могут изготавливаться в условиях буровой площадки. Предложены новые облегченные и легкие тампонажные материалы для цементирования скважин в различных горно-геологических условиях геологоразведочных площадей и нефтегазовых месторождений Украины.

Ключевые слова: облегчающая добавка, легкий тампонажный материал, облегченный тампонажный материал.

Orlovskiy V.M. Tamponazhnye materials of the lowered density

The question of expansion of assortment of the accessible domestic facilitated and easy cement of materials which can be made in the conditions of well site is considered. The new facilitated and easy cement of materials are offered for cementation of wells in the different mining-and-geological terms of geological areas and oil-and-gas deposits of Ukraine.

Keywords: impurity which makes it easier, facilitated cement of materials, easy cement of materials.

УДК 622.271.33:622.235

Федотов А.Е., Бицюк В.П., Еременко Г.И., Мартынюк М.В., Мартынюк Б.В. Анализ состояния и перспективы развития взрывных работ на карьере №3 ПАО «ЦГОК» с применением новых технологий

Выполнен анализ ведения взрывных работ с учетом физико-механических свойств горных пород, горно-геологических и гидрогеологических условий. Представлена динамика добычи руды и производства вскрышных работ за последние 5 лет. С целью обеспечения заданной производительности выемочно-погрузочного оборудования забой представлен необходимым качеством взорванной горной массы. В качестве основного критерия, которым производится оценка взорванной горной массы, является процент выхода негабаритных кусков взорванной горной массы и гранулометрический состав взорванной горной массы. Технологическая связь между параметрами буровзрывных работ и качеством дробления горной массы устанавливается удельным расходом ВВ, который зависит напрямую от параметров БВР.

Рассмотрены основные технологические характеристики применяемых ВВ и дан анализ параметров БВР и конструкции скваженных зарядов ВВ, а также рассмотрены предложения по их рациональному использованию с целью повышения качества дробления горной массы.

Федотов А.Е., Бицюк В.П., Еременко Г.И., Мартынюк М.В., Мартынюк Б.В. Анализ stanu і перспективи розвитку вибухових робіт на кар'єрі №3 ПАО "ЦГОК" із застосуванням нових технологій

Виконано аналіз ведення вибухових робіт з урахуванням фізико-механічних властивостей гірських порід, горно-геологічних і гидрогеологічних умов. Представлена динаміка видобутку руди і виробництва вскрышних робіт за останніх 5 років. З метою забезпечення заданої продуктивності виємочно-навантажувального устаткування забій представлено необхідною якістю підірваної гірської маси. Як основний критерій, яким виробляється оцінка підірваної гірської маси, являється відсоток виходу шматків негабаритів підірваної гірської маси і гранулометричний склад підірваної гірської маси. Технологічний зв'язок між параметрами буропідричних робіт і якістю дроблення гірської маси встановлюється питомою витратою ВВ, яка залежить на пряму від параметрів БВР.

Розглянуто основні технологічні характеристики вживаних ВВ і даний аналіз параметрів БВР і конструкції свердловинних зарядів ВВ, а також розглянуто пропозиції з їх раціонального використання з метою підвищення якості дроблення гірської маси.

Fedotov A.E., Bytsuk V.P., Eremenko G.I., Martynjuk M.V., Martynjuk B.V. Analysis of the state and prospect of development of explosive works on a career №3 ПАО "ЦГОК" with the use of new technologies

The analysis of conduct of explosive works is executed taking into account физико-механических properties of mountain breeds, mining - and - geological and hydrogeological terms. The dynamics of booty of ore and production of stripping works is presented for the last 5 years. With the purpose of providing of the set productivity of hollow - loading equipment a coal-face is presented by necessary quality of gun - puffed mountain mass. As a basic criterion which is produce the estimation of gun - puffed mountain mass, there is a percent of output of not size of pieces of gun - puffed mountain mass and grain - size distribution of gun - puffed mountain mass. Technological connection between the parameters of drillings and blasting and quality of crushing of mountain mass is established a by the specific expense of ВВ, which depends on a line from the parameters of БВР.

Basic technological descriptions of applied ВВ are considered and the analysis of parameters of БВР and constructions of

скваженных charges of BB is given, and also suggestions are considered on their rational use with the purpose of upgrading crushing of mountain mass.

УДК 621.771.22:62-52

Моркун В.С., Харламенко В.Ю. Розробка методу визначенням пробуксовок робочих валків обтискної кліті блюмінга на базі системи нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено

У статті вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності керування процесом обтиснення металу на блюмінгу шляхом зменшення динамічного навантаження на обтискні валки та зменшення часу обтиснення металу за рахунок визначення пробуксовок робочих валків на базі нечіткого логічного висновку. Проведено аналіз характеру динамічного навантаження на електромеханічне обладнання обтискної кліті блюмінга, в умовах односторонньої та двосторонньої пробуксовок, за результатами якого розроблено граф станів технологічних ситуацій. Для розробки методу визначення пробуксовок робочих валків обтискної кліті блюмінга використано систему нечіткого логічного висновку Такагі-Сугено. На основі формалізації дій персоналу в режимі пробуксовок розроблено нечітку базу правил, для якої висновки сформовані шляхом використання методу парних порівнянь і налаштовані адаптивною нейро-нечіткою мережею. Наведено результати моделювання запропонованого методу в умовах односторонньої пробуксовки.

Моркун В.С., Харламенко В.Ю. Разработка метода определением пробуксовок рабочих валков обжимной клетки блюминга на базе системы нечеткого логического вывода Такаги-Сугено

Решено научно-практическое задание повышения эффективности управления процессом обжима металла на блюминге путем уменьшения динамической нагрузки на обжатые валки и уменьшения времени обжима металла за счет определения пробуксовок рабочих валков на базе нечеткого логического вывода. Проведен анализ характера динамической нагрузки на электромеханическое оборудование обжимной клетки блюминга, в условиях односторонней и двусторонней пробуксовок, по результатам которой разработано граф состояния технологических ситуаций. Для разработки метода определения пробуксовок рабочих валков обжимной клетки блюминга использована система нечеткого логического вывода Такаги-Сугено. На основе формализации действий персонала в режиме пробуксовок разработана нечеткая база правил, для которой выводы сформированы путем использования метода парных сравнений и настроены адаптивной нейро-нечеткой сетью. Приведены результаты моделирования предложенного метода в условиях односторонней пробуксовки.

Morkun V.S., Kharlamenko V.Ju. Development of a method definition probuksovok work rolls obtisknoï blooming mill based on fuzzy inference system Takagi-Sugeno

Solved scientific and practical task improved governance process crimping metal on the Blooming by reducing the dynamic load on the crimped rolls and reduce the time crimping metal by identifying probuksovok work rolls based on fuzzy inference. The analysis of the dynamic nature of the load on the electromechanical equipment crimp blooming mill, in a one-sided and two-sided probuksovok, the results of which are designed Count state of technological situations. To develop a method for determining probuksovok work roll crimp blooming mill used system-neche rcoh inference Takagi-Sugeno. Based on formalization of personnel actions in the mode probuksovok time-operated fuzzy rule base, for which the conclusions are formed by use of the method of paired comparisons and configured adaptive neuro-fuzzy network. Simulation results of the proposed method in a one-sided thrashing.

УДК 622.7 15

Перебудов В.В., Грицина О.Є., Драгун Б.Т., Гук А.Ю., Убіська Л.Ю., Єгорова І.Г. Актуальні питання ефективності і стимулювання підвищення якості залізорудної сировини

Розглянуті актуальні питання економічної ефективності підвищення металургійної цінності залізорудної сировини та його стимулювання. Розкрито значення якості як одного з головних показників конкурентоспроможності продукції, впливу його на економіку підприємств гірничо-металургійного комплексу і взаємозв'язок з системою стимулювання підвищення якості продукції. Зроблено формалізацію задачі визначення рівня приплат і скидок за якість залізорудної сировини з урахуванням металургійної цінності. Встановлена необхідність поєднання систем економічного стимулювання підприємств і матеріального заохочення їх працівників.

Ключові слова: залізорудна продукція, вміст корисних компонентів, металургійна цінність, оптимальний рівень якості, стимулювання, техніко-економічні розрахунки, приплати і знижки.

Peregudov V., Gritcyua A., Dragun B., Gook A., Ubiska L., Yegorova I. Pressing questions of efficiency and stimulation of the upgrading of iron-ore raw material

The pressing questions of economic efficiency of increase of metallurgical value of iron-ore raw material and his stimulation are considered. The values of quality are exposed as one of main indexes of competitiveness of products, influences of him on the economy of enterprises of mining and metallurgical complex and intercommunication with the system of stimulation of upgrading of products. Formalization of task of determination of level of extra charges and discounts is produced for quality of iron-ore raw material taking into account a metallurgical value. The necessity of combination of the systems of economic stimulation of enterprises and material encouragement of their workers is set.

Keywords: iron-ore products, content of useful components, metallurgical value, optimal level of quality, stimulation, the technical and economic calculations, additional payments and discounts.

Перебудов В.В., Грицина А.Е., Драгун Б.Т., Гук А.Ю., Убіская Л.Ю., Егорова И.Г. Актуальные вопросы эффективности и стимулирования повышения качества железорудного сырья

Рассмотрены актуальные вопросы экономической эффективности повышения металлургической ценности железорудного сырья и его стимулирования. Раскрыто значения качества как одного из главных показателей конкурентоспособности продукции, влияния его на экономику предприятий горно-металлургического комплекса и взаимосвязь с системой стимулирования повышения качества продукции. Произведена формализация задачи определения уровня приплат и скидок за качество железорудного сырья с учетом металлургической ценности. Обоснована необходи-

мость сочетания систем экономического стимулирования предприятий и материального поощрения их работников.

Ключевые слова: железорудная продукция, содержание полезных компонентов, металлургическая УДК 622.7 15

УДК 622.013 : 330.322

Перегудов В.В., Драгун Б.Т., Гук Ан.Ю., Гук О.Ю. Методологічні аспекти визначення повної вартості володіння для об'єктів основних засобів гірничодобувних підприємств

Розглянуті методологічні питання визначення економічної категорії «повна вартість володіння». У повну вартість володіння запропоновано включати сумарні витрати - капітальні інвестиції та експлуатаційні витрати за вирахуванням амортизації за увесь період експлуатації об'єктів оцінки для умов підприємств гірничодобувної промисловості. Обґрунтована можливість застосування показника ТСО при оцінці проектних рішень і варіантів розвитку гірничодобувних підприємств. Повна вартість володіння об'єктом основних засобів відповідає показнику сумарних витрат і повинна визначатися відповідно до норм технологічного проектування гірничодобувних підприємств, що були розроблені за участю авторів статті.

Ключові слова: повна вартість володіння, сумарні витрати, капітальні інвестиції, експлуатаційні витрати, період експлуатації основних засобів.

Перегудов В.В., Драгун Б.Т., Гук Ан.Ю., Гук Ал.Ю. Методологические аспекты определения полной стоимости владения для объектов основных средств горнодобывающих предприятий

Рассмотрены методологические вопросы определения экономической категории «полная стоимость владения». В полную стоимость владения предложено включать суммарные затраты - капитальные инвестиции и эксплуатационные расходы за вычетом амортизации за весь период эксплуатации объектов оценки для условий предприятий горнодобывающей промышленности. Обоснована возможность применения показателя ТСО при оценке проектных решений и вариантов развития горнодобывающих предприятий. Полная стоимость владения объектом основных средств соответствует показателю суммарных затрат и должна определяться в соответствии с нормами технологического проектирования горнодобывающих предприятий, которые были разработаны с участием авторов статьи.

Ключевые слова: полная стоимость владения, суммарные затраты, капитальные инвестиции, эксплуатационные расходы, период эксплуатации основных средств.

Peregudov V., Dragun B., Gook An., Gook Al. Methodological aspects of determination of Total Cost of Ownership for the objects of the fixed assets of mining enterprises

The methodological questions of determination of economic category are considered «total cost of ownership». In the total cost of ownership it is suggested to include total expenses are capital investments and running expenses instead of depreciation for all period of exploitation of objects of estimation for the terms of enterprises of mining industry. Possibility of application of index of TCO is reasonable at the estimation of project decisions and variants of development of mining enterprises. The total cost of ownership the object of the fixed assets corresponds to the index of total expenses and must be determined according norms of technological planning of mining enterprises which were created with participation the authors of the article.

Keywords: total cost of ownership, summary costs, capital investments, operation costs, period of exploitation of the fixed assets.

УДК 658:622.012

Лысевич С.Г. Внутренний экономический механизм - важнейшее средство повышения конкурентоспособности горнорудных предприятий

Обоснована необходимость улучшения внутреннего экономического механизма горнорудных предприятий с целью повышения их конкурентоспособности на рынке железорудной продукции. Предложено определение внутреннего экономического механизма с учётом сфер производства и обращения. Рассмотрено влияние организационных и технических изменений на внутренний экономический механизм горнорудных предприятий.

Ключевые слова: внутренний экономический механизм, сферы производства и обращения, уровень компетенции, аутсорсинг.

Внутренний экономический механизм - важнейшее средство повышения конкурентоспособности горнорудных предприятий

Лысевич С. Г. Обґрунтовано необхідність поліпшення внутрішнього економічного механізму гірничорудних підприємств з метою підвищення їх конкурентоспроможності на ринку залізорудної продукції. Запропоновано визначення внутрішнього економічного механізму з урахуванням сфер виробництва і звернення. Розглянуто вплив організаційних і технічних змін на внутрішній економічний механізм гірничорудних підприємств.

Ключові слова: внутрішній економічний механізм, сфери виробництва і звернення, рівень компетенції, аутсорсинг.

Lysevich S.G. Internal economic mechanism – the most important means to improve the mining enterprises competitiveness
The article substantiates the need to improve internal economic mechanism of mining enterprises to improve their competitiveness in the market of iron ore products. A definition of internal economic mechanism, taking into account the production and circulation is suggested. The influence of organizational and technical changes to the internal economic mechanism of mining enterprises is considered.

Keywords: internal economic mechanism, the production and circulation, the level of competence, outsourcing

УДК 005.21: 622.012

Темченко О.А., Темченко Г.В., Голобородько Б.Ю. Дослідження впливу стратегічних ресурсів гірничозбагачувальних підприємств на формування перспективних бізнес-моделей

Досліджено питання розвитку теорії стратегічного управління та визначено напрям розвитку гірничозбагачувального підприємства з позицій четвертого етапу стратегічного управління та впровадження основних аспектів ресурсної концепції. Запропоновано матрицю стратегічних ресурсів відносно основних операцій бізнес-процесів діяльності

підприємства, як основу побудови та вдосконалення організації бізнес-процесів на гірничозбагачувальних підприємствах. Проаналізовано класифікацію стратегічних ресурсів підприємства, на основі якої з'являється можливість заміщати природні та вичерпні ресурси інтелектуальними, що будуть матеріалізовані через більш досконалі та ефективні процеси гірничозбагачувального виробництва. Розглянуто вплив стратегічних ресурсів на підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності гірничозбагачувального підприємства в контексті формування нових компетенцій, досягнення стійких конкурентних переваг та побудови на їх основі перспективних бізнес-моделей в галузі.

Темченко А.А., Темченко А.В., Голобородько Б.Ю. Исследование влияния стратегических ресурсов горно-обогатительных предприятий на формирование перспективных бизнес-моделей

Исследован вопрос развития теории стратегического управления и определено направление развития горнообогатительного предприятия с позиций четвертого этапа стратегического управления и внедрения основных аспектов ресурсной концепции. Предложена матрица стратегических ресурсов относительно основных операций бизнес-процессов деятельности предприятия, как основу построения и совершенствования организации бизнес-процессов на горнообогатительных предприятиях. Проанализирована классификация стратегических ресурсов предприятия, на основе которой появляется возможность замещать природные и исчерпывающие ресурсы интеллектуальными, что будут материализованы через более совершенные и эффективные процессы горнообогатительного производства. Рассмотрено влияние стратегических ресурсов на повышение эффективности производственно-хозяйственной деятельности горнообогатительного предприятия в контексте формирования новых компетенций, достижения стойких конкурентных преимуществ и построения на их основе перспективных бизнес-моделей в отрасли.

Temchenko A.A., Temchenko A.V., Holoborodko B.Y. Research of influence of strategic resources of ore-mining and processing enterprises on forming of perspective business models

The question of development of theory of strategic management is investigational and direction of development of ore mining and processing enterprise is certain from positions of the fourth stage of strategic management and introduction of basic aspects of resource conception. The matrix of strategic resources is offered in relation to the basic operations of business processes of activity of enterprise, as basis of construction and perfection of organization of business processes on ore mining and processing enterprises. Classification of strategic resources of enterprise, possibility to substitute for natural and exhaustive resources intellectual appears on the basis of that is analysed, that will be materialized through more perfect and effective processes ore mining and processing. Influence of strategic resources is considered on the increase of efficiency of industrial and economic activity of ore mining and processing enterprise in the context of forming of new competences.

УДК 669.162.1

Мных А.С. Синтез трехмерной модели теплового режима процесса спекания агломерационной шихты

Приводится разработанная конечно-элементная трехмерная модель для расчета распределения температур по высоте слоя агломерационной шихты в программном комплексе ANSYS. Анализ теплового режима процесса спекания агломерата позволил сделать вывод о существовании оптимальной температуры зоны горения для агломерационной шихты, при которой образуется мелкопористый, легковосстановимый агломерат с достаточной прочностью.

Проведенный анализ адекватности синтезированной модели показал высокий уровень сходимости с результатами лабораторных спеканий, без сегрегации топлива по высоте слоя, других исследователей. Погрешность модели составила не более 8,73%, что подтверждает возможность ее использования в вычислительных исследованиях тепловых режимов агломерационного процесса.

Научная ценность представленной модели заключается в возможности установления функциональных зависимостей сегрегации химических компонентов и топлива по высоте слоя, обусловленных мощностью внутренних источников энергии в каждом единичном объеме, что позволит сформулировать рекомендации к условиям формирования слоя агломерационной шихты с целью обеспечения в каждом горизонте агломерируемого материала температуры, являющейся оптимальной для производства высококачественного агломерата.

Ключевые слова: моделирование, трехмерные модели, метод конечных элементов, агломерация, сегрегация, шихта.

Mnykh A.S. Synthesis of three-dimensional model of the thermal mode of process of спекания of sintering mixture

Developed finite element three-dimensional model to calculate the temperature distribution along the height of the layer of sinter charge in the software complex ANSYS. Analysis of the thermal regime of the process of sintering allowed to make a conclusion about the existence of the optimal temperature of the combustion zone to sinter the mixture, which produces high-quality sinter with sufficient strength.

The analysis of the adequacy of the synthesized model showed a high level of convergence with the results of laboratory tests, without segregation of fuel in the layer height, other researchers. The error model was not more than 8,73%, which confirms the possibility of its use in computational studies of thermal conditions of the sintering process.

The scientific value of the model lies in the possibility of establishing functional dependencies segregation of chemical components and fuel height of the layer associated with the capacity of domestic energy sources in each unit volume, which will make recommendations to the formation of a layer of sinter charge to ensure each horizon material temperature, which is optimal for producing high-quality sinter.

Key words: modeling, 3D models, the finite elements method, agglomeration, segregation, charge.

Мных А.С. Синтез тривимірної моделі теплового режиму процесу спікання агломерационної шихти

Наведено розроблену кінцево-елементну тривимірну модель для розрахунку розподілу температур по висоті шару агломерационної шихти в програмному комплексі ANSYS. Аналіз теплового режиму спікання агломерату дозволив зробити висновок, щодо існування оптимальної температури зони горіння для агломерационної шихти, при якій створюється дрібнопористий, легко відновлювальний агломерат з достатньою міцністю.

Проведений аналіз адекватності синтезованої моделі свідчить про високий рівень її відповідності результатам лабо-

раторних спікань. без сегрегації палива по висоті шару, інших дослідників. Похибка моделі склала не більше 8,73 %, що підтверджує можливість її використання при моделюванні теплових режимів агломераційного процесу.

Наукова цінність розробленої моделі це можливість встановлення функціональних залежностей сегрегації хімічних компонентів й палива по висоті шару. що обумовлено потужністю внутрішніх джерел енергії в кожному елементарному об'ємі. що дозволить сформулювати рекомендації, щодо умов формування шару шихти з метою забезпечення в кожному з горизонтів матеріалу температури, що є оптимальною для виробництва високоякісного агломерату.

Ключові слова: моделювання, тривимірні моделі, метод кінцевих елементів, агломерація, сегрегація, шихта.

УДК 658.14: 043.3

Ніколайчук О.А. Визначення ефективності управління інтелектуальним капіталом на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу

Проведено оцінювання ефективності менеджменту інтелектуального капіталу на гірничо-збагачувальних підприємствах Кривбасу на підставі авторського методичного підходу щодо вибору стратегії управління елементами інтелектуального капіталу підприємства залежно від їх розвитку та стратегічного статусу в процесі створення вартості.

Ніколайчук О.А. Определение эффективности управления интеллектуальным капиталом на горно-обогатительных предприятиях Кривбасса

Проведена оценка эффективности менеджмента интеллектуального капитала на горно-обогатительных предприятиях Кривбасса на основании авторского методического подхода к выбору стратегии управления элементами интеллектуального капитала предприятия в зависимости от их развития и стратегического статуса в процессе создания стоимости.

Nikolaichuk O.A. Determining the effectiveness of management of intellectual capital in mining and processing enterprises Krivbass

Assessed the effectiveness of the management of intellectual capital in mining and processing enterprises Krivbass based on the author's methodological approach to the selection of management strategies elements of the intellectual capital of the enterprise depending on their development and strategic status in the process of value creation.

УДК 658: 338.41

Плаксиєнко В.Я. Оцінка фінансових результатів діяльності промислових підприємств

У статті виконано аналіз сучасних підходів до оцінки фінансових результатів діяльності промислових підприємств, визначено основні етапи аналізу та їх послідовність. Обґрунтовано, що спочатку необхідно дати оцінку узагальнюючим показникам, що характеризують фінансові результати, виявити фактори, дія яких призвела до зміни цих показників. Потім необхідно провести детальний аналіз фінансових результатів на основі поглибленого вивчення часткових показників і виявлення резервів зростання прибутку.

Ключові слова: аналіз фінансових результатів, прибуток, рентабельність, факторний аналіз, маржинальний дохід, постійні витрати, змінні витрати.

Плаксиєнко В.Я. Оценка финансовых результатов деятельности промышленных предприятий

В статье выполнен анализ современных подходов к оценке финансовых результатов деятельности промышленных предприятий, определены основные этапы анализа и их последовательность. Обосновано, что сначала необходимо дать оценку обобщающим показателям, которые характеризуют финансовые результаты, выявить факторы, действие которых привело к изменению этих показателей. Потом необходимо провести детальный анализ финансовых результатов на основе углубленного изучения частичных показателей и выявление резервов роста прибыли.

Ключевые слова: анализ финансовых результатов, прибыль, рентабельность, факторный анализ, маржинальный доход, постоянные расходы, переменные расходов

Plaksienko V.Ja. Estimation of financial results of activity of industrial enterprises

In the article the analysis of the modern going is executed near the estimation of financial results of activity of industrial enterprises, the basic stages of analysis and their sequence are certain. It is reasonable, that at first it is necessary to give an estimation to the summarizing indexes which characterize financial results, to educe factors the action of which caused the change of these indexes. It is then necessary to conduct the detailed analysis of financial results on the basis of deep study of partial indexes and exposure of backlogs of height of income.

Keywords: analysis of financial results, income, profitability, factor analysis, маржинальний profit, permanent charges, variables of charges

Директор Криворізького металургійного інституту,
Заслужений діяч науки і техніки України,
лауреат Державної премії України,
доктор технічних наук, проф. О.Д. Учитель

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНИХ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ

Аналіз тенденцій розвитку гірничо-металургійної галузі на Україні показує, що основним напрямком, який забезпечує поповнення бюджету і, головне, стимулюючим розвиток та освоєння в промисловості високих технологій на період 2015-2020 рр. залишається вдосконалення існуючих і виявлення маловитратних технологій виготовлення конкурентноспроможної на світовому ринку сировини.

Високорозвинена сировинна база поряд з економізацією її використання є і залишається на вказаний період джерелом стабільності бюджету розвитку, на що вказує також контент аналіз інформаційних потоків науково-технічної інформації, в якій зв'язка «сировина-якість» є найбільш часто згадуваною. Аналіз показує також, що створення нових конкурентноспроможних видів металургійної сировини з високими споживчими властивостями є не тільки найважливішим фактором економізації металургійної галузі, але активним стимулятором розвитку економіки країни в цілому. У цьому аспекті створення (на основі інноваційних технологій) нових видів лігатури, що забезпечує високі споживчі властивості сталі є ефективним і своєчасним.

Національною металургійною академією України у співавторстві з ПАТ «Нікопольський завод феросплавів (у подальшому НЗФ) та ДП «УкрНТЦ Енергосталь» представлена на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки 2014 року комплексна науково-практична робота з розробки та впровадження ефективної наскрізної багатостадійної технології виробництва феросилікомарганцю в понадпотужних феросплавних закритих та герметичних електропечах з забезпеченням ресурсо-енергозбереження та вирішенням питань охорони довкілля.

Своєчасність, актуальність та галузева державна зацікавленість в розвитку феросплавного виробництва в Україні, зокрема марганцевих феросплавів, пов'язана, в першу чергу, з суттєвим внеском феросплавної підгалузі, як складової металургійного комплексу України, у фінансову стабільність держави. Близько 20 % валового національного продукту дає гірничо-металургійний комплекс, а реалізація феросплавної продукції привносить біля 40% валютних надходжень країни.

Серед 20 провідних металургійних підприємств, які визначають рівень фінансової стабільності галузі, ПАТ «НЗФ» посідає 10 місце за рівнем чистого доходу та чистого прибутку. Тому ефективність виробництва на даному підприємстві є запорукою успішної роботи галузі у цілому.

ПАТ «НЗФ» є сучасним найбільш потужним у світі підприємством та виробляє близько 80 % усіх марганцевих сплавів, що виробляються в державі. Ефективність його роботи значною мірою пов'язана з розробкою та впровадженням передових технологічних, конструктивних та екологічних рішень на базі сучасних досягнень світової та вітчизняної науки.

Підприємство є багатопрофільним і забезпечує виробництво не тільки основної, а також допоміжної продукції, у тому числі агломерату, електродної маси. Тому перед авторами роботи постала велика проблема теоретичного обґрунтування та забезпечення розробок технологій сучасного рівня при мінімізації ресурсо-енергетичних затрат з чим, судячи з публікацій, колектив упорався у повній мірі.

Електрометалургійне виробництво в зрівнянні з іншими металургійними технологіями має суттєві відзнаки, оскільки поряд з традиційними вимогами до початкових матеріалів та технологічних рішень слід враховувати суто специфічні особливості процесу. По-перше, це електропровідність та електроопір усієї електропічної установки, який складається з усієї ланки підводу струму від електроживлювачів до безпосередніх складових процесу - шихтових матеріалів, шлаку та металу, які утворюють ся в результаті вуглецево-відновлювального процесу.

На базі власних теоретичних та експериментальних досліджень авторів розроблена модель будови піделектродного простору рудовідновлювальної електропечі, яка, з урахуванням моделі мультиплікативного типу, дозволила встановити безпосередній зв'язок між технологічними параметрами - співвідношення оксидних компонентів шихти та відновника, основність шлаку та електричними характеристиками - електричний опір шихти, дуги та шлаку. На базі цього підходу встановлено раціональне значення електричного опору феросплавної електропечі та його розподіл між зонами, що забезпечує необхідні техніко-економічні показники.

Опираючись на ці теоретичні розробки та узагальнення прийнята та впроваджена концепція наскрізного вдосконалення технологічного ланцюга виробництва феросилікомарганцю.

На потужностях ПАТ «НЗФ» розроблено та впроваджено виробництво марганцевого магnezального агломерату з необхідними властивостями, які задовольнили вимоги фізико-хімічних умов вуглецевотермічного відновлення марганцю із шлакового розплаву та електричні характеристики, які забезпечили раціональний розподіл енергії у ванні дугової електропечі.

Ці розробки з паралельною заміною частки коксу та повною заміною природного газу при агломерації власним ферогазом, який утворюється в електропечі під час плавки, дозволили значно підвищити ефективність виробництва агломерату.

Використовуючи розроблену авторами модель будови піделектродного простору оптимізовано електричний режим процесу, який дозволив значно підвищити його ефективність, контролювати безпосередньо в часі стабільність технології та своєчасно реагувати на порушення, та дають рекомендації з їх усунення, шляхом оптимізації електричного опору робочих зон дугової печі.

Удосконалення наскрізної технології потребують безумовної уваги до відходів, які неминуче утворюються при основному процесі та негативно впливають на навколишнє середовище. При цьому утворюється значна кількість шлаку, яка приблизно в 1,3-1,4 рази більша за кількість виробленого сплаву. Зі шлаком втрачається марганець у сполуках оксидів та в металевій формі у вигляді корольків сплаву. Досліджено, розроблено та впроваджено модуль кускового сортування шлаку з використанням електронної сенсорики, що дало змогу повернути частину втраченого зі шлаком металу в початкову плавку.

Таким чином, представлена робота охоплює теоретичні розробки та практичне впровадження практично в усіх ланках багатостадійного процесу виробництва феросилікомарганцю із значним економічним ефектом та соціальною значимістю, відповідає вимогам до науково-практичних робіт, а її автори, відомі наукові фахівці та виробники заслуговують на присудження Державної премії України в галузі науки і техніки 2014 року.

УДК 622 (09)

Profesor doktor nauk technicznych **V.S. Biletsky**

Poltavski Narodowy Uniwersytet Techniczny

Profesor doktor nauk technicznych **G.I. Gayko**

Narodowy Techniczny Uniwersytet Ukrainy „Kijowski politechniczny instytut”

GORNICZY SKARBY PRZESŁOŚCI W NAUCE I EDUKACII UKRAINY

Pierwszy dzieje ukraińskich uczonych dotyczący górnictwa i nauki o ziemi. W kulturze zachodnioeuropejskiej rozwój wydawnictw związanych z górnictwem zaczął się już w XVI wieku (A. Magnus, G. Agricola, V. Biringuccio) Na ziemiach wschodniej Europy, w tym na Ukrainie rozpoczął się później pod wpływem osiągnięć zachodnich. Jednak indywidualne osiągnięcia naukowe uczonych od dawna były znane w różnych gałęziach przemysłu górniczego i nauk powiązanych z nim.

Pierwszym znanym dziełem ukraińskich uczonych dotyczącym górnictwa i nauki o ziemi i znaczącym odkryciem były Izborniki Światosława 1073-1076 rok - zabytek literatury staroruskiej, zawierające wykaz i opis wielu kamieni szlachetnych oraz ich ceny i wiele innych informacji.

Najstarsza wzmianka, jaka jest powiązana z ukraińską naukową działalnością górnictwem dotyczy Świętopełka Fiola (1460-1526), który w Krakowie wydrukował pierwsze księgi po ukraińsku "Триодъ

Пісна", "Тріодь Цвітна", "Часословець" і "Осьмогласник". Prócz działalności wydawniczej Fiol zajmował się także mechaniką górniczą i opracowywaniem projektów maszyn górniczych. 9 marca 1489 roku otrzymał on od polskiego króla Kazimierza IV przywilej/ patent na wynalezioną przez niego maszynę do odpompowywania wody z chodników kopalnianych, jaka miała być zastosowana w kopalni w Olkuszu. Ten wynalazek zaciekał wybitnego inżyniera górnictwa i projektanta maszyn górniczych Jana Thurzo (1473-1508), współwłaściciela przemysłowych i bankowych spółek, który utworzył pierwszy w Europie górniczo - metalurgiczny monopol. Fakt współpracy między Fiołem a Thurzo zapisano w krakowskich archiwach i po raz pierwszy opublikowano w 1922 roku przez polskiego historyka Jana Ptasznika.

Drugą chronologicznie ważną postacią w historii narodowej Nauki o Ziemi jest Innocenty Gizel (1600-1683). Był pierwszym ze słynnych profesorów Akademii Kijowsko-Mohylańskiej, wykłady którego zawierały wiele danych/szczegółów dotyczących nauki o ziemi i górnictwa. To on przedstawił tezę o niezniszczalności substancji, która została w rozwinięta znanych pracach Lawuazje i Lomonosowa.

W roku 1627 w Kijowie ukazał się drukiem „Leksykon Sławenorosskij” Pamby Stefana Beryndy, jaki pośród 7 tysięcy haseł zawierał w sobie także terminy powiązane z górnictwem.

Następne w kolejności chronologicznej są prace Feofana Prokopowicza - rektora Kijowsko-Mohylańskiej Akademii. XVIII wiek był znamienym dla rozwoju górnictwa. Na Akademii Kijowsko-Mohylańskiej już w latach 1705-1706 studiowano podstawy nauki o minerałach kopalnianych. W książce rektora Akademii Feofana Prokopowicza (1681-1736) "Na zaawansowanych mieszane ciało martwe - metale, kamienie i inne", był opisane takie złoża jak smoła i siarka, nafta, bursztyn, glina (ceramiczna, margle, biała), sól (morska, kamienna, amonowa i inne) To w tej książce po raz pierwszy wspomniano o chorobach zawodowych górników „Większość chorób z jakimi borykają się górnicy i hutnicy pochodzi od złóż siarki i rtęci”.

Prokopowycz opisał minerały szlachetne w skałach i hemach. Opracował ich klasyfikacje. Wydzielił skały/kamienie porowate i gęste, przejrzyste i ciemne, szlachetne i perły. Opisał dziesiątki najbardziej znanych minerałów; budowlanych, kamieni szlachetnych i półszlachetnych, specyficzne skały/kamienie: pumeks, marmur, magnat, szmaragd, diament, rubin, ametyst, opal, topaz, beryl, kryształ, jaspis itp.

W tworzeniu prawa, reguł górnictwa, stosunków przemysłowych i organizacji górniczych na Ukrainie odegrały ważną rolę Uniwersały hetmanów ukraińskich, zokrema J. Mazepy, D. Mnogogrisznego, J. Samojlłowycza i in.

Naukowcy z zagranicy.

Wpływ na tworzenie się i rozwój ukraińskiej myśli geologicznej oraz na badania geologiczne miały ekspedycje znanych badaczy rud, których Rosyjskie Imperium wysyłało na Ukrainę w XVIII wieku w celu wykrywania/odkrywania złóż mineralnych (badania George Nixona, Gottlieba Junkera, Rajzera Gustawa, Petra Pallasa, Samuela Hmelina i innych). Niestety do stworzenia warunków dla stałej wymiany doświadczeń i wiedzy (utworzenia szkół) wtedy nie doszło.

Odkrycie pokładów węgla w Donbasie. Odkrycie oraz pierwsze próby wykorzystania pokładów donbaskiego węgla powiązane jest z działalnością zarządcy Bachmutskich kopalni soli, szlachcica polsko-ukraińskiego pochodzenia Nikity Weprejskiego i komendanta Bachmutskiej twierdzy Semena Chirkova w 1721 roku. W tym czasie lokalne lasy zostały praktycznie wyeksploatowane, a drewno było użyte na potrzeby kopalni w celu odparowania soli w Bahmutskich i Torskich zakładach przemysłowych, co doprowadziło do sytuacji, w której zaczęto szukać innych źródeł paliwa. Miejscowa ludność, jaka korzystała już z węgla kamiennego w domu, wskazała na miejsca gdzie złoża węgielne były na powierzchni ziemi – na rzekie Bileńkij (Gorodyscze w rejonie Perewalskim) i w ur. Skelewatym na rzekie Ługań. Zebrane próbki węgla kamiennego i rudy zostały wysłane do Sankt Petersburga w celu testowania. Testy wykazały wysoką, jakość węgla. W 1723 roku pod kierownictwem Weprejskiego i Chirkova rozpoczęło się przemysłowe wydobywanie i wykorzystanie złóż węgla, które znajdowało się na powierzchni ziemi (było w to zaangażowanych mniej więcej 200 robotników), jednak kopalni w tym miejscu nie wybudowano.

Działalność Ch. Gascoigne. Pierwszym istotnym krokiem w kierunku systematycznego upowszechniania i wykorzystywania wiedzy z zakresu górnictwa i geologii na Ukrainie była budowa Ługańskiej tywni i kopalni w Łisiczansku (1796 rok). Kopalnie ta znajdowała się pod kierownictwem wybitnego szkockiego inżyniera górnictwa i hótnictwa Charlesa Gascoigne (odnego z głównych działaczy Rewolucji przemysłowej w Anglii) i jego utalentowanego zespołu (A. Pikaron, T. Roper, A.

Smith, D, Sherif) Pod kierownictwem Giascogne odbywały się wszystkie ekspedycje, jakie w znacznej mierze odbywały się w celu zbadania regionu donbaskiego, co natomiast sprzyjało rozwojowi przemysłowemu regionu oraz przygotowaniu do pracy pierwszych kadr górniczych, kuźnią, jakich stał się zakład w Ługańsku. Ługańsk skupił wokół siebie wielu znakomitych

Szkoła Górnicza w Lisiczańsku. Znaczące sukcesy w dziedzinie przemysłowego wydobycia węgla (wprowadzenie zaawansowanego sprzętu, w tym silników parowych, organizacja zaplecza socjalnego dedykowanego górnikom) oraz świadomość perspektywy rozwoju dla obszarów Donbasu, przyczyniły się do utworzenia tam w 1806 roku pierwszej szkoły górniczej na Ukrainie.

Placówka ta cieszyła się dużym prestiżem i szacunkiem w środowisku górników, istniała prawie przez pół wieku. Po przerwie w jej istnieniu Departament Górnictwa Imperium Rosyjskiego w 1872 roku postanowił ponownie otworzyć słynny zakład nauczania w Lisiczańsku, a rozporządzenie o jej reaktywacji osobiście podpisał sam Aleksander II. W statucie szkoły szczególnie nacisk został położony na cel istnienia placówki, a mianowicie:

"... Sztygar szkolenia, czyli mistrzów górnictwa, dla regionu węgla w Doniecku".

Rozporządzenie wprowadziło pięciostopniową skalę ocen, a promocję na następny rok można było otrzymać wyłącznie wtedy, gdy student z przedmiotów ogólnych otrzymał co najmniej trzy punkty, a ze "sztuki górnictwa" i "marksgórnictwa" - przynajmniej cztery. Najlepsi uczniowie byli nagradzani premiami Zjazdu Przemysłowców Górnictwa.

Szkoła otrzymała przestronny budynek w centrum miasta. Nieco później przekazano jej także laboratorium zakładu hutniczego. Uznano bowiem za oczywiste, iż górnik powinien orientować się również w sztuce hutnictwa. Ponad to zbudowano kopalnianą szachtę dla zajęć praktycznych.

W 1873 roku do szkoły przyjęto 40 uczniów. Zespół wykładowców składał się z doświadczonych fachowców Ługańskiego Okręgu Górniczego oraz absolwentów Instytutu Górnictwa z Sankt Petersburga. Zgodnie z górnictwem tradycją w szkole obowiązywały mundurki, w ich skład wchodził między innymi skórzany pas, na sprzączce którego umieszczono symbol górnictwa, czyli skrzyżowany kilof i młot. Poza tym placówka posiadała orkiestrę dętą, teatr, organizowane były także "wieczorki" literackie.

O wysokim poziomie nauczania Szkoły Górniczej w Lisiczańsku świadczył fakt, iż jej absolwentów zapraszano nie tylko do kopalń Ukrainy, ale również Kaukazu, Uralu oraz Syberii.

Do 1917 roku szkoła wykształciła ponad 700 górników, którzy następnie obejmowali różne funkcje (łącznie ze stanowiskami kierowniczymi) w zakładach zajmujących się wydobyciem węgla na terenie Donbasu. Oprócz przedstawionej szkoły na Ukrainie w latach 70-ych XIX stulecia w Krzywym Rogu i Horliwce zaczęły tworzyć się prywatne placówki kształcące przyszłych górników.

Naukowe Towarzystwo im. Szewczenki. Rozwojowi nauk przyrodniczych oraz tworzeniu ukraińskiej terminologii w zakresie nauk o Ziemi sprzyjało powstanie w 1873 roku Naukowego Towarzystwa im. Szewczenki - będącego w zasadzie pierwszą ukraińską akademią nauk. W fundamentalnej w swoim znaczeniu 11-tomowej pracy "Encyklopedia ukrainoznawstwa" (1955-1984) uczeni Towarzystwa jako pierwszy encyklopedycznie opisali powstanie znaczących kopalń Ukrainy, jak również stworzyli wykaz geologicznych, górniczych basenów i warstw. Dodatkowo zdefiniowali wiele technicznych terminów, związanych z wydobyciem przydatnych substancji kopalnych.

Otwarcie Wyższej Szkoły Górnictwa w Katerynosławiu. Punktem kulminacyjnym rozwoju szkolnictwa w dziedzinie górnictwa na Ukrainie było otwarcie w 1899 roku Katerynosławskiej Wyższej Szkoły Górnictwa, znanej dziś pod nazwą Narodowego Uniwersytetu Górniczego (miasto Dniepropietrowsk). Ciekawostką związaną z otwarciem szkoły jest fakt, iż decyzję o rozpoczęciu działalności placówki podjęto zgodnie z rozporządzeniem XXI zjazdu przemysłowców górnictwa Południowej Rosji, a koszty jej powstania w znacznej mierze zostały pokryte przez przemysłowców -mecenatów (w pierwszej kolejności należy wymienić przemysłowca i bankiera Oleksija Alczewskiego).

Centrum kształcącym "siłą techniczną" miała stać się wyższa szkoła w Katerynosławiu, która co więcej znajdowała się terenie otoczonym przez "prowincje" bogate w złoża mineralne, (m. in. doniecki węgiel czy żelazo z Krzywego Rogu).

12 października 1899 roku w pałacu Potiomkina miała miejsce ceremonia otwarcia Katerynosławskiej Wyższej Szkoły Górniczej. Jej pierwszym dyrektorem został inżynier górnictwa S. Suczkow (1899-1908), drugim zaś profesor geologii M. Lebediew. Początkowo szkoła miała dwa wydziały - górniczy i fabryczny. Wyposażona była w bibliotekę z dwoma działami, muzeum minerałów oraz laboratorium chemiczne, techniczne oraz eksperymentalne. 25 kwietnia 1903 roku car Mikołaj II przyjął uchwałę Dumy dotyczącej czasu nauczania w katerynosławskiej szkole - tytuł

інженiera górnictwa otrzymywano po 4 latach kształcenia. 19 czerwca 1912 roku Duma zatwierdziła rozporządzenie mówiące o przemianach w Katerynoslawski Instytut Górnictwa. Jego pierwszym rektorem został wspomniany już wcześniej M. Lebediew. W 1912 roku kadre stanowiło 44 wykładowców, w tym 14 profesorów, zaś ilość studentów wahała się w granicach 700-800 osób.

W. Wernadski (Instytut PAN Ukrainy). Znaczący wkład w rozwój badań naukowych związanych z górnictwem wniosły instytuty Państwowej Akademii Nauk Ukrainy. Odwołując się do antycznej maksymy "początek to połowa całości" należy nadmienić postać założyciela i pierwszego kierownika Ukrainskiej Akademii Nauk (1918 r.) Włodzimierza Wernadskiego. Naukowa ścieżka wybitnego przyrodnika i uczonego-encyklopedysty w znacznym stopniu nawiązywała do nauk z dziedziny górnictwo-geologicznej i przyczyniała się do powstawania nowych idei "na styku" górnictwa i przyrodoznawstwa. Mineralogia, krystalografia, geochemia, radiogeologia, badanie biosfery i noosfery - oto dziedziny, jakimi zajmował się ukraiński uczonek. Traktował on człowieka jako naturalną część biosfery, a jego działalność uważał za najważniejszy element w geologii. Wernadski zapoczątkował badania historii górnictwo-geologicznej nauki, nadawał ogromne znaczenie przeszłości nauki i techniki.

Dorobek początku XXI wieku. Obecnie na Ukrainie gałąź przemysłu górnictwo-wydobniczego jest dobrze rozwinięta. Studia w tej dziedzinie można podjąć w Państwowym Uniwersytecie Górniczym oraz na uniwersytetach w Doniecku, Krzywym Rogu i Alczewsku. Prowadzonych jest szereg badań, istnieją specjalistyczne instytuty, działa kilka państwowych akademii, między innymi Górnicza Akademia Ukrainy czy Ukraińska Akademia Naftowo-Gazowa.

Spośród ukraińskich publikacji ostatnich lat należy wymienić trzypiętomowy "Encyklopedyczny słownik górnictwa" (2001, 2002, 2004) oraz "Małą encyklopedię górnictwa" (2004, 2007) - inicjatorem i kierownikiem obu tych wydań był W. Bileckij, Bibliotekę inżyniera górnictwa w 14 tomach (za redakcją prof. W. Byzova), sześciotomowy "Atlas naftogazowych prowincji Ukrainy" (zespół autorów) oraz rząd oryginalnych wydań z dziedziny mineralogii, geologii, teorii podziemnego wydobywania (D. Gursky, V. Bojko, V. Pavlyshyn, L. Galetsky, W. Bondarenko i in.). Pokrycie historii górnictwa na Ukrainie - w szeregu publikacji za autorstwem G. Gayko, W. Bileckiego, J. Browendera, G. Vilkula, W. Pirko i in. [1-10].

Streszczenie. 1. Potężny i wielowiekowy dorobek ukraińskiego górnictwa niezaprzeczalnie potrzebuje dziś roztoczenia nad nim profesjonalnej oraz odpowiedzialnej opieki, mającej zająć się ochroną jego artefaktów naukowych. Niezbędna do tego jest naukowa i finansowa pomoc państwa.

2. Docelowo do programów nauczania w szkołach górniczych należy wprowadzić przedmiot "Historia górnictwa", wymaga to przygotowania odpowiedniego podręcznika. Zajęcia te powinny przedstawiać wielowiekowy rozwój górnictwa jako jeden system i ewolucję dziedziny, budząc tym ciekawość studenta, podwyższając jego zaangażowanie i motywację oraz sprzyjać odrodzeniu górniczych tradycji.

3. Spośród zadań z dziedziny historii ojczyźnych nauk o ziemi i górnictwie należy w pierwszej kolejności podjąć się wydania drukiem publikacji powstałej na bazie prac uczonych z Akademii Kijowsko-Mohylańskiej XVII wieku - I. Gizela oraz F. Prokopowycza pt. "Traktat o kamieniu i gemach" - pierwszej ukraińskiej publikacji z zakresu nauk geologiczno-górnicznych.

Literatura

1. **Гайко Г.І., Білецький В.С.** Історія гірництва: Підручник. – Київ-Алчевськ: Видавничий дім Києво-Могилянської академії, Видавництво «ЛАДО» ДонДТУ, 2013. – 540 с.
2. **Білецький В.С., Г.І.Гайко** Хронологія гірництва в країнах світу. – Донецьк: Донецьке відділення НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», УКЦентр, 2006. – 224 с.
3. **Гайко Г.І.** Історія освоєння земних недр. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2009. – 269 с.
4. Дивовижний світ давнього гірництва / За заг. ред. **Г.І. Гайка**. – Алчевськ: ДонДТУ, 2005. – 130 с.
5. **Кононець О.** Розвиток природничих і технічних знань в Україні (від найдавніших часів до XVI ст.) // Праці Наукового Товариства ім. Шевченка. Т. IV. Студії з поля історії української науки і техніки. - Львів, 2000. - С. 19-38.
6. Сірополко С. Історія освіти в Україні. - Київ: Наукова думка, 2001. - 912 с.
7. Криворізький залізрудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. // **Вілкул Ю.Г.** та ін. - Кривий Ріг: Видавничий центр Криворізького технічного університету, 2006. – 583 с.
8. **Пірко В., Литвиновська М.** Соляні промисли Донеччини в XVII-XVIII ст. (Історико-економічний нарис і уривки з джерел). - Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. - 136 с.
9. **Brovender Yu., Gayko G.** Ancient mines in east Ukraine / *Materials szkoły eksploatacji podziemnej* 2003. - Krakow: IGSME PAN, 2003. – S. 609-616.
10. **Гайко Г., Білецький В., Мікось Т., Хмура Я.** Гірництво і підземні споруди в Україні та Польщі (нариси з історії). - Донецьк: Український культурологічний центр, Донецьке відділення НТШ, Редакція Гірничої енциклопедії, 2009. - 296 с.

Тлумачення на języк polski Karoliny Bursztynowicz, Pauliny Szybińskiej

Збірник наукових праць

В і с н и к

Криворізького національного університету

Випуск 38

Редактор, коректор
Комп'ютерний набір, верстка

Кривенко Т.А., Наумова Н.В.
Самойлюк О.Г.

Здано в набір 21.03.14. Підписано до друку 27.05.14 за рекомендацією Вченої Ради
ДВНЗ «Криворізький національний університет», протокол № 9.
Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 25,4 Тираж 120 прим.
Замовл. № 4. Укр., рос.

Надруковано:
ФОП Бурова Оксана Анатоліївна
Свідоцтво ДП № 159-р від 26.03.13.
50084 м. Кривий Ріг, мкр. Ювілейний, 10/104
Тел. 401-04-29

Адреса видавництва:
50027, Кривий Ріг, вул. XXII партз'їзду, 11

ДВНЗ «Криворізький національний університет»
2014. Вип. 38., С. 3-210.