Всемирная ассоциация выставочной индустрии
Российский союз выставок и ярмарок
Торгово-промышленная Палата РФ

УГОЛЬ и МАЙНИНГ РОССИИ

2013

Международная научно-практическая конференция

Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов

Сборник научных статей

Новокузнецк
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»

Международная научно-практическая конференция

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных статей

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Новокузнецк
2013

УДК 622.2
Н 340

Н 340 Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2013. – 295 с.

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции, проводимой в рамках выставки-ярмарки «Уголь России и Майнинг». Кратко изложены результаты научных и практических работ по направлениям решения проблемы стабилизации угольной промышленности в рыночных условиях. Материалы конференции включают в себя статьи по следующим секциям: технология и техника горного производства, экономика горнодобывающих регионов, электротехнические, энергосберегающие и геоинформационные системы, системы автоматизации управления, безопасность технологии добычи угля и шахтного метана, применения углепродуктов и техногенных отходов. Представленные материалы позволят ученым и производственникам оценить эффективность различных подходов к решению угольной проблемы.

Сборник рассчитан на научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Редакционная коллегия:
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев, д.т.н. Л.Д. Павлова (технический редактор),
д.э.н. Т.В. Петрова, д.т.н., профессор Е.В. Пугачев,
д.т.н., профессор В.Н.Фрянов (ответственный редактор)

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2013

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 622.23:52

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ

Фрянов В.Н., Павлова Л.Д.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Настоящая статья является продолжением цикла работ, посвященных созданию роботизированной технологии выемки угля [1,2]. В статье [1] дано обоснование общей концепции создания роботизированной технологии подземной угледобычи. В работе [2] изложены результаты исследований по прогнозу геомеханических параметров одного из вариантов камерной системы разработки при выемке угля роботизированным комплексом без присутствия людей в забое.

В настоящей статье разработаны и предлагаются научные основы и программа исследований для геомеханического и газодинамического обеспечения роботизированной технологии выемки угля на угольных шахтах.

Сложившаяся ситуация в угольной промышленности России характеризуется интенсификацией технологических процессов угледобычи с применением высокопроизводительной техники, в том числе импортной, при отработке угольных пластов по технологии, обеспечивающей применение этой техники и высокие технико-экономические показатели. Как правило, отрабатываются пологие угольные пласты средней мощности с минимальной дизъюнктивной нарушенностью. При отработке мощных пластов и недостаточной раздвижностью секций механизированной крепи в кровле или почве пласта оставляется угольная пачка, которая в выработанном пространстве после разрушения является источником возникновения эндогенных пожаров. Такая технология отработки угольных пластов получила в горной практике название выборочной. Как правило, применяется система разработки длинными столбами по простиранию с выемкой угля в комплексно-механизированым забое (КМЗ) с полным обрушением пород кровли. Для эффективной отработки пластов по выборочной технологии длина выемочного поля принимается более 2 км, длина КМЗ более 200 м.

Угольные шахты, отрабатывающие угольные пласты в условиях, неблагоприятных для выборочной технологии, как правило, оказываются нерентабельными и консервируются с целью продолжения отработки остаточных запасов в пределах горного отвода по новым прогрессивным и высокопроизводительным технологиям, которые будут созданы в будущем. Естественно, появление новой технологии угледобычи, в том числе и роботизированной выемки угля, учитывая низкую её эффективность в период экспериментальных работ и при внедрении в производство, не получит возможность её применения для отработки запасов угольных пластов, благоприятных для современных высокопроизводительных длинных КМЗ. Ограничения для применения новых технологий возможны как по инвестициям, так и по количеству и качеству угля на участках пластов, неблагоприятных для применения длинных КМЗ.

В этой связи, следует при разработке основных научных положений роботизированной технологии выемки угля и технических средств, в том числе роботизированных и автоматизированных, ориентироваться на отработку запасов угля в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях, в том числе:

– участки пластов неправильной геометрической формы на периферии шахтного поля или блоков и у выходов пластов под наносы;

– наличие геологических нарушений в виде непереходимых длинным КМЗ дизъюнктивов, пликативных форм залегания пластов с переменным углом падения, переменной мощностью пласта и др.;

– участки пластов под затопленным водой выработанным пространством, в том числе под очагами действующих эндогенных пожаров;

– участки пластов с высокой газоносностью, в том числе при наличии свиты высоко газоносных сближенных пластов, трещин разлома в породах почвы с выделениями глубинного метана, суфлярной миграцией вредных газов и др.

Создаваемая технология роботизированной выемки угля должна быть адаптивной к указанным осложняющим факторам и конкурентоспособной по сравнению с длинными КМЗ. Одним из главных преимуществ роботизированной технологии угледобычи (РТУ) по сравнению с длинными КМЗ должно быть обеспечение промышленной безопасности за счёт исключения из технологических процессов опасного тяжёлого труда шахтера и расширения сферы действия работников в качестве операторов дистанционного управления роботизированными техническими устройствами.

В этих условиях влияние указанных выше опасных факторов должно компенсироваться действиями робота в специфической опасной для человека среде: высокое горное давление; наличие в шахтной атмосфере опасных газов, в том числе пожарных; концентрация метана в выработанном пространстве и очистных и подготовительных забоях выше регламентированной Правилами безопасности [3]; повышенный приток воды в горные выработки; наличие опасных по прорывам воды зон; неустойчивые породы кровли; взрывоопасность угольной пыли; высокая вероятность возникновения горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа.

Указанные осложняющие условия существенно ограничивают область применения систем разработки с выемкой угля длинными КМЗ. Поэтому даже частичное решение проблем по профилактике или устранению опасных факторов при применении РТУ позволит расширить область применения других технологий подземной разработки угольных месторождений.

По уровню негативного влияния на рентабельность и промышленную безопасность проявлений указанных осложняющих факторов экспертно можно ранжировать следующим образом:

1) взрывы метановоздушной смеси, которые приводят к групповым несчастным случаям и остановкам производства на длительный период, необходимый для ликвидации аварийной ситуации (шахты «Тайжина», «Ульяновская», «Распадская» и др. в Кузбассе);

2) опасные геомеханические и газодинамические процессы в виде обрушений пород кровли, пучения пород почвы, горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа. Эти явления сопровождаются меньшими человеческими жертвами, однако, частота их проявления высокая (до 30% всех аварийных ситуаций). Экономический ущерб от негативного влияния этой группы факторов проявляется в необходимости проведения дополнительных мероприятий по повышению устойчивости пород кровли, ремонту и поддержанию горных выработок, профилактике газодинамических явлений. Наиболее опасная ситуация возникает при взаимодействии геомеханических и газодинамических факторов;

3) подземные эндогенные и экзогенные пожары, которые приводят к меньшим человеческим жертвам по сравнению с взрывами метана и пыли, но по экономическим критериям сопровождаются длительной остановкой очистных работ на период, необходимый для ликвидации последствий аварии и подготовки готовых к выемке запасов угля на новых участках.

В соответствии с проведённым ранжированием влияния опасных факторов в настоящей статье приведены теоретические исследования для разработки рекомендаций по предотвращению последствий аварий проявлений при роботизированной выемке угля первых двух групп факторов: взрывов метановоздушной смеси и взаимодействующих геомеханических и газодинамических процессов.Результаты исследований влияния остальных факторов будет рассмотрено в последующих работах авторов.

Согласно [4] в период 1988-1997 гг. количество всех взрывов метановоздушной смеси в угольных шахтах России достигло 115, а в период 1998-2007 гг. – 63, то есть снизилось почти в два раза. Однако число погибших людей в шахтах за эти же соответству-

ющие периоды возросло с 176 до 297, а тяжесть каждого взрыва возросла от 1,53 до 4,71 чел./взрыв.

Результаты комиссионного расследования аварий после взрыва метановоздушной смеси подтверждают, что причиной взрыва является, как правило, взаимодействие геомеханических и газодинамических процессов: зависание пород кровли над выработанным пространством, формирование газового коллектора в зоне сдвижения подработанных горных пород, обрушение пород кровли над выработанным пространством, формирование ударной волны метановоздушной смеси, порыв электрического кабеля под напряжением, взрыв метановоздушной смеси, подземный пожар. Указанные последствия и факторы роста тяжести аварий подтверждают актуальность исследований по созданию механизма управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами как при традиционной отработке угольных пластов длинными очистными КМЗ, так и при роботизированной выемке угольных пластов.

В качестве основного теоретического направления развития безопасной технологии подземной угледобычи предлагается создание механизма рационального управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами, обеспечивающего прогноз предаварийных ситуаций и оперативную корректировку технологических и организационных режимов для эффективной и безопасной отработки угольных пластов в геосреде с пространственно-временной иерархией системы породных блоков, линеаментов и горных выработок.

При выполнении исследований взаимодействия геомеханических и газодинамических процессов в геосреде предлагается изучить влияние на эффективность и безопасность горных работ на шахтах следующих основных факторов: пространственно-временной иерархии системы породных блоков, линеаментов и горных выработок; динамику метана в зоне сдвижения горных пород и в горных выработках; скорость изменения объёма газового коллектора в выработанном пространстве; источники воспламенения с энергией, достаточной для возникновения очага самовозгорания метана, пыли, угля и др.; угольной пыли в очистном выработанном пространстве и горных выработках; склонность к самовозгоранию разрыхленного угля в выработанном пространстве.

Перспективным направлением для создания комплексной теории дезинтеграции горных пород под влиянием горного давления и миграции флюидов, с целью создания способов и средств эффективного управления метановоздушной смесью в газовом коллекторе углепородного массива и выработанного пространства, является развитие научных основ нелинейной динамики разрушения породных массивов и иерархической организации блочных систем. Для этого использованы фундаментальные исследования, изложенные в монографиях и научных статьях П.А. Белова, А.А. Борисова, С.В. Гольдина, Л.Б. Зуева, Г.И. Кулакова, С.П. Курдюмова, С.А. Лурье, В.Н. Опарина, И. Пригожина, М.А. Садовского, Дж. Си, Г. Хакена и др. [5-17 и др.].

Установлено, что до настоящего времени разработано несколько гипотез и вариантов моделей дезинтеграции пород и формирования газовых коллекторов в геосреде. Однако применение этих гипотез даже на начальном этапе отработки выемочных участков не привело к положительным практическим рекомендациям по эффективному управлению зависающими породами кровли, формой и размерами газового коллектора при неравномерном движении высокопроизводительных длинных КМЗ. Исторически это связано с тем, что после внедрения на шахтах механизированных крепей поддерживающего типа в нормативной и проектной документации принято формальное соглашение, утверждающее монопольное управление кровлей полным обрушением. Фактически в горной практике управление кровлей за секциями механизированной крепи в выработанном пространстве не проводится.

Для создания алгоритма дезинтеграции подрабатываемых пород кровли и формирования газового коллектора с учетом скорости подвигания очистного забоя, формы и

размеров выработанного пространства целесообразно провести анализ направлений научных исследования, посвященных решению этой научной задачи (табл. 1).

Таблица 1

План проведения экспериментальных и теоретических исследований по исследованию закономерностей взаимодействия геомеханических и газодинамических процессов в углепородном массиве

№ п/п	Наименование этапов	Содержание выполняемых работ
1	Анализ практики, теории и моделей взаимодействия геомеханических и газодинамических процессов в геодинамическом и техногенном полях напряжений блочного массива при разработке месторождений полезных ископаемых	1.1 Анализ результатов исследований предшественников по управлению геомеханическими и газодинамическими процессами, синергетике, теории и практике природной и техногенной дезинтеграции и формированию многоуровневой блочной структуры горного массива при разработке месторождений полезных ископаемых
		1.2. Обоснование альтернативных и оптимального вариантов плана и программы проведения экспериментальных и теоретических исследований
		1.3. Разработка модели многоуровневой иерархической системы природных блоков и линеаментов в углепородном массиве с учётом интегрального влияния гравитационного и геодинамического полей напряжений
		1.4. Разработка модели изменения параметров многоуровневой иерархической системы природных блоков и линеаментов в углепородном массиве под влиянием горных выработок
2	Теоретические и натурные исследования процессов миграции и перехода метана из гидратного в клатратное и газообразное состояние с учётом влияния горных выработок, природных и техногенных блоков и линеаментов	2.1. Теоретические исследования и математическое моделирование процессов и условий перехода метана из гидратного в клатратное и газообразное состояние в многоуровневой иерархической системе природных блоков и линеаментов
		2.2. Лабораторные и шахтные исследования влияния иерархической системы природных и техногенных блоков и линеаментов на интенсивность миграции флюидов в углепородном массиве
3	Разработка модели формирования напряжений, деформаций и повреждений в иерархически структурированном углепородном массиве с учётом гравитационного, геотектонического и техногенного полей напряжений	3.1. Разработка модели формирования напряжений, деформаций и повреждений в иерархически структурированном углепородном массиве с учётом гравитационного и геотектонического полей напряжений
		3.2. Разработка модели формирования напряжений, деформаций и повреждений в иерархически структурированном углепородном массиве с учётом интеграции природного и техногенного полей напряжений
4	Закономерности распределения напряжений и давления метана в газонасыщенном углепородном массиве в окрестности горных выработок с	4.1. Исследование закономерностей распределения напряжений и давления метана в нетронутом газонасыщенном углепородном массиве, осложнённым природными поверхностями ослабления, заполненными флюидами

№ п/п	Наименование этапов	Содержание выполняемых работ
	учётом влияния пространственно-временной иерархии блочного углепородного массива	4.2. Исследования распределения напряжений, деформаций, дебита и давления метана в окрестности системы взаимовлияющих очистных и подготовительных горных выработок с учётом пространственно-временной иерархии блочного углепородного массива и миграции флюидов
5	Разработка механизма рационального управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами в геосреде с пространственно-временной иерархией системы породных блоков, линеаментов и системы горных выработок. Обобщение и адаптация результатов исследований к технологии роботизированной выемки угля	5.1. Синтез механизма рационального управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами в геосреде с пространственно-временной иерархией системы породных блоков, линеаментов и горных выработок
		5.2. Разработка дополнений и корректировок нормативных документов для внедрения механизма управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами в геосреде с пространственно-временной иерархией системы породных блоков, линеаментов и горных выработок
		5.3. Разработка методики расчёта геомеханических и газодинамических параметров для применения технологии роботизированной выемки угля

Для решения поставленных научных задач по исследованию распределения напряженно-деформированного состояния (НДС) неоднородного углепородного массива с учетом влияния горных выработок, геологических нарушений разрывного типа, зон вероятного формирования газовых коллекторов используется разработанный в СибГИУ авторский пакет компьютерных программ, в котором реализован алгоритм метода конечных элементов (МКЭ). При разработке пакета программ в качестве основного принят алгоритмический язык FORTRAN. Настройка входных параметров при численном моделировании проведена по результатам шахтных исследований на шахтах Кузбасса и физического моделирования на моделях из эквивалентных материалов. Минимальный размер конечного элемента принят при моделировании $3.1 \cdot 10^{-6}$ м^3, что позволило изучить закономерности миграции флюидов в трещиноватом угольном массиве.

Ниже приведены некоторые результаты первого этапа исследований.

На рис. 1 показано распределение смещений пород в зоне сдвижения под влиянием движущегося очистного забоя. Как следует из рис. 1, оси полуэллипсов смещений наклонены в сторону монтажной камеры, что связано с влиянием времени подвигания очистного забоя в пределах выработанного пространства на ползучесть горных пород. Необходимо отметить, что максимальная интенсивность изменения смещений наблюдается вблизи краевых участков отрабатываемого пласта 26а и в подработанных пластах, то есть вероятность образования дополнительных трещин на этих участках высокая. Наиболее подверженными максимальным касательным напряжениям оказались также участки углепородного массива вблизи краевых зон отрабатываемого угольного пласта 26а. Соответственно следует ожидать в этих зонах возможность формирования дополнительных трещин для миграции флюидов.

Для определения зоны повышенной трещиноватости введено понятие коэффициента дезинтеграции F угля и пород как отношение

$$F = \frac{\tau_{\text{пасп}}}{\tau_{\text{МКЭ}}},$$

где $\tau_{пасп}$ – касательные напряжения, принятые по паспорту прочности горных пород; $\tau_{мкэ}$ – касательные напряжения, вычисленные методом конечных элементов.

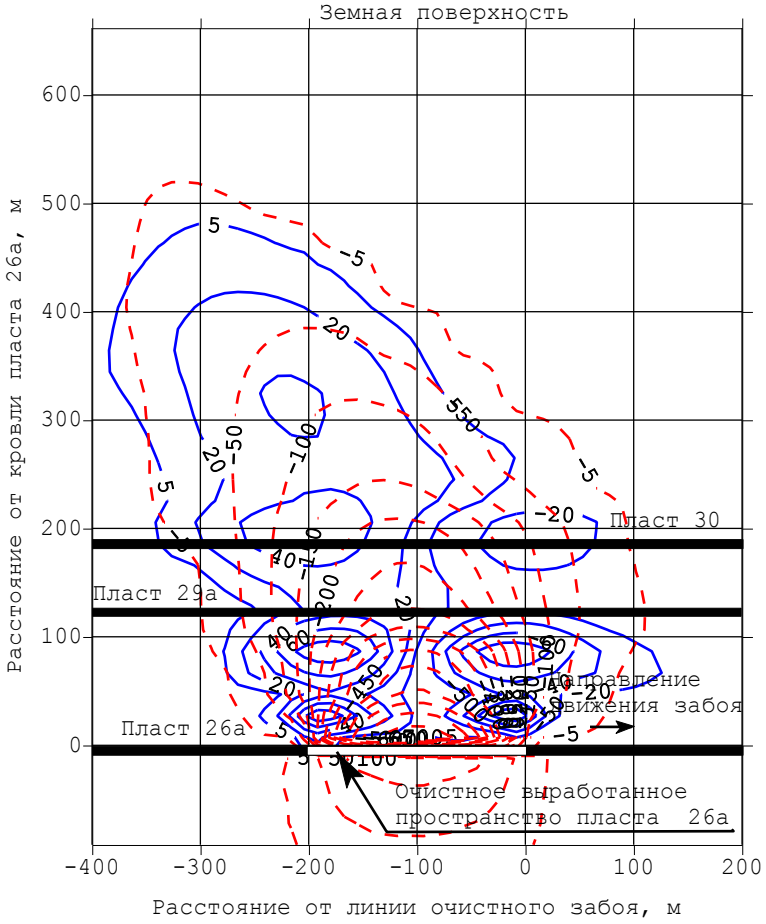


Рис. 1 – Изолинии распределения вертикальных (пунктирные линии) и горизонтальных (сплошные линии) смещений (мм) в зоне влияния очистного выработанного пространства пласта 26а Байдаевского месторождения Кузбасса

Характер распределения коэффициента дезинтеграции в зоне сдвижения углепородного массива показан на рис. 2.

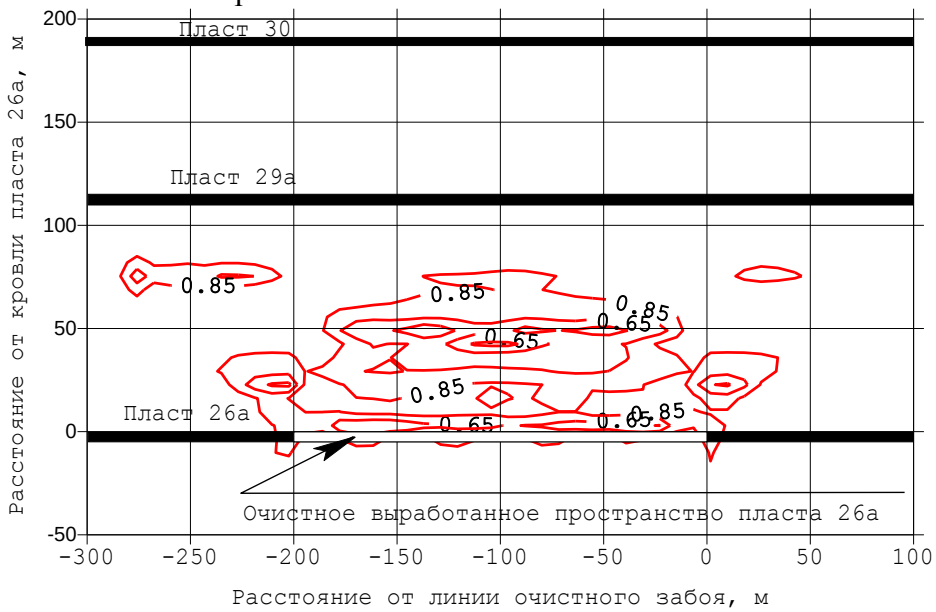


Рис. 2 – Изолинии распределения коэффициента дезинтеграции в зоне влияния очистного выработанного пространства пласта 26а Байдаевского месторождения Кузбасса

Согласно графикам рисунка 2 высота зоны вероятного формирования газового коллектора в кровле отработанного пласта может достигать (0,3-0,4) L, где L- длина выработанного пространства, или 25 кратной вынимаемой мощности пласта.

Выводы

1. Проведено ранжирование негативных факторов, влияющих на эффективность и безопасность отработки угольных пластов по традиционным и роботизированным технологиям. Наиболее существенными являются взаимодействующие геомеханические и газодинамические процессы.

2. Разработана программа проведения научных исследований для создания теоретических основ дезинтеграции горных пород и миграции по линеаментам флюидов на основе нелинейной динамики разрушения горного массива и иерархической организации блочной системы геосреды для эффективного управления взаимодействующими геомеханическими и газодинамическими процессами.

3. Приведены результаты численного моделирования методом конечных элементов с настройкой входных параметров модели по натурным измерениям, подтверждающие возможность формирования газового коллектора в зоне сдвижения подработанных пород.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки по контракту №5.3832.2011

Список литературы

1. Фрянов В.Н. Перспективные направления исследования технологии подземной угледобычи/ В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова//Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей.- Новокузнецк: СибГИУ, ЗАО «Кузбасская ярмарка», 2009. – С. 5-13.

2. Фрянов В.Н. Научные основы подземной технологии роботизированной выемки угля/ В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова//Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей.- Новокузнецк: СибГИУ, ЗАО «Кузбасская ярмарка», 2011. – С. 39-49.

3. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11 / Колл. авт. – М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 296 с.

4. Качурин Н.М. Системный подход к снижению риска и локализации последствий взрывов метана в угольных шахтах / Н.М. Качурин, А.М. Борщевич, О.Н. Качурина // Известия вузов. Горный журнал. - 2010. - №4. С. 19-24.

5. О пульсирующем режиме сейсмоэнерговыделения из напряженных участков шахтных полей / В.Н. Опарин, В.И. Востриков и др. в сб. Проблемы и перспективы развития горных наук. Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004. – С. 7-15.

6. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. - М.: КДУ,2005. 560 с.

7. Фисенко Г.Л. Предельные состояния горных пород вокруг выработок / Г.Л. Фисенко. - М.: Недра, 1976. – 272 с.

8. Рубан А.Д. Теоретические и экспериментальные исследования сейсмоакустических волновых полей, регистрируемых в шахтных условиях / А.Д. Рубан, В.Н. Захаров. - в сб. Проблемы и перспективы развития горных наук. Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004. – С. 80-92.

15. Курленя М.В. Техногенные геомеханические поля напряжений / М.В. Курленя, В.М. Серяков, А.А. Еременко.- Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с. Курленя М.В. Технологические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири / М.В. Курленя, А.А. Еременко, Л.М. Цинкер, Б.В. Шрепп.- Новосибирск: Наука, 2002. – 244 с.

9. Опарин В.Н. Научные открытия межтысячелетия в геомеханике и перспективы их применения / В.Н. Опарин. В сб. Геодинамика и напряжённое состояние недр Земли. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2008. – 572 с.

10. Соловицкий А.Н. Интегральный метод контроля напряжённого состояния блочного массива горных пород. - Кемерово, КузГТУ,2003. -260 с.

11. Динамические формы проявления горного давления / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов, В.М. Шик. - СПб.: Наука, 2009. -347 с.

12. Грицко Г.И. Геологические предпосылки «блуждающей опасности» внезапных выбросов угля и газа в шахтах / Г.И. Грицко // Сибирский уголь в XXI веке. 2009. № 4-5. – С. 26-28.

13. Нелинейная механика геоматериалов и геосред / П.В. Макаров [и др.]; под ред. Л.Б. Зуева. - Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. - 235 с.

14. Теория 4D-сред с сохраняющимися дислокациями / П.А. Белов, С.А. Лурье // Механика твёрдого тела. 2008. - № 4. –С.26-41.

15. Стекольщиков Г.Г. Природа, механизм и классификация внезапных прорывов и экстремальных выделений метана в лавы из-под и надрабатываемых высокогазоносных угольных пластов / Г.Г. Стекольщиков, В.Н. Пузырёв // Управление газовыделением в угольных шахтах: Межвуз. сб.науч. трудов. Кемерово: КузГТУ, 1995. – С.47-59.

16. Адаптация методов мезомеханики к исследованию процессов деформирования и разрушения угля / А.А. Трубицын, П.В. Макаров, О.И. Черепанов и др. – Кемерово: Кузбасс-ЦОТ, 2002. 118 с.

17. Си. Дж. Мезомеханика, понятие сегментации и мультискейлинговый подход: нано-микро-макро / Дж. Си // Физическая мезомеханика. – 2008.-Т.11.- № 3. С. 5-18.

УДК 622.232

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОТЧЕТОВ ОЦЕНОК XMDA СИСТЕМЫ MARCO SYSTEMANALYSE UND ENTWICKLUNG GMBH (ГЕРМАНИЯ) ПРИ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ШАХТЕ «КОМСОМОЛЕЦ» ОАО «СУЭК – КУЗБАСС»

Клишин В.И., Вессель А.О.
Институт угля СО РАН,
г. Кемерово, Россия

Объект исследования: Лава 1741 ОАО «СУЭК – Кузбасс» ПЕ шахта «Комсомолец». Предметом исследования является система оценок XMDA фирмы marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH (Германия).

Цель работы – разработка рекомендаций для оптимизации ремонтных и сервисных работ механизированной крепи и электрогидравлической системы marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH.

Автоматизация производственных процессов в очистном забое является главным направлением повышения интенсификации подземной добычи минеральных ресурсов, увеличения производительности труда, обеспечения безопасности ведения добычного процесса, а так же создание комфортных условий для обслуживающего персонала и работников угольного предприятия.

Механизированная секция крепи – основной элемент очистного забоя, обеспечивающая безопасность горно – выемочного процесса. Скорость крепления обнаженного пространства, наличие различных режимов управления (пооперационный, групповой функциональный, групповой автоматический, роботизированный) и удобство управления комплексом – основные параметры, предъявляемые при выборе автоматизированных систем управления крепью.

Значительный опыт и инновационные решения накоплены у различных зарубежных производителей систем автоматизированного управления крепью:

1. Marco Systemanalyse und Enwicklung GmbH (Германия).
2. Tiefenbach Control Systems GmbH (Германия).
3. OHE Mining Technology GmbH (Германия).
4. Elektro-Elektronik Pranjic GmbH (Германия).
5. CENTRUM HYDRAULIKI Dirk Otto Hennlich Sp. z o.o. (Польша).

В составе комплексных систем для разработок длинными забоями:

1. Caterpillar Inc. (США).
2. JOY GLOBAL Inc. (США).
3. ООО «Ильма МК» (Россия).

Принцип работы автоматизированных систем управления секцией крепи (АСУК) одинаков, однако имеются некоторые различия производителей.

Основным звеном автоматизации управления крепью для электрогидравлической системы marco Systemanalyse und Enwicklung GmbH является прибор управления лавой pm32. Этот взрывозащищенный контролер устанавливается на каждую секцию. Pm32 собирает информацию со всех датчиков, установленных в секции, контролирует положение секции, выводит показания на графический дисплей а так же передает информацию на централь (подземный компьютер).

Подземная централь осуществляет визуализацию процессов находящихся в лаве, аккумулирует информацию с каждого прибора управления pm32, архивирует, и передает данные на поверхностный компьютер, способ передачи (протокол TCP/IP оптоволокно либо 2 витая пара).

Для обработки данных используется специализированное программное обеспечение процессор XALZ. Основные данные процессора XALZ:

1. Схематичное изображение очистной выработки.
2. Положение очистного комбайна.
3. Уровни давления в гидравлических стойках, где установлен датчик давления.
4. Расстояние цилиндра передвижки секции в сантиметрах.
5. Наклон секции.
6. Положение верхняка секции и т.д.

Список возможной информации на экране не исчерпывающий, также существует подключение по электрической части (токи комбайна и датчиков замыкания на землю).

Программное обеспечение XMDA (extended maintenance data acquisition) собирает и архивирует все данные лавы на центральных процессорах (pm3.1/ze, XALZ) под землей и на поверхности. На основании этих данных пользователь может генерировать различные статистические оценки и отчеты – автоматически или запуская их вручную (при необходимости), – с выдачей готовых оценок на экран, на печать или для экспорта в другой формат файлов с целью дальнейшей обработки.

Существует различное количество оценок применимых непосредственно к крепи:

1. Электрика:

– потребление тока;
– контроль стандартных датчиков;
– электропитание;
– замыкание на землю для секции крепи.

2. Гидравлика:

– давление в стойках 2D во времени;
– максимальное давление в стойках 2D;
– уровни давления в стойках;
– давление напора;
– давление слива;

– гидравлические проблемы.

3. Крепь:

– секция крепи;
– группа секции крепи;
– дополнительные датчики для всей лавы;
– дополнительный датчик для секции крепи;
– переключение клапанов;
– изменение высоты лавы;
– изменение высоты секции крепи;
– датчики верхняков для выпуска.

Программа XMDA обеспечивает следующие возможности:

1. Профилактическое обслуживание.
2. Целевой поиск ошибок.
3. Документирование состояние лавы.

С декабря 2011 года на шахте «Комсомолец» ПЕ ОАО «СУЭК – Кузбасс» введен в эксплуатацию механизированный комплекс GLINIK 15/32 и TAGOR 15/32 совместно с системой электрогидравлического управления фирмы marco Systemanalyse und Enwicklung GmbH (Германия). Выемочный столб 1741 пласта Брееского имеет отрабатывается в горно – технических условиях, указанных в табл. 1.

Таблица 1

Горно – технические условия выемочного столба 1741

Номер	Фактор	Значение (способ, метод)
1	Система разработки	Длинными столбами по простиранию
2	Способ управления кровлей пласта	Полное обрушение
3	Схема отработки выемочного столба	Обратным ходом
4	Направление отработки столба	Правое
5	Длина выемочного столба, м	2530
6	Длина лавы, м	300
7	Производительность механизированного комплекса, т/сутки	До 10000
8	Марка (код) угля по ГОСТ Р 30313-95	Марка Г
9	Запасы угля выемочного столба, млн. тонн	2
10	Уголь падения пласта: по лаве, град по длине столба, град	 12°-25° 0°-5°
11	Мощность пласта вынимаемая, м	2,80
12	Сопротивление угля резанию, кН/см	10 – 15
13	Приток воды (максимальный), $м^3$	До 5

Далее необходимо рассмотреть автоматически сформированные отчеты оценок XMDA, проанализировать и составить список определенных выводов и рекомендаций по более эффективному ремонту и управлению механизированным комплексом, в том числе системы marco Systemanalyse und Enwicklung GmbH.

На рис. 1 «Процесс передвижки линейных домкратов» цветовая гамма является обозначением минимального и максимального (от 0 см до 85 см) длина штоковой полости цилиндра передвижки. Кривые черные линии – траектория движения добычной машины. По оси «х» временной промежуток, по оси «у» количество секций. Количество секций крепи 174, временной промежуток 24 часа (13.06.2012, 07:00 по 14. 06.2012, 07.00).

Из рис. 1 следует:

1. Комбайн работает односторонней схемой зарубки на концевых участках лавы.

2. Секции выполняют цикл передвижки, сразу после прохода комбайна в автоматическом модусе «с шагом назад» и передвигают конвейер.

3. Передвижка конвейера требует значительного времени (красная область графика). Предположительно, передвижка секций и крепи осуществляется посредством групповых автоматических функций.

4. Белые линии на графике характеризуют отсутствие или неисправность датчика передвижки (по оси «x»). По оси «y» – отсутствие напряжения.

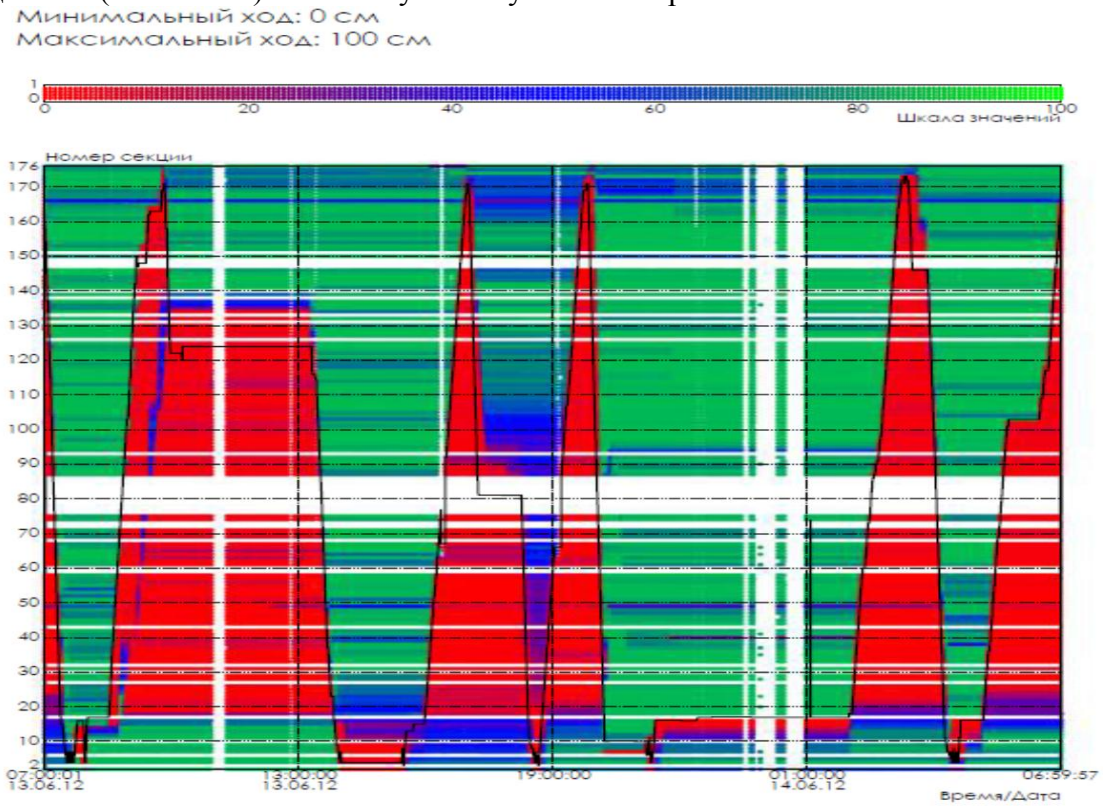


Рис. 1. Процесс передвижки линейных домкратов

Таким образом, необходимо:

1. Проверить исправность датчиков передвижки и кабельных перемычек к ним на секциях: 3, 6, 10, 17, 30, 27, 32, 43, 58-60, 68, 72-73, 77-86, 93, 126, 131, 133, 138, 140, 147-149, 151;

2. Осуществить подключение электрогидравлической системы marco к источнику бесперебойного питания.

На рисунке 2 по оси абсцисс (X) заданы дата и время, по оси ординат (У) заданы номер секции крепи. С помощью этих данных можно определить давление в определенной области в любой момент времени.

Цветовая шкала значений соответствует уровню давления (красный – минимальное, синий – среднее, зеленый – высокое). Исследуемый временной промежуток 24 часа (13.06.2012, 07:00 по 14. 06.2012, 07:00).

Из рисунка 2 следует:

1. Низкое давление распора на секциях №14, 16, 17, 64, 146, 154, 169,61,138, 136, 137, 150, 174.

2. Переход от синей к светло-зеленой области изображения показывает высокую конвергенцию пласта. Это особенно проявляется в областях с 70 по 123 и с 17 по 40 секции.

3. Секция крепи №61, на протяжении всего времени секция не достигла рабочего давления (красная линия по оси абсцисс).

4. Белые линии на графике показывают отсутствие напряжения в определенный момент времени (примерно с 0:00 до 01:00).

Из вышеуказанного необходимо:

1. Проверить исправность датчиков давления и кабельных перемычек к ним на секциях: №59,70,101,102- правый датчик; 31, 47,61-63, 84, 99-100, 116– левый датчик.

2. Проверить исправность стоек, стоечных замков и предохранительных клапанов на секциях: 61, 97, 153.

3. Обслуживающему персоналу при передвижке секций необходимо распирать секции до значения превышающего 120 бар т.к. дораспорная автоматика активируется только при значении давления более 120 бар.

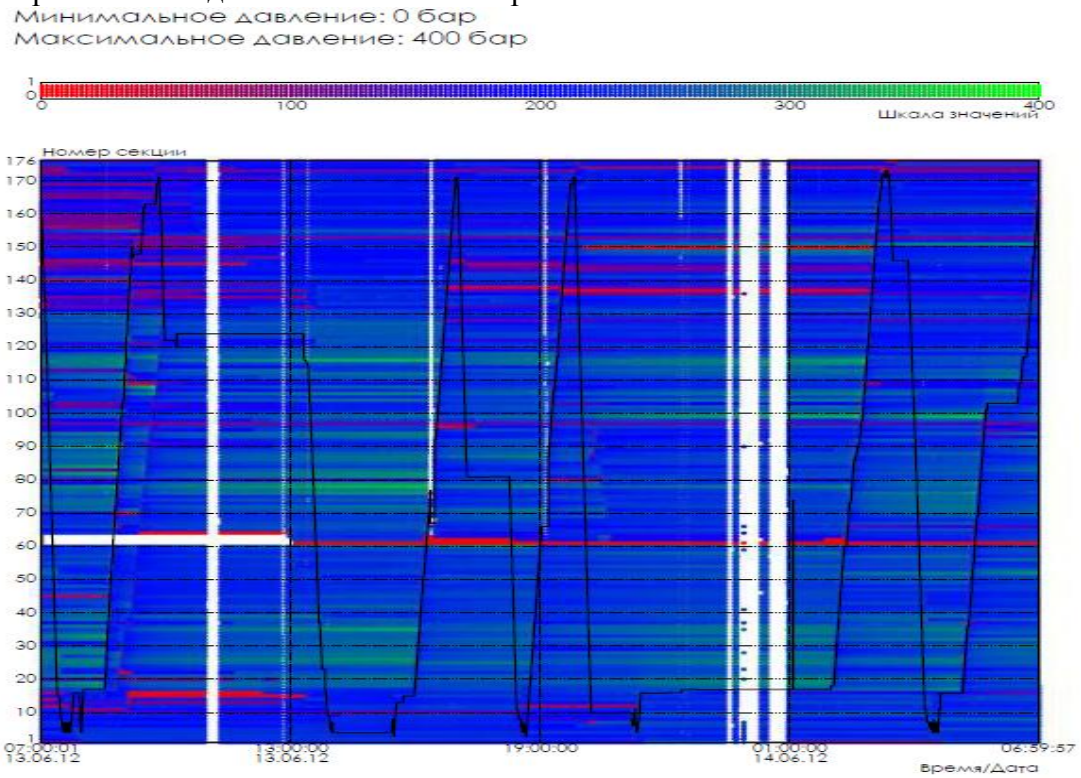


Рис. 2. Давление в стойках по времени. Давление в двух стойках

Шкала значений от 0 до 100% рисунка 3 определяет потребление тока (зеленое минимальное, красное максимальное). По оси абсцисс (X) заданы дата и время, по оси ординат (У) заданы номер секции крепи. Исследуемый временной промежуток 24 часа (13.06.2012, 07:00 по 14. 06.2012, 07:00).

Из рис. 3 следует:

1. Красная и синяя индикация соответствует максимальному потреблению тока при активации автоматических функций (например, автоматический рабочий цикл 4 секций).

2. Замыканий по линии электропитания не выявлено. Кратковременная 100% загрузка сетевых блоков питания вызвана срабатыванием одновременно большого количества клапанов предварительного управления.

3. На 81 секции было зафиксировано просадка напряжения питания до значения 9 В.

Рекомендации по данной индикации следующие:

1. Решением проблемы снижения нагрузки на сетевые блоки питания может быть установка их чаще, например через 5 секций.

2. Необходимо проверить кабельные перемычки между пультами управления на секциях 80 – 82.

Таким образом, проанализированы три оценки системы автоматизированных отчетов XMDA фирмы marco Systemanalyse und Enwicklung GmbH (процесс передвижки линейных домкратов, давление в стойках по времени и потребление тока в общей цепи).

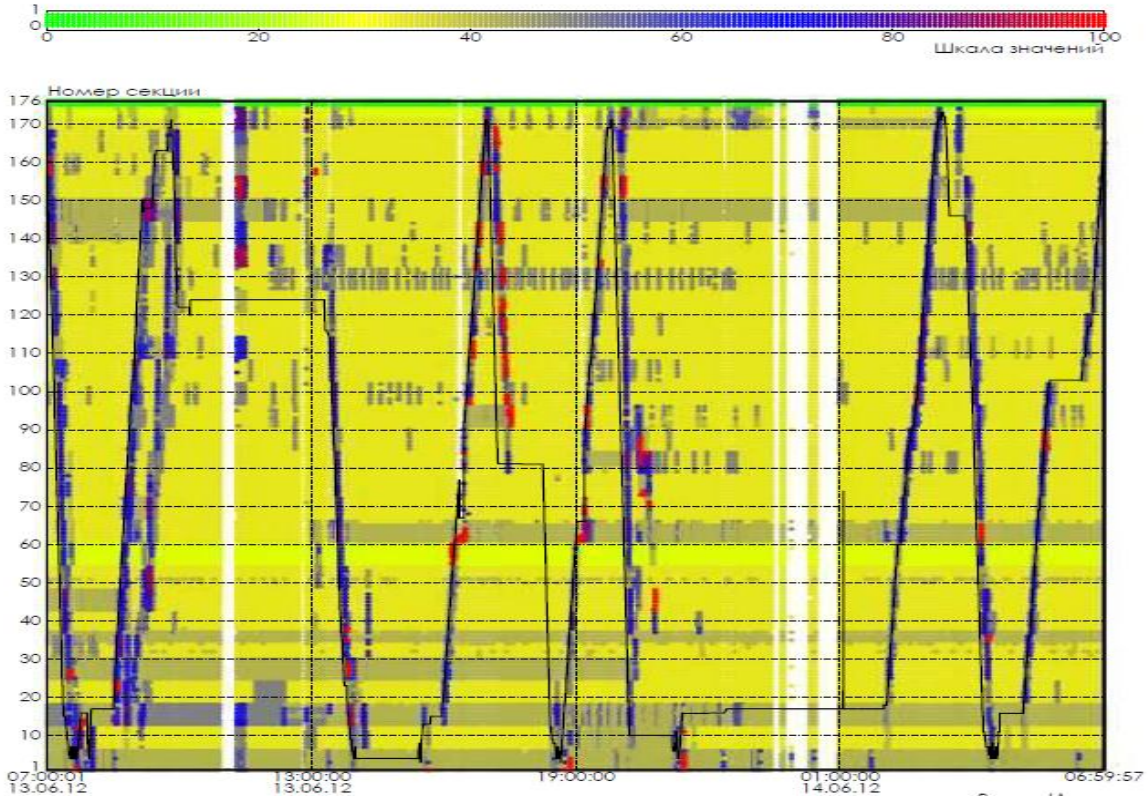


Рис. 3. Потребление тока

Разработан ряд основных рекомендаций для оптимизации ремонтных и сервисных работ механизированной крепи и электрогидравлической системы marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH:

1. Управление механизмом передвижки секции крепи осуществляется в групповом автоматическом режиме по 15 решетаков «с шагом назад», что свидетельствует о компетентности рабочего персонала шахты и эффективности добычи угля.
2. Проверить исправность датчиков передвижки и кабельных перемычек к ним на секциях: 3, 6, 10, 17, 30, 27, 32, 43, 58-60, 68, 72-73, 77-86, 93, 126, 131, 133, 138, 140, 147-149, 151.
3. Осуществить подключение электрогидравлической системы marco к источнику бесперебойного питания.
4. Проверить исправность датчиков давления и кабельных перемычек к ним на секциях: №59,70,101,102- правый датчик; 31, 47,61-63, 84, 99-100, 116– левый датчик.
5. Проверить исправность стоек, стоечных замков и предохранительных клапанов на секциях: 61, 97, 153.
6. Обслуживающему персоналу при передвижке секций необходимо распирать секции до значения, превышающего 120 бар, так как дораспорная автоматика активируется только при значении давления более 120 бар.
7. Решением проблемы снижения нагрузки на сетевые блоки питания может быть установка их чаще, например через 5 секций.
8. Необходимо проверить кабельные перемычки между пультами управления на секциях 80 – 82.

Список литературы

1. Оппельт Клаус.XMDA. Разработка. Бабенхаузен, Германия.: 2009. 325 с.
2. Ройтер Мартин. Комбайновая лава. Дахау, Германия.: 2008. 15 с.

УДК 622.271.326

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОБВОДНЕННЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПЛАСТАМИ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ

Ческидов В.И., Бобыльский А.С., Резник А.В.
Институт горного дела СО РАН
г. Новосибирск, Россия

Предложена технология разработки обводненных угольных месторождений Канско-Ачинского буроугольного бассейна без предварительного осушения продуктивной толщи. Обоснована целесообразность селективной выемки вскрышных пород с крепкими включениями средствами гидромеханизации с организацией в выработанном карьерном пространстве технологического водоема и породного гидроотвала.

Топливно-энергетический комплекс Сибири, обладая значительными сырьевыми ресурсами и достаточно развитой производственной инфраструктурой, был и остается главной энергетической базой России. Ведущими учеными и специалистами обоснована целесообразность увеличения в ближайшие 10-15 лет доли угля в топливно-энергетическом балансе страны до 25-30% против 15-17%, сложившихся в последние годы [1]. В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2020 года» добыча угля в стране должна быть доведена к 2020 г. до 400-430 млн. т [2]. При этом преимущественное развитие будет иметь наиболее эффективный и безопасный открытый способ добычи угля и, прежде всего, в Кузнецком и Канско-Ачинском угольных бассейнах. Проблемы открытой разработки месторождений этих бассейнов достаточно широко рассматривались многими учеными, специалистами проектных организаций и угледобывающих предприятий [3]. По итогам этих работ обоснованы и апробированы на практике основные решения по вскрытию месторождений и системами их разработки, технологии ведения горных работ и техническому оснащению горного производства.

Канско-Ачинский буроугольный бассейн, на базе которого формируется одноименный топливно-энергетический комплекс (КАТЭК), занимает площадь более 50000 км^2 в границах Красноярского края и Кемеровской области. Геологические запасы угля оцениваются более чем в 600 млрд. т, в том числе 140 млрд.т для добычи открытым способом. Запасы угля наиболее крупных месторождений достигают 15-17 млрд.т. Угли бассейна пригодны не только для энергетических целей, но и являются отличным сырьем для получения жидких продуктов, металлургического полукокса и облагороженного бытового топлива, химической промышленности. По приведенным затратам на добычу одной тонны условного топлива канско-ачинские угли являются самым дешевым топливом в стране [4]. В целом в бассейне выявлено 24 месторождения, из которых наибольшее промышленное значение имеют Березовское, Урюпское, Итатское, Барандатское, Боготольское и Назаровское в западной части, Абанское и Ирша-Бородинское – в восточной части бассейна. Горно-геологические условия этих месторождений весьма благоприятны для добычи угля открытым способом:

– значительная мощность (до 70-90 м) и преимущественно пологое залегание угольных пластов (1-80);

– сравнительно небольшая мощность и крепость основной массы вскрышных пород (мощность от 8 до 250 м при среднем коэффициенте вскрыши 0,8-2 м^3/т, прочность при сжатии 10-30 МПа);

– высокое качество углей (теплота сгорания 3100-3800 ккал/кг, зольность 7-12%, содержание серы до 1%).

Стратегические запасы бурого угля Кемеровской области сосредоточены в Урюпском, Барандатском и Итатском месторождениях, расположенных на территории Тисульского и Итатского административных районов. Общие балансовые запасы угля ме-

сторождений, представленного марками Б-1, Б-2, составляют 46,5 млрд.т, в том числе Урюпское – 16,9 млрд.т, Барандатское – 16,3 млрд.т, Итатское – 13,3 млрд.т. Более половины запасов разведаны детально и готовы для промышленного освоения. Качественные показатели угля: теплотворная способность рабочего топлива – 3000-4500 ккал/кг, зольность – 7-11%, влажность – 36-44%, выход летучих – 45-47%, содержание серы – 0,2-0,7%.

Попутные полезные ископаемые, залегающие во вскрышной толще – каолины, сидериты, глины, горельники, песчано-галечниковые смеси, сажистый уголь. Каолины высокого качества с запасами около 8 млрд.т выявлены на Барандатском месторождении ниже пласта Итатский, сидериты – во вскрышной толще всех рассматриваемых месторождений.

Выполненными в 80-90 гг. прошлого века научными исследованиями и проектными проработками на базе этих месторождений была определена возможность строительства в границах Кемеровской области до 10 угольных разрезов единичной мощностью 25-55 млн.т угля в год (суммарной мощностью до 360 млн.т/год), а также 3-4 конденсационных ГРЭС мощностью 4 - 6,4 млн. кВт каждая и 4 энерготехнологических комбината (ЭТК) годовой мощностью по 50 млн.т. В качестве первоочередного угледобывающего предприятия был принят разрез «Урюпский» мощностью 53 млн.т/год на одноименном месторождении со строительством на его базе двух ГРЭС мощностью по 6,4 млн.кВт. Выбор этого месторождения для первоочередного освоения был обусловлен наличием вблизи него необходимых водных ресурсов для организации пруда-охладителя ГРЭС, а также соображениями концентрации объектов строительства западной части КАТЭК с формированием единой производственной и социальной инфраструктуры.

Безусловно, в современных условиях эти решения требуют серьёзной переоценки по всем основным параметрам (направлению использования углей; количеству, мощности и местоположению головных предприятий и вспомогательных объектов; развитию транспортных коммуникаций и инженерных сетей и т.д.). Вместе с тем, некоторые результаты прежних проработок могут быть, очевидно, использованы и в современных условиях при выборе, например, площадок для размещения разрезов, ГРЭС и ЭТК, формировании инфраструктурных объектов. Для этих целей может быть использован и достаточно богатый практический опыт, полученный при строительстве первенцев КАТЭК – разреза Березовский-1 и Березовской ГРЭС №1.

Исходя из горно-геологических условий месторождений и физико-технических свойств слагающих их горных пород проектными решениями на разрезах бассейна предусматривалась крупномасштабная добыча угля по поточной технологии горных работ с использованием роторных экскаваторов производительностью 5250 куб.м/час и более в комплексе с ленточными конвейерами, перегружателями и овалообразователями [5]. Использование на ведущих разрезах бассейна (Назаровский, Бородинский, Березовский-1) высокопроизводительной техники непрерывного действия показало ее высокую эффективность, в первую очередь, на добычных работах.

Вместе с тем, в процессе эксплуатации разрезов выявлен ряд недооцененных ранее факторов, в значительной степени усложняющих ведение горных работ:

– наличие в основной массе слабо сцементированных вскрышных пород крепких прослоев и линз (далее крепких включений) минерализованных алевролитов, аргиллитов и песчаников на известковом, кремнистом и железистом цементе, разработка которых без предварительного разрушения роторными экскаваторами невозможна;

– сложные гидрогеологические условия месторождений с наличием до 3-4 водоносных горизонтов с напорными водами;

– склонность бурых углей всех месторождений бассейна к самовозгоранию.

Наиболее существенное значение при выборе технологии и оборудования для разработки рассматриваемых месторождений имеют два первых фактора, требующие изыскания нетрадиционных способов и средств выемки горных пород в условиях их повышенной обводненности. Что касается склонности углей к самовозгоранию, то нейтрализация

этого фактора возможна обычными методами путем планирования параметров и режима горных работ, исключающих условия самовозгорания углей (своевременное вскрытие и ограниченные сроки выемки угольных запасов, предотвращение длительного поступления воздуха в угольный массив и т.д.).

Ниже приведено краткое описание литологических и гидрогеологических условий месторождений западной части КАТЭКа (на примере Урюпского месторождения). Объектом разработки на месторождениях является хорошо выдержанный угольный пласт, как правило, простого строения, мощностью от 5 до 90-100 м и углами падения 1-80.

Породы вскрыши представлены преимущественно рыхлыми и слабосцементированными песчано-глинистыми отложениями и четвертичными породами (табл.1). Мощность вскрышных пород изменяется от 10-20 м на выходах угольных пластов под наносы до 200-500 м на конечной глубине разработки и прочностью при сжатии 120-140 МПа.

Таблица 1

Физико-механические свойства горных пород месторождений Канско-Ачинского бассейна

Наименование горных пород	Категории по буримости	Процентное содержание по категории пород, %	Временное сопротивление раздавливанию, кг/см^2	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодъяконова f	Объемный вес, т/м^3	Категории по экскавации	Общее процентное содержание по типам вскрышных пород, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Рыхлые и слабосцементированные породы	III	20,0	20,0	0,5-3,0	2,08	II-III	96,0
	IV	15,0	120,0				
	V	61,0	300,0				
Крепкие песчаники, алевролиты и аргиллиты (крепкие включения)	VI	2,0	400,0	4,0-14,0	2,95	IY	4,0
	VII	2,0	1400,0				
Бурый уголь	III	-	200,0	1,5-2,0	1,2	II	-

Крепкие включения во вскрышной толще месторождений западной части бассейна представлены сидеритами и, как попутно добываемое сырьё, могут быть эффективно использованы в промышленном производстве. Запасы сидеритов на каждом из указанных выше месторождений оцениваются в размере около 1-2 млрд.т. Крепкие включения, имеющие мощность 0,1-2,5 м и занимающие 1-3% общего объема вскрышных пород, размещаются крайне не равномерно (по высоте и в плане) в 8-14 конкрециеносных горизонтах, залегающих согласно падению угольного пласта. Среднее расстояние между горизонтами составляет 7-11 м, реже 15 - 22 м. В плане крепкие включения располагаются не по всей площади месторождения, а в отдельных зонах. Размеры крепких включений в плане по

отдельным горизонтам изменяются от 1 до 13 м, а расстояние между ними – от 5 до 20 м. Распределение крепких включений по их мощности и прочности во вскрышной толще месторождений западной части бассейна на примере Урюпского месторождения приведено на рис. 1.

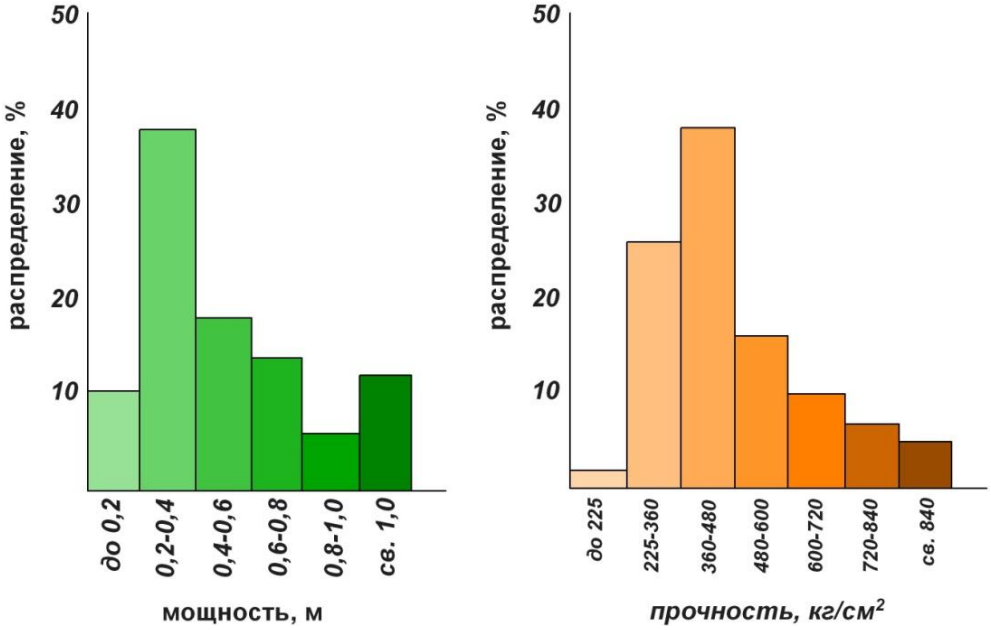


Рис. 1. Распределение крепких включений во вскрышной толще Урюпского месторождения

На месторождениях выявлено несколько водоносных горизонтов, приуроченных к вскрышным породам и угольному пласту и существенно отличающиеся гидрогеологическими условиями. Наиболее мощный и выдержанный водоносный горизонт приурочен к углям пласта Итатского. Основной поток горизонта формируется в пределах карьерного поля.

Подугольный водоносный горизонт представлен мощной толщей слабосцементированных песчаников с линзами и невыдержанными по площади слоями алевролитов. Обводненность угольного пласта Итатский определяется условиями его залегания, характеризующимися активным разуплотнением, значительной трещиноватостью, перекрытием на значительной площади обводненными песчано-галечниковыми отложениями, содержащими грунтовые воды, гидравлически связанные с поверхностными водами (в данном случае р.Урюп). Обводнению угольного пласта из подугольного водоносного горизонта препятствуют слабопроницаемые алевролиты. Коэффициент фильтрации угольного водоносного горизонта является максимальным и составляет 37 м/сутки. Ожидаемые притоки воды в горные выработки оцениваются в 30 тыс.м^3/сутки.

Таким образом, при освоении рассматриваемых месторождений одним из определяющих факторов при выборе технологии их разработки, наряду с наличием во породах вскрыши крепких включений, является повышенная обводненность продуктивной толщи.

С учетом результатов научных исследований и опыта эксплуатации действующих разрезов бассейна (Березовский, Назаровский, Бородинский) наиболее эффективным способом осушения обводненных месторождений признан подземный способ с сооружением дренажных шахт и сети подземных выработок [6]. Это обусловлено, прежде всего, низкой водопроницаемостью вскрышных пород. Коэффициент фильтрации надугольных песчаников составляет 0,55-3,66 м/сутки.

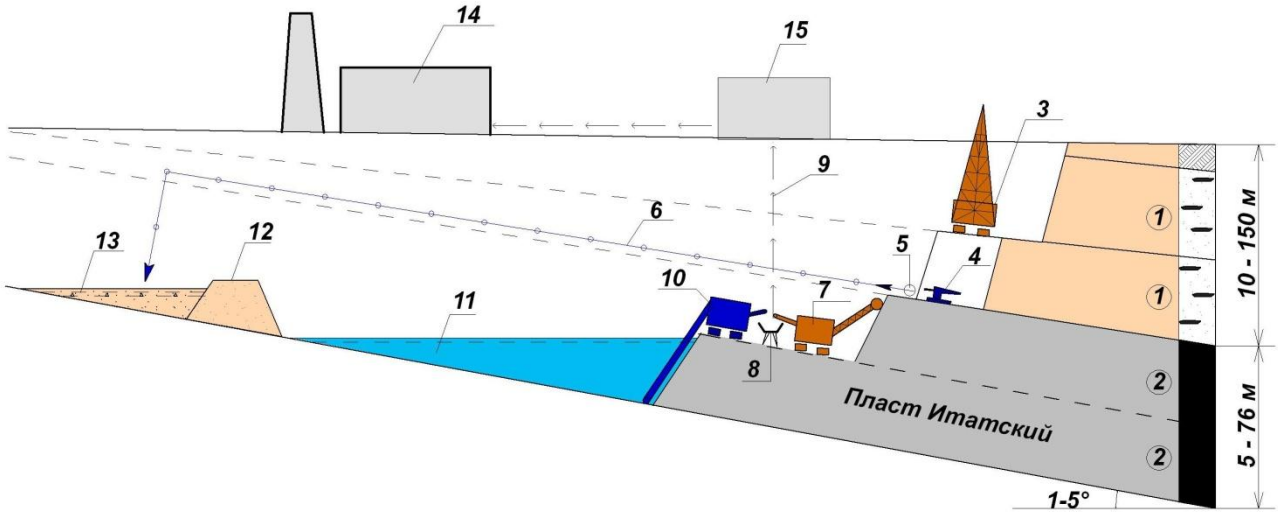
Следует отметить, что подземный способ осушения является и наиболее затратным в его строительстве (до 15-20% общей сметной стоимости) и эксплуатации. Так, для осушения поля I очереди разреза «Березовский-1» была сооружена дренажная система в со-

ставе: вертикального ствола диаметром 6 м и глубиной 120 м, дренажных штреков по угольному пласту общей протяженностью 6600 м в объеме 88 тыс.куб.м, из которых пройдены горизонтальные и наклонные водопонижающие скважины общей длиной более 20000 м [7]. Опыт эксплуатации этой капиталоемкой системы свидетельствует о том, что, обеспечивая удовлетворительные результаты осушения угольного пласта, она оказалась недостаточно эффективной для осушения вскрышной толщи. Это, в свою очередь, усложняет ведение горных работ и эксплуатацию горнотранспортного оборудования (налипание и намерзание пород на рабочие органы, просадка грунта под механизмами).

В поисках альтернативных решений по разработке месторождений со специфическими горно-геологическими условиями в работе приводится предлагаемая авторами технология разработки обводненных угольных месторождений с пластами большой единичной мощности без предварительного осушения продуктивной толщи, предусматривающая:

– селективную выемку вскрышных пород средствами гидромеханизации, угольного пласта – роторными и цепными экскаваторами;

– формирование в выработанном карьерном пространстве технологического водоема (с подтоплением части угольного пласта) и гидроотвала вскрышных пород (рис.2).



1 – вскрышные уступы, 2 – добычные уступы, 3 – экскаватор-драглайн, 4 – гидромонитор, 5 - забойный пульпопровод, 6 – магистральный пульпопровод, 7 – роторный экскаватор, 8 – забойный конвейер, 9 – магистральный конвейер, 10 – многочерпаковый экскаватор, 11 – технологический водоем, 12 – дамба гидроотвала, 13 – гидроотвал, 14 – ГРЭС, 15 – перегрузочный пункт

Рис.2. Технология разработки обводненных пластовых месторождений без осушения продуктивной толщи

Наличие технологического водоема создает благоприятные условия для применения на вскрышных породах средств гидромеханизации и размещения в выработанном карьерном пространстве породного гидроотвала.

Кроме того, в случае размещения на борту разреза электростанции с угольной генерацией, как это предусматривалось программой формирования Канско-Ачинского топливно энергетического комплекса (КАТЭКа) [5], технологический водоем может использоваться в качестве пруда-охладителя, без сооружения аналогичного специального гидротехнического объекта с соответствующей экономией денежных средств и земельных площадей, снижением техногенной нагрузки на окружающую природную среду.

С учетом сложности разработки массива вскрышных пород с твердыми включениями техникой непрерывного действия, что выявила эксплуатация роторных экскаваторов

на разрезе «Березовский-1», в данном варианте отработка вскрышных уступов предусматривается гидромеханизированным способом со складированием вскрышных пород в гидроотвале, размещаемом в выработанном пространстве разреза, а сидеритовых включений – в техногенных отвалах.

Для повышения производительности и надежности технологической схемы перед гидромеханизированной выемкой вскрышных пород рассматривается вариант их предварительного рыхления экскаватором-драглайном с селективной выемкой или оконтуриванием крепких породных включений.

Отработка верхнего угольного уступа предполагается по традиционной схеме роторными экскаваторами в комплексе с ленточными конвейерами, нижнего (подтопленного) – цепными экскаваторами с нижним черпанием. Выемка угля на нижнем уступе может производиться сезонно или круглогодично (с проведением, при необходимости, специальных мероприятий в зимнее время). Высота угольных уступов определяется мощностью пласта, режимом ведения горных работ, емкостью технологического водоема и параметрами выемочного оборудования.

Целесообразность применения гидромониторной разработки массива вскрышных пород на рассматриваемых месторождениях обусловлена следующими факторами:

– возможность селективной выемки полезных компонентов (сидеритовых включений);

– обеспеченность необходимыми для гидромеханизации водными ресурсами (за счет технологического водоема);

– использование выработанного карьерного пространства для организации гидроотвала вскрышных пород;

– высокая производительность и низкая себестоимость выемки вскрышных пород.

На рис.3 приведены зависимости удельных затрат на выемку вскрышных пород с крепкими включениями от их содержания и мощности (в качестве базовой приняты затраты по роторным экскаваторам, в долях процента).

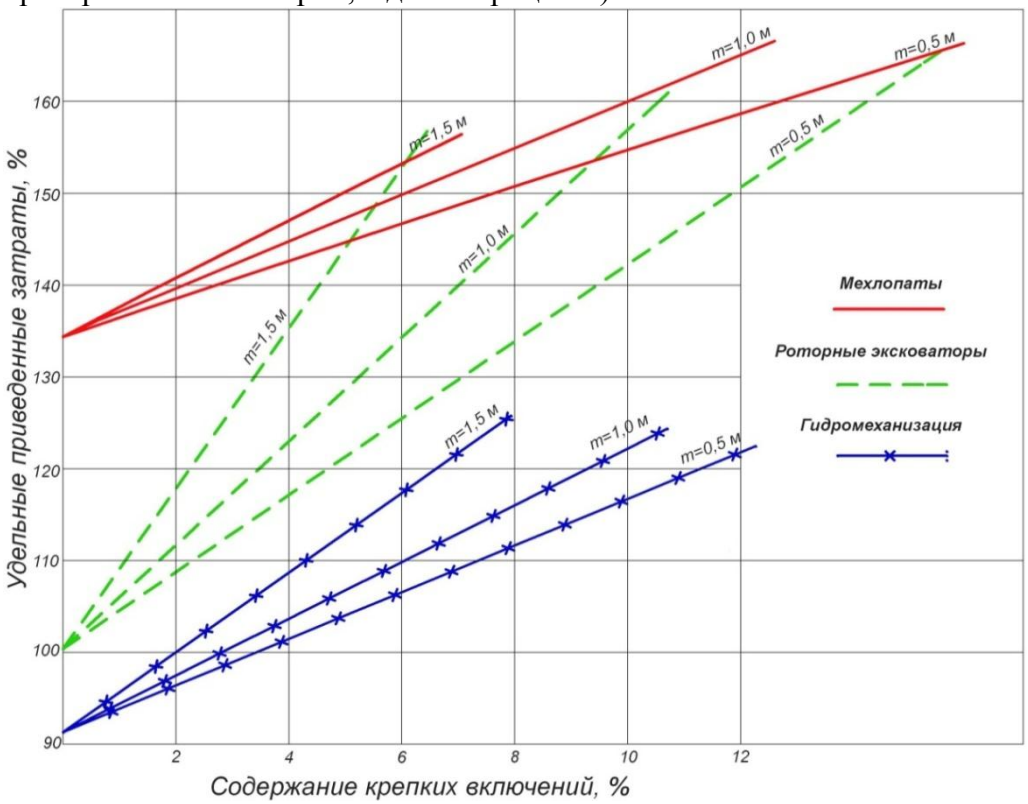


Рис.3. Зависимость удельных затрат на выемку вскрышных пород с крепкими включениями от их содержания и мощности m

Приведенные на рисунке зависимости свидетельствуют о том, что наименьшие затраты на выемку вскрышных пород месторождений КАТЭКа может обеспечить использование средств гидромеханизации. Основным недостатком этой технологии является сезонность работы, что потребует, для обеспечения стабильной мощности разреза по добыче угля, увеличения его производительности по вскрыше на величину, компенсирующую простои гидромеханизации в холодный период года. Однако, при наличии во вскрышной толще крепких породных включений, гидромониторная разработка вскрышной толщи остается наиболее эффективной.

Из опыта применения гидромеханизации в различных отраслях промышленности известно, что этот способ разработки массивов горных пород обладает рядом преимуществ, среди которых – поточность выполнения технологических процессов, простота конструкций, небольшие массы и габариты используемых машин и аппаратов, высокая производительность труда, относительно небольшие капитальные и эксплуатационные затраты на производство горных работ, экологичность и безопасность производственных процессов [8].

Как показывает практика, в условиях, пригодных для применения гидромеханизации, производительность труда при гидромониторной разработке в 2-2,5 раза выше, а себестоимость в 1,5-2 раза ниже, чем при экскаваторной выемке пород и транспортировке их автомобильным транспортом.

В России накоплен богатый опыт использования гидромеханизации при открытой добыче полезных ископаемых. Наибольшее распространение гидромониторная разработка горных пород получила на отечественных угольных разрезах в 50-70 годы прошлого века (табл. 2) и, в частности, в Кузбассе, где она с 1951 г. начала применяться на Бачатском угольном разрезе.

Таблица 2

Показатели гидромониторной разработки горных пород

Показатели	Угольные разрезы	Рудные карьеры (КМА)	Прииски по добыче золота
Средний годовой объем гидромониторной разработки пород, млн. $м^3$	30	15-18	12-15
Напор у насадки гидромонитора, МПа	0,69-1,17	0,98-1,57	0,39-0,93
Расход воды через гидромонитор, $м^3/ч$	1500-2000	3000-3500	800-2000
Удельные расходы воды, $м^3/м^3$	4-8	6-8	6-30
Уд. расход электроэнергии*, кВт ч/$м^3$	5-6	6-9	7-12

Здесь впервые были испытаны и освоены новые методы разработки в тяжелых геологических и суровых климатических условиях Сибири и, в частности, технология гидравлической выемки полускальных пород, методы подготовки пород к размыву (безнапорным водонасыщением, взрывным способом, дроблением пород). Применена технология ведения вскрышных работ в продленном сезоне, разработана технология гидравлической выемки песка и гравия с большим содержанием валунов.

Результаты научных исследований и большой опыт гидромеханизированной разработки массивов горных пород свидетельствуют о том, что применение этого способа на месторождениях Канско-Ачинского бассейна позволит осуществить селективную выемку основного объема вскрышных пород и крепких включений.

Выводы

1. В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2020 г.» обеспечение растущей потребности народного хозяйства в угле предусматривается за счет преимущественного развития открытого способа его добычи, как наиболее эффективного

и безопасного в сравнении с подземной угледобычей. При этом ведущее значение сохранится за Кузнецким и Канско-Ачинским угольными бассейнами.

2. Ряд месторождений Канско-Ачинского бассейна, обладающих значительными разведанными запасами угля и благоприятными горно-геологическими условиями их залегания, имеют специфические особенности, требующие нетрадиционных технологических решений при их разработке:

– наличие в основной массе сравнительно слабых вскрышных пород крепких породных включений;

– большая обводненность месторождений.

3. С учетом специфики месторождений бассейна предлагается технология их разработки без предварительного осушения продуктивной толщи с селективной выемкой горных пород средствами гидромеханизации, обеспечивающая снижение капитальных и эксплуатационных затрат на добычу угля, рациональное использование гидроресурсного потенциала разрабатываемых месторождений, повышение экологической безопасности горных работ.

Список литературы

1. Об основных направлениях государственной политики развития угольной отрасли и повышения конкурентоспособности ее продукции на внутреннем и внешнем рынках. Доклад государственного Совета РФ. – Уголь. – 2002. - №10.

2. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. – М.: 2003.

3. Ческидов В.И. К вопросу использования потенциала открытой добычи угля в восточных регионах России // ФТРПИ. – 2007. - №4.

4. Москвин В.В. Экономическая география России. М.: ИНФРА-М, 1999.

5. Разработать технологию применения комплексов машин непрерывного действия на разрезе “Урюпский-1”. Отчет по теме 1101/040000-052. УкрНИИпроект. – Киев. – 1978.

6. Технико-экономическое обоснование строительства разреза «Урюпский» п.о. «Красноярскуголь». – Сибгирошахт, 1985.

7. Пересмотр технического проекта разреза «Березовский-1» п.о. «Красноярскуголь» (I очередь строительства разреза). – Т. IIIА, кН. 2. Дренаж и водоотлив. - Сибгирошахт, 1986.

8. Нурок Г.А., Ялтанец И.М. Технология гидровскрышных работ на карьерах. М.: – 1975.

УДК 622.(476)

ТЕХНОЛОГИИ РУП «ПО «БЕЛОРУСНЕФТЬ» ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ»

Ткачёв Д.В., Демяненко Н.А., Пысенков В.Г., Третьяков Д.Л., Бутов Ю.А.
БелНИПИнефть
г. Гомель, Республика Беларусь

Дефицит нефти и природного газа, являющихся основными энергоресурсами в мире, неизбежен в ближайшее десятилетие, что приведет к необходимости использования других энергоносителей, к числу которых следует отнести, в первую очередь, уголь, а также метан угольных месторождений, главным образом, метан угольных шахт, попутно добываемый с углем средствами дегазации.

Для эффективной добычи метана угольный пласт должен обладать хорошо развитой системой естественной трещиноватости, чтобы угольный метан мог продвигаться к прискваженной зоне и подниматься на поверхность. По системе трещин происходит мно-

гофазное движение газа и воды, содержащихся во многих угольных пластах. Чем лучше раздренированна прискважинная и отдалённые зоны угольного пласта, а система естественных трещин максимально раскрыта и объединена в единую гидродинамическую сеть, тем большее количество газа может быть добыто, а соответственно остаточная газонасыщенность будет минимальной.

Проблема загрязненности прискважинной зоны угольных пластов буровым раствором или цементом, использованным при цементировании эксплуатационной колонны в скважине, осложнена ещё и не большой природной газопроницаемостью угольных пластов, значения которой характеризуются всего лишь сотой или тысячной долями миллидарси. Методы интенсификации, направленные на дегазацию угольных пластов, по своей физической сути схожи с методами, направленными на увеличения производительности нефтяных и газовых скважин, однако имеют ряд критериев, ограничивающих их применимость, основным их которых, как указанно выше, является низкая проницаемость.

В этой связи, особый интерес может вызывать технологический опыт работы РУП «ПО «Белоруснефть» в сложных геолого-технических условиях по разработке технологий, направленных на увеличение производительности добывающих и приёмистости нагнетательных скважин из низкопроницаемых пластов, таких как гидравлический разрыв, колтюбинговое бурение, а также создания системы глубокопроникающих каналов фильтрации путём радиального вскрытия пласта.

Единственным нефтегазоносным регионом в Беларуси является Припятский прогиб, добыча нефти в котором ведется уже более 40 лет. Подавляющая часть запасов нефти (93%) приурочена к залежам, представленным карбонатными коллекторами. Данные залежи представлены верхнедевонскими известняками и доломитами, в основном массивной текстуры, в разной степени кавернозными и трещиноватыми. Большинство залежей разбито тектоническими нарушениями на отдельные блоки. В начальный период разведки в Беларуси были открыты самые крупные в регионе месторождения, выявляемые впоследствии залежи нефти относительно мелкие, разработка которых зачастую малорентабельна или нерентабельна. В большинстве залежей гидродинамическая связь с законтурной зоной очень затруднена или вообще отсутствует, что существенно осложняет их разработку.

Исследованиями кернового материала, а также анализом геофизических и промысловых данных установлены послойная и зональная неоднородность залежей по фильтрационно-емкостным свойствам. Высокая геологическая неоднородность продуктивных пластов, сложное строение емкостного пространства пород-коллекторов предопределяют неравномерную выработку запасов, как по площади, так и по разрезу залежей.

Описанные обстоятельства диктовали необходимость поиска альтернативных мощных приемов стимуляции карбонатных коллекторов РБ. С августа 2008 года в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» начато внедрение, а затем и широкое применение технологии ГРП с проппантом в карбонатах (рис. 1). Из диаграммы видно, что в 2008 г выполнено всего 5 таких операций (23% от общего количества ГРП с проппантом в 2008 г), к 2011 г их доля выросла до 87% (31 операция). Всего на территории РБ начиная с 2007 года выполнено 228 операций по ГРП (КГРП), в т.ч. 106 ГРП, из них на карбонатных коллекторах 63 операции с технологической успешностью 83%.

Проведение гидроразрывов с проппантом карбонатных коллекторов позволяет не только расширить наиболее проводящие каналы (трещины), но и создать систему вторичной искусственной трещиноватости, соединяющую их с поровым пространством. А закрепление такой системы проппантом не позволяет ей схлопнуться после снятия напряжения и поддерживает ее в раскрытом состоянии, вне зависимости от величины пластового давления. На данном этапе развития технологии в Беларуси можно утверждать, что она стала весьма удачной альтернативой кислотным разрывам на ряде месторождений и позволила получить эффект на тех скважинах, на которых иные интенсифицирующие обработки не дали результата, что подтверждается гораздо более высокой средней кратностью прироста дебита по сравнению с операциями КГРП на аналогичных залежах. Также зна-

чительная часть ГРП проводится при освоении из бурения, т.к. иные методы интенсификации добычи не позволяют ввести их в эксплуатацию.

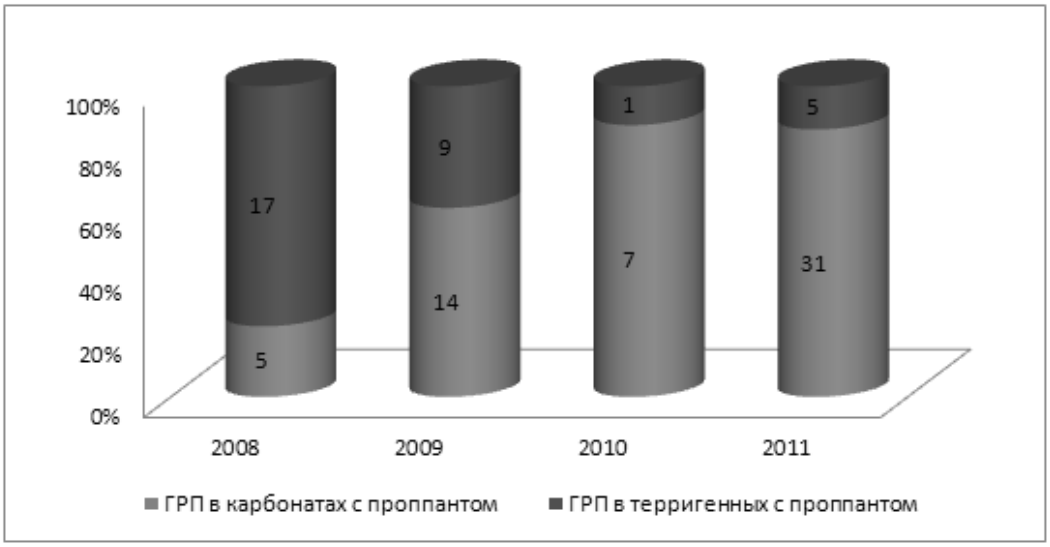


Рис. 1. Динамика изменения количества проводимых ГРП в карбонатных коллекторах за 2008-2011 гг.

Средняя дополнительная добыча нефти от ГРП в карбонатном коллекторе по состоянию на 01.2013г. составила 870 т/операцию, длительность эффекта около 500 суток, средняя кратность прироста дебита нефти 3,46 ед, что почти в 2 раза выше показателя для кислотных разрывов.

Особое место среди средств и методов, обеспечивающих доступ к залежам углеводородов на месторождениях Припятского прогиба, занимают колтюбинговые технологии. Использование колтюбинговых технологий при строительстве и реконструкции скважин можно отнести к одному из наиболее прогрессивных решений в области бурения.

С точки зрения бурения и заканчивания скважин наиболее выраженными преимуществами являются возможности в проводке стволов с большей интенсивностью искривления и работы с герметизированным устьем, при вскрытии продуктивных пластов с регулируемым дифференциальным давлением. Указанные преимущества колтюбингового бурения реализуются соответственно при управлении зоной дренирования скважины и управлении качеством призабойной зоны пласта (ПЗП). Наибольший эффект от использования данной технологии достигается при совместном использовании ее преимуществ.

Испытания и внедрение данной технологии в РУП «Производственное объединение «Белоруснефть» началось в 2010г., сначала отработки технологии направленного колтюбингового бурения, затем бурения с депрессией и последующего комплексного применения технологии колтюбингового заканчивания скважин.

Имеющаяся в распоряжении РУП «ПО «Белоруснефть» колтюбинговая установка МК30-Т позволяет работать в преобладающем для Припятского прогиба спектре геолого-технических условий с использованием безмуфтовой длинномерной трубы (БДТ) диаметром 50,8 мм, оснащенной геофизическим кабелем. Выполнение буровых работ с использованием колтюбинговой установки и специализированной КНБК обеспечивает на основе контроля в режиме реального времени скважинных призабойных условий управление режимами бурения и траекторией ствола скважины. В состав КНБК входят: долото типа PDC диаметром 92 мм, винтовой забойный двигатель (ВЗД) ДР-73, система направленного бурения - СНБ89-76М (производитель СЗАО «Новинка»). СНБ89-76М обеспечивает измерения и передачу на поверхность следующей информации:

- температура;
- давление (внутри и снаружи КНБК);

– осевая нагрузка;
– уровень вибраций;
– гамма каротаж;
– угловые параметры ствола скважины (зенитный угол, азимут);
– положение отклонителя в пространстве.

В конструкцию СНБ89-76М входит ориентатор, предназначенный для изменения положение отклонителя ВЗД в пространстве, посредством которого производится оперативная корректировка траектории ствола скважины. Использование геонавигационной привязки положения КНБК к разрезу по данным механического и гамма каротажей позволяет достичь качественного выполнения поставленной геологической задачи. Кроме того наличие в составе КНБК датчиков осевой нагрузки на долото и перепада давления на ВЗД позволяет управлять процессом углубления ствола скважины с максимально возможной скоростью проходки путем оптимизации параметров режима бурения. Данные по колтюбинговому бурению за 2012 – 2013 годы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты колтюбингового бурения за 2012-2013 гг. в РУП «ПО «Белосунефть»

№ Скважины	Протяженность ствола, м	Мех. скорость, м/ч	Параметры траектории ствола скважины, нач./конеч.		Пространств. интенсивность, °/10м	Отход от основного ствола, м
			зенит,°	азимут,°		
70к1 Мармовичская	62,4	1,3	7/32	260/300	3,6	16
70к2 Мармовичская	94	1,6	8/50	244/200	4,9	35
77к1 Мармовичская	78	1,1	9/45	220/256	6	32
77к2 Мармовичская	170	1,2	11/75	212/115	7	110
80к1 Мармовичская	185	1,4	12/70	237/255	7,5	133
72к1 Мармовичская	65	1,8	16/67	69/70	9,5	25
68 Давыдовская	83	2,9	32/53	84/88	5	-
143s2 Ю-Сосновская	39	1,5	36/33	104/101	1	-
246к1 Речицкая	119	2,6	20/42	147/118	7,5	35

К альтернативным и, на наш взгляд, очень перспективным направлениям вовлечения в разработку трудноизвлекаемых запасов нефти, приуроченных к низкопроницаемым карбонатным коллекторам, в которых сосредоточено более 50 % остаточных запасов углеводородов Беларуси, относится радиальное вскрытие пласта.

Впервые технология создания системы глубокопроникающих каналов фильтрации была разработана и опробована компанией RDS Inc. На сегодняшний день радиальное вскрытие пласта на оборудовании компании RDS Inc. производилось более чем на 300 скважинах по всему миру. Результаты работ показали, что в среднем дебит (или приемистость) скважин после радиального бурения увеличился 2 раза при успешности выполнения работ 75%. В Российской Федерации технология работы по радиальному вскрытию проводились на скважинах компаний ТНК-ВР, Лукойл, Татнефть. Работы проводились на скважинах, где традиционные методы интенсификации эффекта не дали.

Технология радиальное вскрытие пласта состоит из трех этапов. На первом этапе на колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) с помощью агрегата типа А-50 на необходимую глубину спускается башмак с отклоняющим каналом. Для фрезерования отверстия в эксплуатационной колонне в НКТ с помощью колтюбинговой трубы с наружным диаметром 12,7 мм спускается компоновка, состоящая из винтового забойного двигателя

(ВЗД), шарнирного вала и сверла. Производится формирование окна в стенке эксплуатационной колонны. На третьем этапе в отклоняющий башмак на колтюбинговой трубе спускается компоновка для вскрытия пласта, состоящая из рукава высокого давления (РВД) и гидромониторной насадки специальной конструкции. РВД с насадкой после прохода через отклоняющий башмак направляется в вырезанное окно эксплуатационной колонны. Производится размыв радиального канала подачей рабочей жидкости высокой степени очистки через трубу колтюбинга в гидромониторную насадку.

Технология радиального вскрытия пласта состоит из трех этапов. На первом этапе на колонне насосно-компрессорных труб (НКТ) с помощью агрегата типа А-50 на необходимую глубину спускается башмак с отклоняющим каналом. Для фрезерования отверстия в эксплуатационной колонне в НКТ с помощью колтюбинговой трубы с наружным диаметром 12,7 мм спускается компоновка, состоящая из винтового забойного двигателя (ВЗД), шарнирного вала и сверла. Производится формирование окна в стенке эксплуатационной колонны. На третьем этапе в отклоняющий башмак на колтюбинговой трубе спускается компоновка для вскрытия пласта, состоящая из рукава высокого давления (РВД) и гидромониторной насадки специальной конструкции. РВД с насадкой после прохода через отклоняющий башмак направляется в вырезанное окно эксплуатационной колонны. Производится размыв радиального канала подачей рабочей жидкости высокой степени очистки через трубу колтюбинга в гидромониторную насадку.

Недостатком данного оборудования и технологии является узкая область применения. Низкий крутящий момент и нерегулируемое прижатие сверла к стенке скважины не позволяют выполнять работы в скважинах, оборудованных эксплуатационной колонной с группой прочности выше «Д», а низкий вес и малый внутренний диаметр трубы ограничивает применение этой технологии на глубинах более 2500 м.

Кроме того:

– отсутствует фиксация положения инструмента при сверлении отверстия;

– необходимо несколько (2 и более) спуско-подъемных операций (СПО) гибкой трубы для получения одного канала;

– отсутствуют средства контроля за этапами выполнения работ.

Всё это приводит к необходимости проведения дополнительных СПО для повторного сверления колонны.

С учетом полученных результатов нами предложена к разработке принципиально новая технологическая схема выполнения глубокопроникающих каналов фильтрации.

Вместе с компоновкой в скважину по наружной стенке НКТ спускается геофизический кабель для подачи электроэнергии на узлы компоновки и управления работой блоков компоновки, а так же передачу на устье данных датчиков подземной компоновки.

Данное оборудование обладает рядом преимуществ:

– отказ от сверления обсадной колонны компоновкой на гибкой трубе позволяет осуществлять работы практически без ограничения глубины залегания продуктивных пластов и гарантированно получать отверстие в обсадной колонне любой группы прочности;

– блок поворота и перемещения подземной компоновки обеспечит получение всех каналов на одном уровне за одну СПО с фиксированным углом поворота, что позволит значительно сократить время проведения работ и повысить ресурс дорогостоящей колтюбинговой трубы;

– наличие геофизического кабеля позволяет в качестве привода сверла использовать электрический двигатель, обеспечивающий плавный пуск и исключающий закусывание сверла на выходе инструмента. А так же, обеспечить в режиме реального времени контроль и управление процессом.

В рамках выполнения работ по разработке комплекса оборудования для создания глубокопроникающих каналов фильтрации опытный образец успешно прошел стендовые испытания. Ведется разработка и изготовление миниколтюбинговой установки. В бли-

жайщее время ожидается проведение опытно-промысловых испытаний комплекта внутрискважинного оборудования.

Область применения технологии создания глубокопроникающих каналов фильтрации не ограничена интенсификацией добычи нефти из низкопродуктивных и малопроницаемых коллекторов. Данная технология будет востребована как альтернатива бурению боковых горизонтальных стволов в интервале продуктивного пласта со сверхмалым радиусом зарезки, в особенности для разработки месторождений сланцевого газа и «сжатого» газа, сосредоточенного в низкопроницаемых коллекторах и «полуколлекторах». Для повышения рентабельности разработки таких месторождений первостепенное значение будет иметь максимальное увеличение охвата пластов зоной дренирования вокруг пробуренных скважин. Это возможно путем создания системы протяженных каналов фильтрации с применением колтюбинга.

Эффективность применяемых методов и средств при вскрытии и освоении пластов-коллекторов определяется качественным подбором оптимальной технологии для конкретных геолого-физических условий, что может быть достигнуто только при постоянном совершенствовании лабораторных приборов и методик исследований кернового материала. С целью решения данной задачи в БелНИПИнефть создана мощная лабораторная база и разработаны новые методические подходы к проведению исследований коллекторских свойств горных пород. При реализации современных методов исследований используется приобретенное в последние годы оборудование: ручной сатуратор и установка УН-2 для насыщения образцов пород углеводородами и пластовыми жидкостями; прибор «Петро-Ом» для определения удельного электрического сопротивления, прибор «Дарсиметр» для определения абсолютной проницаемости, полный комплекс оборудования для изготовления петрографических шлифов.

С использованием современного оборудования французской компании Vinci Technologies и методик, проводятся работы по гидродинамическому моделированию процессов вытеснения нефти водой, газом, водогазовыми смесями, а также тестирование физико-химических методов воздействия и технологий, направленных на повышение нефтеотдачи пластов, изоляцию водопритоков и интенсификацию добычи нефти.

При проведении исследований используются модели, как на основе натурального кернового материала, так и насыпные, что при моделировании термобарических условий и использования моделей флюидов, близких по физико-химическим характеристикам к пластовым, обеспечивает максимальное соблюдение принципа подобия.

Применяемые методики проведения и интерпретации исследований позволяют изучить сложные процессы многофазной фильтрации, определить коэффициенты вытеснения при различных методах воздействия. При построении кривых относительных фазовых проницаемостей использовался известный метод JBN основанный на анализе экспериментальных данных по нестационарной фильтрации. Результаты гидродинамического моделирования используются при построении математических динамических моделей в симуляторе ECLIPSE.

Таким образом, описанные выше технологии и оборудование, при грамотном подходе, на наш взгляд, могут найти своё отражение в мероприятиях, направленных на активную предварительную дегазации угольных пластов.

УДК 622.274

ОПЫТ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДОРОБОТКЕ ОСТАВШИХСЯ ЗАПАСОВ РАЗРЕЗА ИНАГЛИНСКИЙ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМОЙ РАЗРАБОТКИ

[1]Никольский А.М., [1]Ордин А.А., [2]Цивка А.Ю., [1]Неверов А.А., [1]Неверов С.А.
1 – Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия
2 – ООО СП «ЭРЭЛ», г. Нерюнгри, Республика Саха (Якутия), Россия

С 1999 года ООО СП «ЭРЭЛ» владеет лицензией на право пользования недрами с целью разведки и добычи каменного угля на Чульмаканском месторождении (участок Восточный) в пределах горного отвода разреза «Инаглинский». За период эксплуатации на участке проводились только эксплуатационно-разведочные работы для открытых разработок. В период 2000 по 2004 гг. была проведена эксплуатационная разведка поля разреза. Основной промышленный интерес в пределах горного отвода разреза «Инаглинский» представляют пласты Д19, Д15 и Д11.

В настоящее время оставшиеся запасы разреза «Инаглинский» не пригодны к отработке открытыми горными работами, т.к. коэффициент вскрышных работ превышает 15. Конечное положение разреза осуществлено с выравниванием его бортов (рис. 1). Небольшую часть запасов разреза «Инаглинский» планируется отработать при эксплуатации шахты «Инаглинская». Оставшаяся часть данных запасов к дальнейшей отработке не рассматривалась, хотя их объем составляет 19,5 млн.т. Совместив эти запасы с планом подземных горных работ шахты «Инаглинская», пришли к выводу, что поле разреза «Инаглинский» может быть отработано традиционным подземным способом с горных выработок строящейся шахты «Инаглинская».

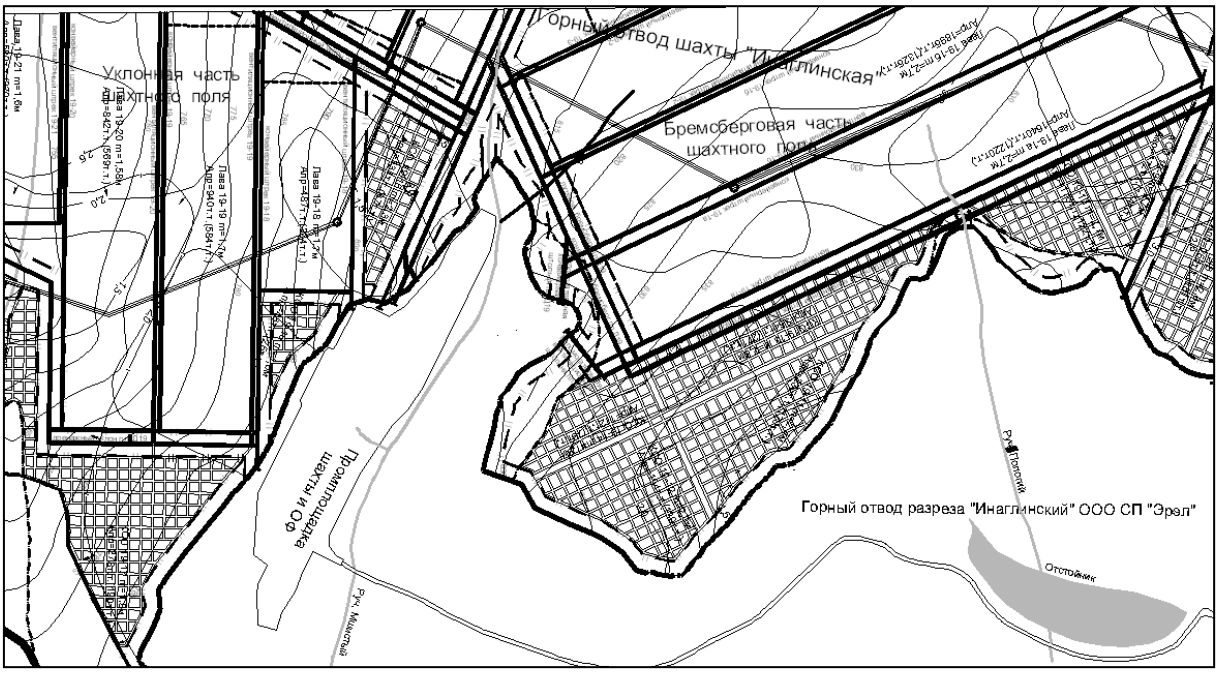


Рис. 1. Выкопировка с плана горных работ пласта Д19

Разрабатываемые запасы имеют неправильную геометрическую форму, что обусловило применение для эффективной и рациональной их отработки камерно-столбовой системой (КСО). Развитие горных работ предлагается начать от вентиляционного штрека выемочного участка 19-1а. Параллельно этой выработке проводится путевой и конвейерный штреки, от которых проводятся камеры и отрабатываются выемочные столбы КСО. Предложенная геотехнология апробирована и успешно применяется на шахте «Денисов-

ская» ОАО «УК «Нерюнгриуголь», входящая в холдинговую компанию ООО «Колмар», работающей в аналогичных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Доработка запасов разреза «Инаглинский» ООО СП «Эрэл» предусматривается с разделением шахтного поля на блоки КСО (выемочные единицы). Порядок отработки угольных пластов Д19, Д15, Д11 в свите принят нисходящий с учетом действующих норм и правил.

Подготовка пластов принята как по падению, так и по простиранию. Схема подготовки шахтного поля – панельная с двухсторонними бремсберговыми и уклонными полями. Размеры панели ограничены по восстанию (падению) штреками. С учетом горно-геологических и горнотехнических факторов подготовка шахтного поля по числу обслуживаемых комплексом подготовительных выработок классифицирована как индивидуальная. По местоположению основных подготовительных выработок, учитывая тот факт, что уголь разрабатываемых пластов не самовозгорающийся, подготовка шахтного поля предусматривается пластовая.

Особенностью системы КСО является отсутствие выработок по подготовке линии очистного забоя. При роведении камер и штреков осуществляется одновременная добыча угля с помощью комбайна.

Проведение камер и штреков, производится в пределах мощности пласта. Выработки крепятся анкерной крепью с металлической сетчатой затяжкой кровли.

Подготовка выемочных участков заключается в проведении камер и штреков. Отработка выемочных столбов предусматривается обратным ходом, камерно-столбовой геотехнологией.

Камерно-столбовая система разработки с использованием комбайнов непрерывного действия (Континьюс Майнер) и самоходных вагонов большое распространение получила на шахтах США, ЮАР, Австралии и России шахта «Денисовская» ОАО «УК «Нерюнгриуголь» и для доработки запасов в краевых участках и целиках угля (шахта «Распадская» ОАО «Рападская», шахта им. В.И.Ленина ОАО «Южный Кузбасс») [1].

Основными преимуществами КСО являются:

- совмещение работ по строительству участка подземных работ с добычей угля. Однотипность применяемого оборудования, как для проведения подготовительных выработок, так и для очистных работ. В основной состав комплекта оборудования входят высокопроизводительный проходческо-добычной комбайн, самоходный вагон, оборудование для установки анкеров. Помимо этого может использоваться дополнительные и вспомогательные механизмы;
- высокая маневренность оборудования, что позволяет эффективно отрабатывать поля любой конфигурации и размеров и осуществлять перегон оборудования из забоя в забой без монтажно-демонтажных работ;
- упрощенная схема вспомогательного транспорта людей, материалов и оборудования;
- высокие технико-экономические показатели при сравнительно низкой стоимости оборудования. Капитальные затраты необходимы только на приобретение оборудования и строительства минимального объема капитальных горных выработок.

В условиях шахты «Инаглинская» при подготовке и отработке пластов рассматривались возможности применения различных технологических решений, основными из которых являлись:

- панельная и погоризонтная подготовка выемочных столбов КСО;
- отработка запасов в столбе КСО в восходящем и нисходящем порядках;
- проветривание участка КСО по возвратноточной и прямоточной схемам;
- подготовка столба КСО двумя или шестью выработками.

В зависимости от условий ведения работ на конкретном участке добычи было рассмотрено 5 вариантов подготовки выемочных столбов КСО.

Вариант 1 (рис. 2).

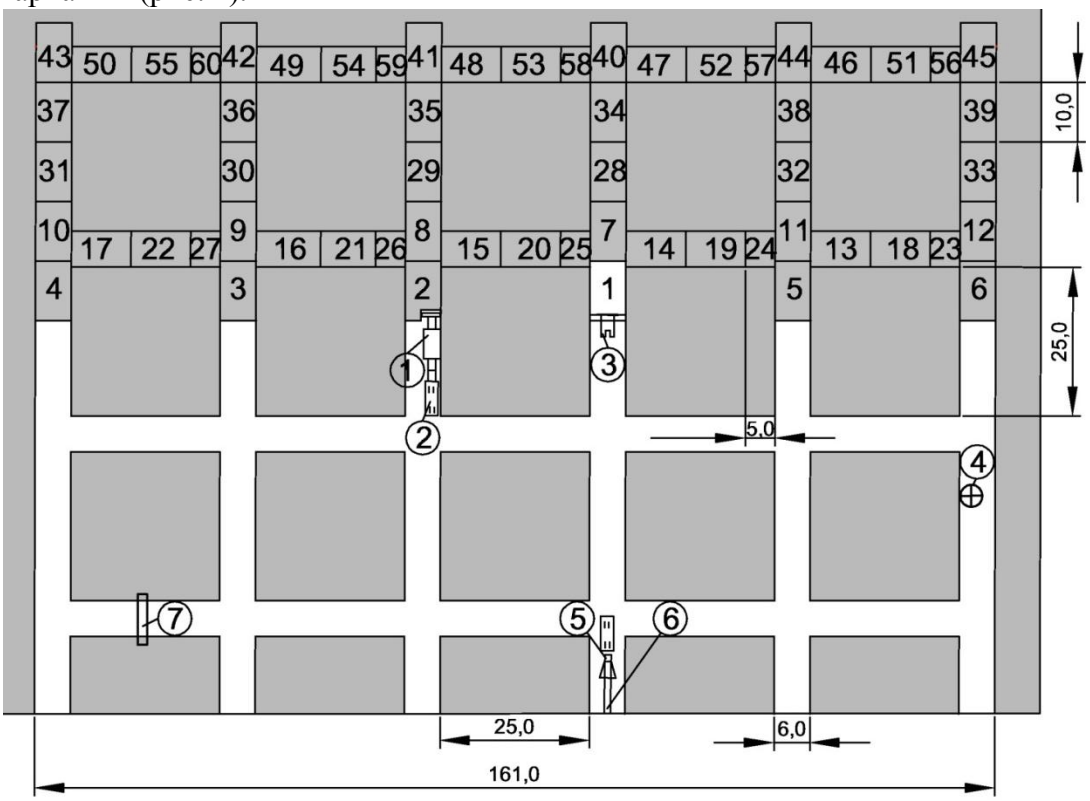


Рис. 2. Последовательность подготовки и отработки коротких столбов, вариант 1

Подготовка столбов КСО предусматривается 6-ю штреками для обеспечения возвратноточного проветривания при их отработки и запасного выхода. Последовательность работ выглядит следующим образом: комбайн производит выемку на расстоянии до 10 м от последнего ряда анкерной крепи, далее перемещается в соседний штрек, для проведения нового цикла выемки. Самоходная машина для установки анкерной крепи заезжает в выработку, где только что был завершен цикл по выемки, и производит крепление по всей его длине. Таким образом, комбайн и анкероустановщик работают независимо и обеспечивают максимальную гибкость при операциях по выемке угля и креплению. Оператор управляет машиной дистанционно при помощи ручного пульта, что позволяет ему постоянно находиться в безопасном месте позади машины под укрепленной кровлей.

Последовательность выемки при данной технологии позволяет свести к минимуму время на перегон самоходной техники, укладку кабеля и изменение маршрута вентиляции. Все описанные ниже варианты подготовки столбов КСО осуществляются в той же последовательности. Их отличие заключается только в количестве подготавливаемых штреков от двух до шести.

Вариант 2 (рис.3).

Подготовка столбов КСО предусматривается 5-ю штреками. Данная технологическая схема является классическим вариантом непрерывной комбайновой выемки компании "JOY MINING MACHINERY" для камерно-столбовой добычи угля с одновременной добычей запасов в пяти штреках, которая предполагает расположение основного конвейера и бункера перегружателя в центральном штреке. Рассмотренная подготовка столбов КСО за рубежом является самой предпочтительной

Вариант 3 (рис.4).

Подготовка столбов КСО предусматривается 4-мя штреками.

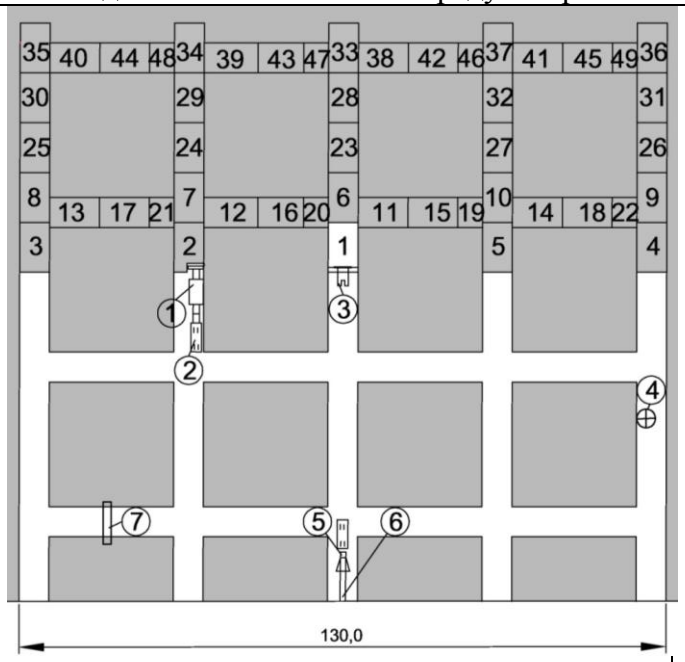


Рис. 3. Последовательность подготовки и отработки коротких столбов, вариант 2

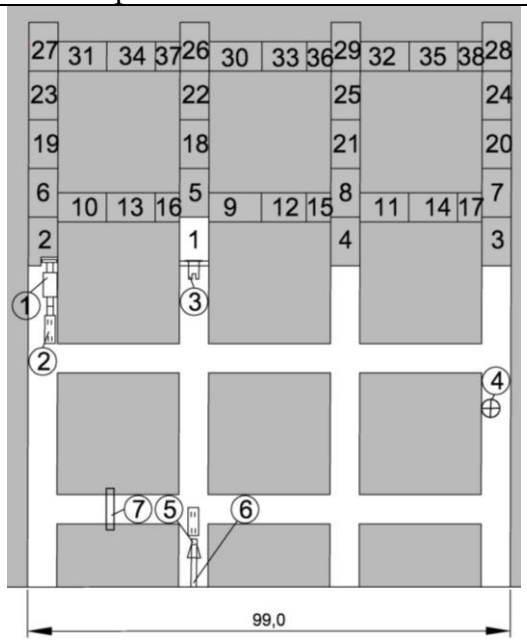


Рис. 4. Последовательность подготовки и отработки коротких столбов, вариант 3

Вариант 4 (рис.5).

Подготовка столбов КСО предусматривается 3-мя штреками.

Вариант 5 (рис.6).

Подготовка столбов КСО предусматривается 2-мя штреками.

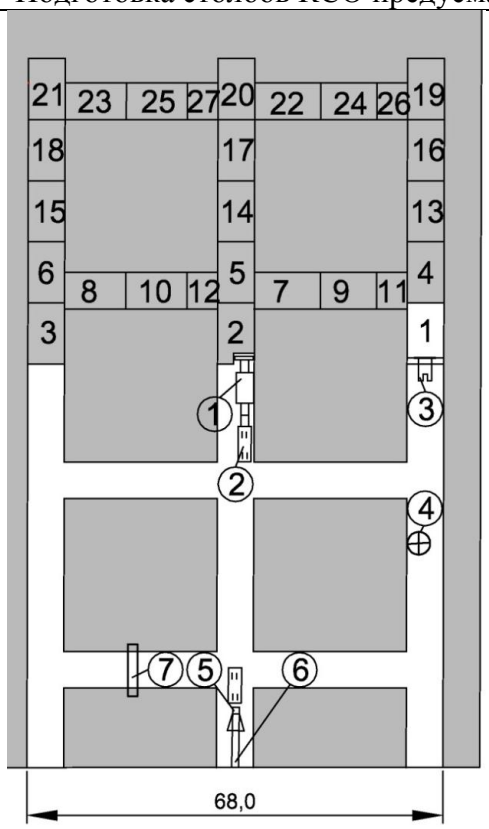


Рис. 5. Последовательность подготовки и отработки коротких столбов, вариант 4

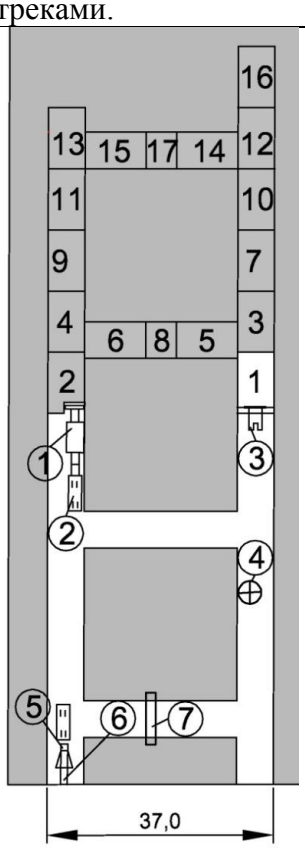


Рис. 6. Последовательность подготовки и отработки коротких столбов, вариант 5

На рассматриваемом месторождении предлагается использовать отмеченные выше пять вариантов подготовки выемочных столбов КСО. Применение того или иного варианта будет зависеть от размеров целиков угля в выемочном столбе, горно-геологических и горнотехнических условий. Учитывая достоинства и недостатки предложенных вариантов, а также исходя из мирового опыта, наиболее оптимальным является вариант 2.

Для отработки выемочных столбов КСО были разработаны 2 варианта.

Вариант 1 (рис.7).

Типичная последовательность выемки показана на рис.7. Предложенная последовательность отработки обеспечивает безопасность работ и позволяет предупредить возникновения опасных ситуаций. Изменения, вносимые в данную технологическую схему может отрицательно сказаться на безопасности работ, так как горнорабочие попадают в опасную зону с недостаточно прочным угольным столбом, а обрушение кровли может отрезать им выход из забоя.

Вариант 2 (рис.8).

Последовательность выемки является набором постоянно повторяемых операций, в которых отклонение от плана и ошибки практически отсутствуют. В результате комбайн и бригада не попадают в опасные ситуации за исключением выемки конечных столбов.

Предусматривается использовать оба варианта отработки выемочных столбов КСО. Выбор варианта выемки столбов КСО определятся опытным путем в период эксплуатации.

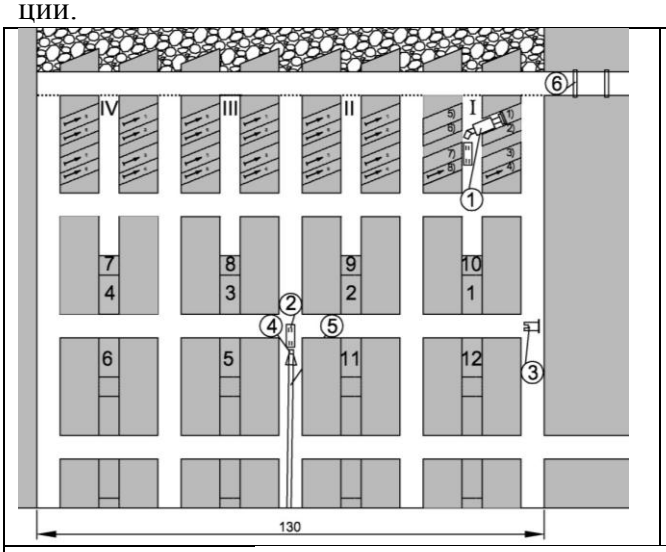
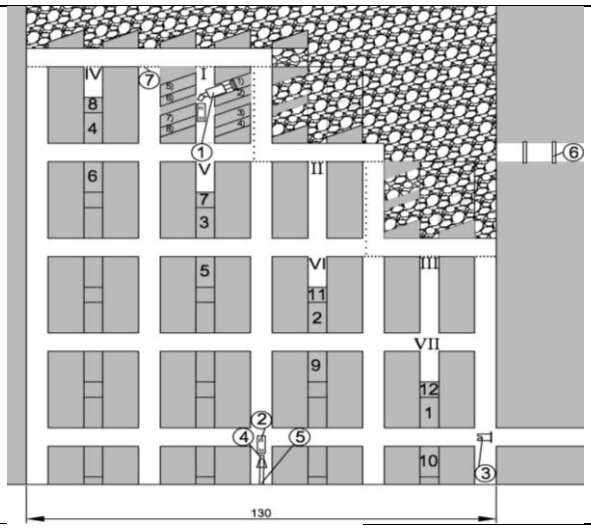


Рис. 7. Вариант 1 отработки коротких столбов



I, II, III и IV - очередность отработки целиков;
1), 2), 3) и т.д. - очередность взятия заходок при отработки целиков;
1, 2, 3 и т.д. - очередность проходки раздвоенных штреков;
① - комбайн;
② - самоходный вагон;
③ - анкероустановщик;
④ - самоходный бункер-перегружатель;
⑤ - ленточный конвейер;
⑥ - изоляционные вентиляционные перемычки;
⑦ - рудничная стойка

Рис. 8. Вариант 2 отработки коротких столбов

Предлагается 4 варианта погашения междукамерных целиков КСО.

Вариант 1 (рис.9).

Данный вариант включает в себя проходку одной разрезной камеры, закрепленной анкерной крепью. В технологической схеме машинист комбайна, всегда находится сзади справа от него с пультом дистанционного управления и спиной к междукамерному целику нетронутого массива. Исходя из условий безопасности рассмотренный вариант является наиболее безопасным при минимальном обнажении кровли.

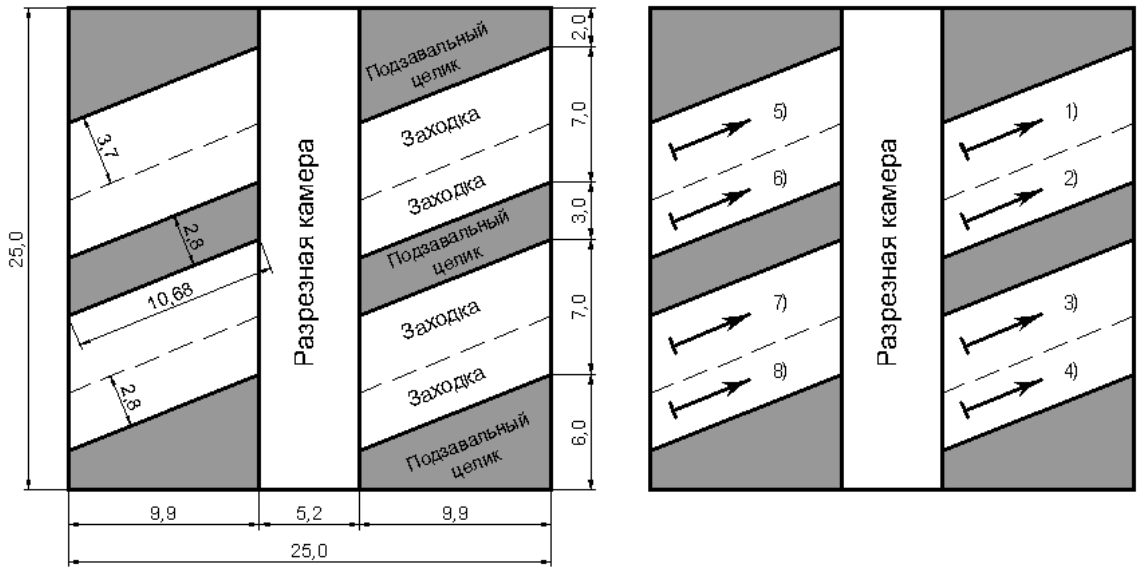


Рис. 9. Схема погашения междукамерных целиков, вариант 1

Вариант 2 (рис.10).

Основным преимуществом данной технологической схемы перед вариантом 1 является минимизация время на работы связанные с перегоном комбайна. Недостатки: большое обнажение кровли; при отработке заходок 2, 3, 6, 7 машинист находится сзади слева от комбайна, а заходок 4, 8 – находится сзади справа от комбайна с пультом дистанционного управления спиной к междукамерному целику, за которым произведена выемка. Данный вариант в основном применяется при условии устойчивых кровель.

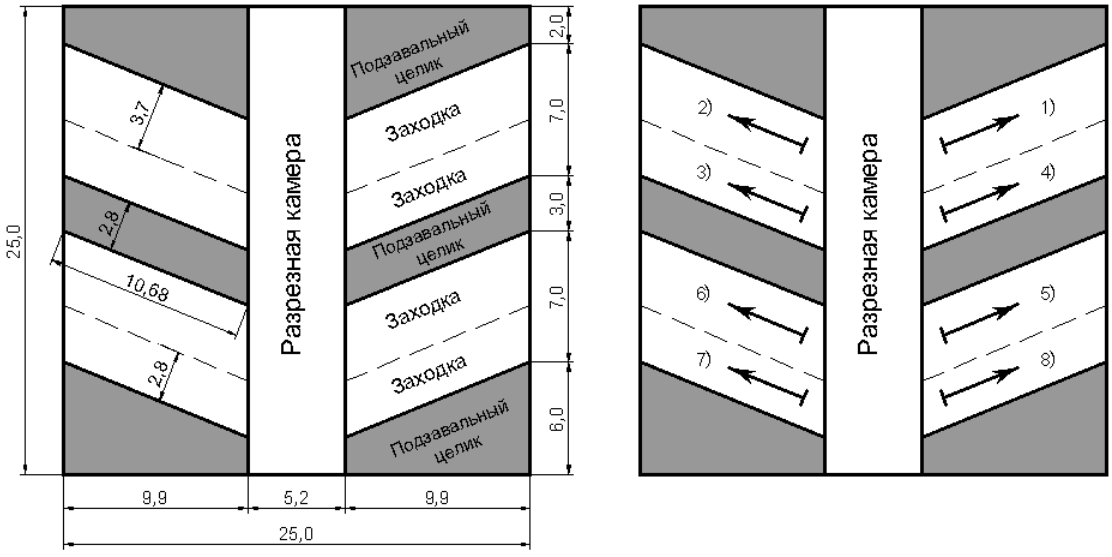


Рис. 10. Схема погашения междукамерных целиков, вариант 2

Вариант 3 (рис.11).

Этот вариант аналогичен первой технологической схеме, его отличие состоит только в расположении разрезной камеры.

Вариант 4 (рис.12).

Способ включает в себя деление целика на 4 части. Последнее означает проведение двух разрезных камер закрепленных анкерами. Преимущество: минимальный объем времени на перегон и маневровые работы комбайна. Недостатки: двойное увеличение крепление штрека и значительное обнажение кровли.

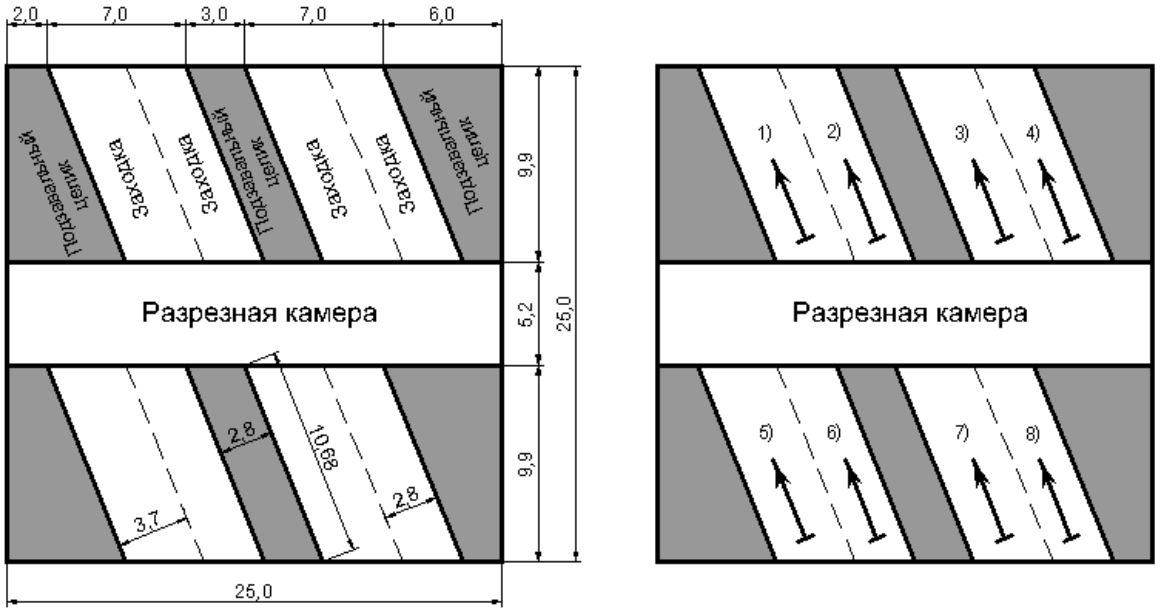


Рис. 11. Схема погашения междукамерных целиков, вариант 3

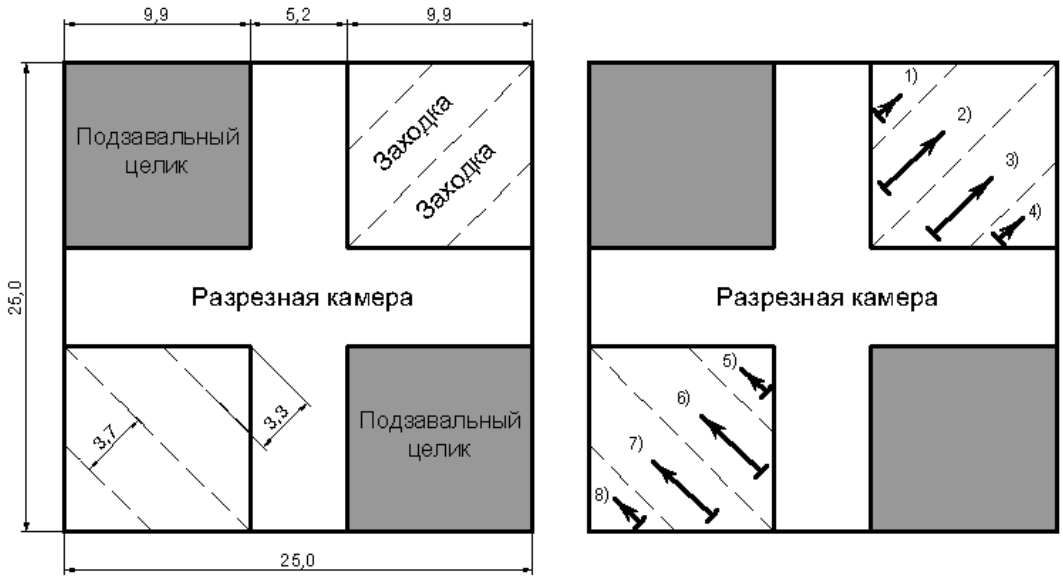


Рис. 12. Схема погашения междукамерных целиков, вариант 4

Важным элементом рассмотренных вариантов отработки является скорость выемки столбов с оставлением незначительных целиков угля, которые по истечению некоторого времени разрушаются в выработанном пространстве. При оставлении больших целиков возникает высокое горное давление, которое провоцирует проявления динамических явлений [2,3]. Коэффициент извлечения в рассматриваемых вариантах составляет порядка 80%, с учетом попутной добычи от проходки выработок этот показатель достигает 85%. Общая сумма проектных потерь составит 9,0 млн.т (46%). Промышленные запасы – 10,5 млн.т.

Следует отметить что, все вышеприведенные варианты выемки целиков, включают в себя оставление междукамерных целиков в качестве стратегически важных пунктов. Размер их должен быть достаточным, чтобы предотвратить внезапное или незапланированное обрушение кровли.

Таким образом, учитывая достоинства и недостатки каждого из приведенных вариантов, окончательный выбор конкретного из них будет определяться опытным путем в

период эксплуатации, в зависимости от изменения горно-геологических и горнотехнических условий.

Список литературы

1. Технология отработки пологих и наклонных угольных пластов по камерно-столбовой системе в сложных горно-геологических условиях / А. В. Ремезов, П. В. Егоров, С. И. Калинин и др. — Кемерово: Кузбассвузиздат. — 2005. — 223 с.

2. Состояние и направления развития безопасной технологии подземной угледобычи / В. Н. Фрянов, Л. Д. Павлова. СибГИУ — Новосибирск: СО РАН. — 2009. — 238 с.

3. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко РАН, СО — Новосибирск: «Новосибирский писатель». — 2011. — 524 с.

УДК 622.013.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ МОЩНОСТИ И ГЛУБИНЫ ОТРАБОТКИ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА «РАЗРЕЗ РАСПАДСКИЙ»

[1]Ордин А.А, [2]Васильев И.В.
1 - Институт горного дела СО РАН,
2 - ОАО «Сибгипрошахт»
г. Новосибирск, Россия

В настоящее время на многих угольных разрезах горные работы подошли к границе рентабельной отработки и предельному коэффициенту вскрыши. Увеличение глубины отработки и необходимость постоянного прироста запасов полезных ископаемых обуславливает потребность в создании принципиально новых технологических схем выемки, когда извлечение запасов по каким-либо причинам становится экономически не целесообразным или технологически невозможным традиционными способами. В этой связи наиболее перспективным направлением является применение открыто-подземного способа.

При планировании перехода от открытых работ к подземным одним из важных факторов является определение оптимальной глубины перехода. Определение граничных условий для открытых горных работ должно не только обеспечить переход к подземной отработке, но и экономическую целесообразность функционирования шахты. Так же немаловажным фактом является определение оптимальной мощности будущего предприятия

В настоящее время в ИГД СО РАН ведутся работы по оптимизации производственной мощности горнодобывающего предприятия и глубины перехода от открытого способа разработки к подземному с применением лаговых моделей[1].

Рассмотрим задачу определения оптимальной производственной мощности и глубины отработки открытым способом, на примере лицензионного участка «Разрез Распадский».

Поле участка «Разрез Распадский» расположено в северо-восточной части Распадского каменноугольного месторождения Томь-Усинского геолого-экономического района Кемеровской области. Участок «Разрез Распадский» входит в состав «Разрез Ольжерасский», который является структурной единицей ОАО «Южный Кузбасс» и расположен на территории муниципального образования «город Междуреченск» и прилегающих к нему территорий Кемеровской области. В лицензионных границах участка недр «Разрез Распадский» прослеживаются два пласта угля 21 и 19, сохраняющие на всей площади рабочую мощность. Средняя мощность пластов составляет 10,5 м, угол падения 25º.

Разделим решение поставленной задачи на три этапа.

На первом этапе рассмотрим задачу определения оптимальной глубины отработки открытым способом.

В ходе исследований проведенных в ИГД СО РАН по поиску оптимальной глубины отработки открытым способом разработки было определено, что объем валовой прибыли, получаемой карьером, всегда имеет максимум относительно глубины открытых горных работ, который формируется за счет геометрических параметров вскрышных и добычных объемов пород и руды[1,2].

Валовая прибыль, получаемая карьером при отработке месторождения до глубины H рассчитывается по формуле :

$$F_o(H) = (s - c_o) y_y V_y(H) - c_в y_в V_в(H),$$

где s-оптовая цена 1 т угля; c_o-себестоимость открытых горных работ по углю; y_y-плотность угля; V_y-общий объем угля; $c_в$-себестоимость вскрышных работ; $y_в$-плотность вскрышных пород; $V_в$-общий объем вскрышных пород.

Результаты расчета, произведенные для лицензионного участка “Разрез Распадский» представлены на (рис.1).

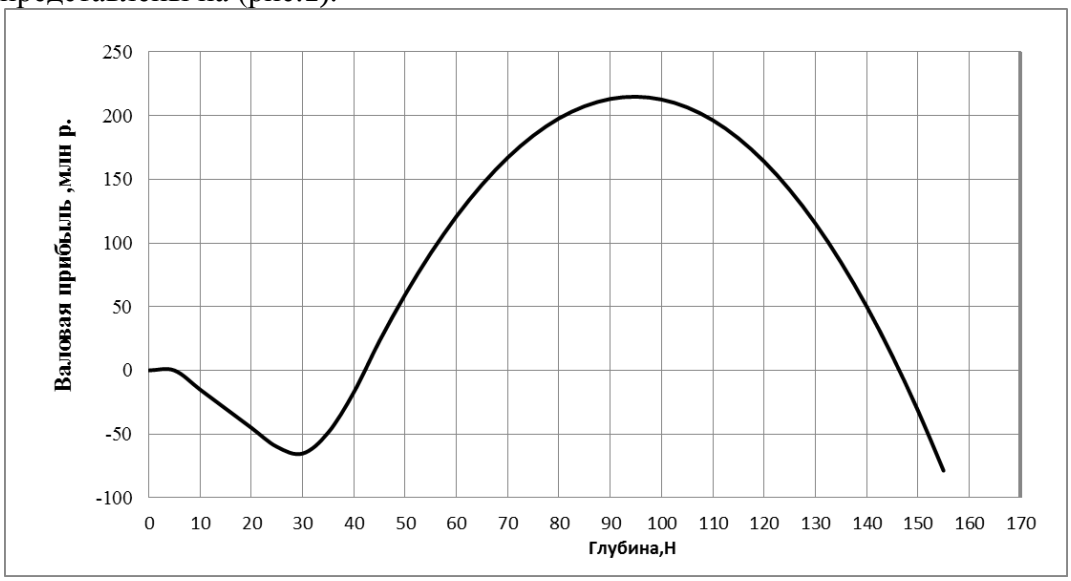


Рис.1.Зависимость валовой прибыли от глубины участка «Разреза Распадский»

Таким образом расчеты показали, что для лицензионного участка «Разрез Распадский» максимум валовой прибыли существует в диапазоне глубины от 85 м до 100 м .

Вторым этапом рассмотрим задачу определения оптимальной производственной мощности разреза.

Одним из простейших критериев оптимальной проектной мощности горнодобывающего предприятия является валовая дисконтированная выручка.

По существующим методическим [3] указанием валовая дисконтированная выручка определяемая по формуле:

$$P(A) = \sum_{t=0}^{T} \frac{s(t)A}{(1+E)^t} = A\sum_{t=0}^{T} \frac{s(t)}{(1+E)^t},$$

где A- проектная мощность горнодобывающего предприятия; s(t)- тренд изменения со временем(t) оптовой цены 1 т угля; E-норма дисконта.

Как видно, критерий оптимальности прямо пропорционален мощности горнодобывающего предприятия, и оптимизационной задачи в такой постановке не существует. В данной формуле при расчете оптимальной производственной мощности не учитываются экономический ущерб от замораживания инвестиций в период строительства горнодобывающего предприятия.

Введем в эту функцию зависимость срока строительства горнодобывающего предприятия от его проектной мощности $T^c(A)$:

$$P(A) = \sum_{t=T^C(A)+1}^{T^C(A)+T} \frac{s(t)A}{(1+E)^t} \to \max$$

где $T^c(A)$- трендовая зависимость срока строительства горнодобывающего предприятия от его проектной мощности, или строительный лаг.

При такой постановке происходит формирование максимума целевой функции в зависимости от его проектной мощности.

Результаты расчета для лицензионного участка «Разрез Распадский» представлены на рис.2 .

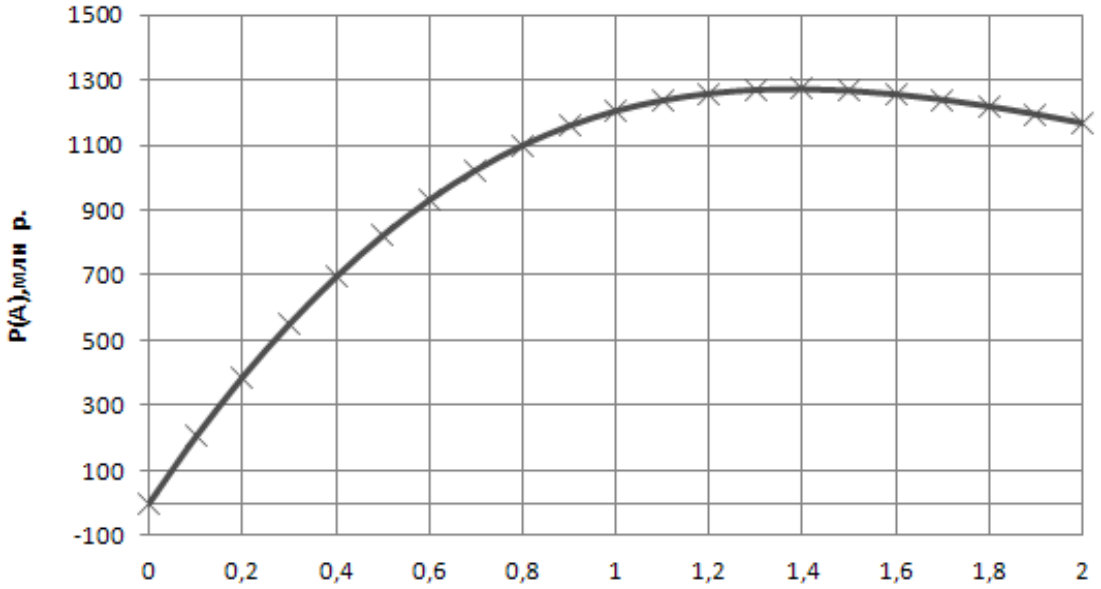


Рис.2. Зависимость ЧДД от проектной мощности участка «Разреза Распадский»

Из полученных расчетов следует, что максимум ЧДД для участка «Разрез Распадский» достигается при производственной мощности в диапазоне от 1,2 до 1,5 млн т.

Третьим этапом рассмотрим постановку и решение задачи совместной оптимизации глубины (Н) открытых горных работ и проектной мощности (А) карьера.

Очевидно, что это решение существует, так как мы доказали существование оптимальной глубины открытых горных работ, которая формирует оптимальные запасы полезнонго ископаемого и, следовательно, оптимальное значение проектной мощности предприятия. Эта задача имеет динамический характер и заключается в поиске максимума целевой функции:

$$P(A,H) = \sum_{t=T^c(A)+1}^{T^c(A)+\frac{Q(H)}{A}} \frac{(s-c_0)A}{(1+E)^t} - \sum_{t=0}^{T=\frac{Q(H)}{A}} \frac{c_B\gamma_B V_B(H)}{T(1+E)^t} =$$

$$= \frac{(s-c_0)A}{E}\left((1+E)^{-T^c(A)} - (1+E)^{-(T^c(A)+\frac{Q(H)}{A})}\right) -$$

$$- \frac{c_B\gamma_B V_B(H)A}{Q(H)E}\left(1-(1+E)^{-\frac{Q(H)}{A}}\right) \to \max$$

где c_o- себестоимость открытых горных работ по углю; $c_в$ - себестоимость вскрышных работ; $\gamma_в$-плотность вскрышных пород; $V_в$ - общий объем вскрышных пород; Q – про-

мышленные запасы угля на карьере, млн.т; А – оптимизируемая проектная мощность карьера, млн.т/год.

Результаты расчета, произведенные для лицензионного участка «Разрез Распадский», представлены на рис.3.

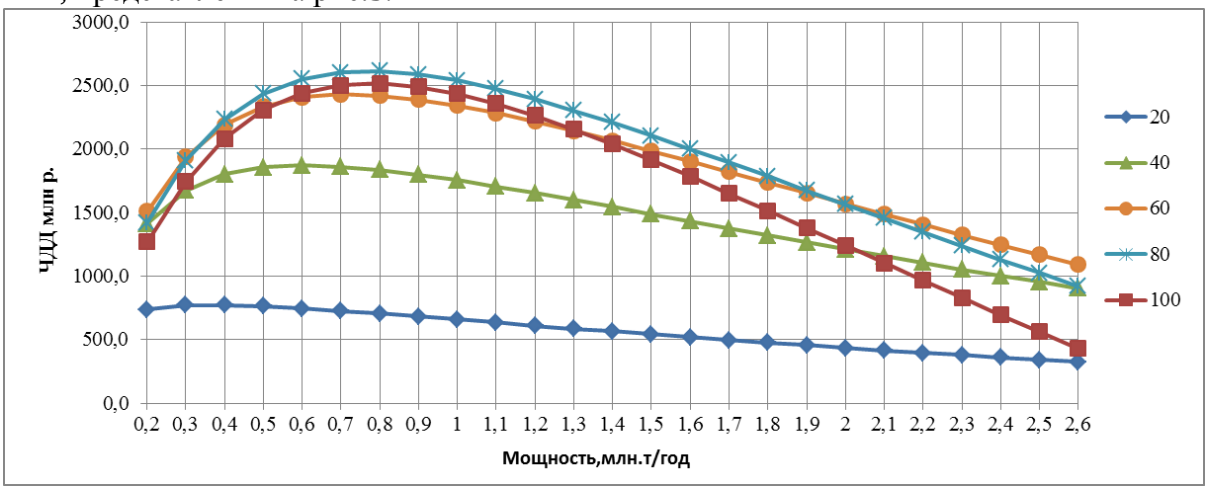


Рис.3. Зависимость ЧДД от проектной мощности и глубины участка «Разреза Распадский»

Из полученных расчетов следует, что максимум ЧДД для участка «Разрез Распадский» существует при глубине открытых горных работ 80 м и производственной мощности 0,8 млн т/год.

Список литературы

1. Ордин А.А., Клишин В.И. Оптимизация технологических параметров горнодобывающих предприятий на основе лаговых моделей.-Новосибирск: Наука, 2009.

2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов.-М.: Наука, 1986.

3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов.-М.:Экономика, 2000.

4. Лившиц В.Н. Оптимизация при перспективном планировании и проектировании.-М.:Экономика,1984.

5.Городецкий П.И. Технико-экономические основы определения границ перехода с открытых работ на подземные.-Зап.ЛГУ.-1941.

6. Ржевский В.В. Открытые горные работы.-М.:Недра,1985.

7.Мельников Н.В., Реентинович Э.И., Симкин Б.А. и др. Теория и практика открытых разработок.-М.:Недра,1979.

УДК 622.333

ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ МОЩНОГО ПОЛОГОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СТОЛБАМИ-КАМЕРАМИ

Федорин В.А., Варфоломеев Е.Л., Кассина О.В.
Институт угля СО РАН, г. Кемерово, Россия

Использование средств комплексной механизации на пластах мощностью более 6,0 м всегда сопряжено с дополнительными проблемами, которые не позволяют достигнуть достаточно высоких технико-экономических показателей и часто приводят к значительным безвозвратным потерям угля в недрах.

Значительное количество запасов высококачественного коксующегося угля сосредоточено именно в пологих мощных угольных пластах (около 25 % всех запасов коксую-

щегося угля в Кузбассе). В связи с этим проблемы, связанные с отработкой комплексно-механизированными забоями мощных пластов угля, обуславливают актуальность создания и промышленного освоения других более гибких и, вместе с тем, менее затратных технологий добычи угля

Имеющийся мировой опыт отработки мощных нарушенных пластов в ведущих угледобывающих странах мира – США, Австралия, ЮАР, и др. недостаточен и не позволяет эффективно решить предстоящие проблемы на шахтах юга Кузбасса.

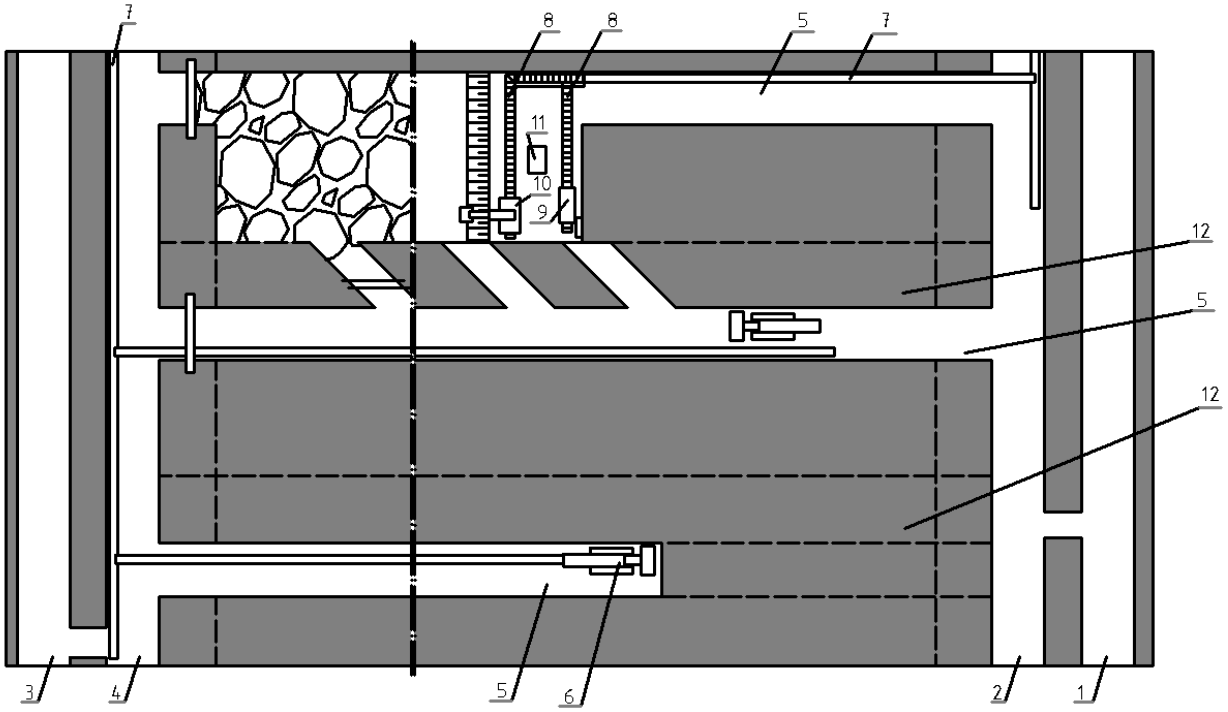
Опыт отработки мощных пластов в КНР, Индии и других странах, указывает на весьма низкие коэффициенты извлечения, снижающиеся до 20% [1].

Исходя из вышеизложенного, необходим поиск нетрадиционных технологических решений, обеспечивающих в большей мере безопасность труда, значительный рост экономических показателей.

Предлагаемая технология заключается в одновременной отработке двух слоев мощного пологого пласта «столбами-камерами» [2].

Выемку пласта в два слоя ведут длинными столбами-камерами с оставлением целиков, способных разрушаться с течением времени. При этом потери угля в узких целиках, оставляемых между выемочными столбами-камерами, не больше потерь при выемке угля, например, длинными столбами по простиранию, связанными с потерями полезного ископаемого из-за геологических нарушений.

Выемочное поле вскрывают главными и фланговыми уклонами, которые проводят у кровли пласта и в нижних точках сбивают сбойками, для обеспечения бремсберговой схемы проветривания. От фланговых уклонов к главным проводят подготовительные выработки, затем, в районе фланговых уклонов, готовят монтажную камеру (рис.1.).



1 – главный воздухоподающий уклон; 2 – главный конвейерный уклон; 3 – фланговый воздухопадающий уклон; 4 – фланговый конвейерный уклон; 5 – подготовительные выработки; 6 – проходческий комбайн; 7 – ленточный конвейер; 8 – забойный конвейер; 9 - нишенарезная машина; 10 – экскаватор; 11 – анкероустановщик; 12 – саморазрушающийся целик

Рис.1. Вскрытие, подготовка и отработка мощного пологого угольного пласта столбами-камерами

В камере монтируют забойные конвейеры, нишенарезную машину (ННМ), экскаватор, анкероустановщик.

Прототипом ННМ может служить быстроходная выемочная машина БВМ производства ОАО «ПНИУИ» (рис. 2.).

БВМ обладает малой шириной захвата исполнительного органа (0,24 - 0,33 м) и повышенной скоростью подачи – до 45 м/мин. Необходимо при габаритах данной модели увеличить размеры шнекового исполнительного органа до 0,8 м. Скоростные характеристики выемочной машины верхнего слоя для данной технологии большой роли не играют, т.к. узким местом (самым длительным технологическим процессом) является выемка нижнего слоя, поэтому с учётом мощности пласта рекомендуемая рабочая скорость подачи ННМ составляет 3-5 м/мин.

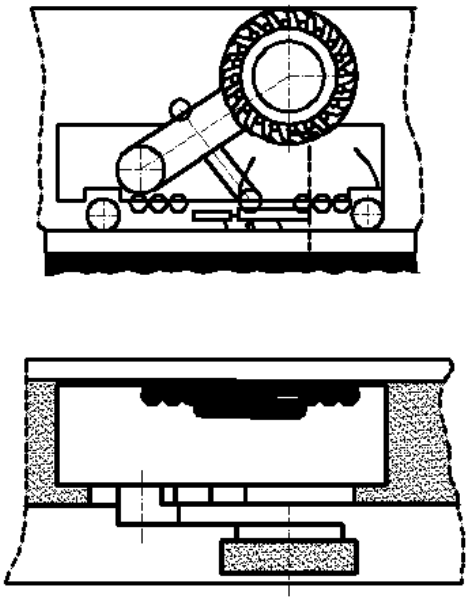


Рис. 2. Общий вид быстроходной выемочной машины (БВМ)

Выемку угля начинают с забоя верхнего слоя ННМ. Отбойка и погрузка угля на конвейер осуществляется шнеком ННМ. Следом за подвиганием забоя верхнего слоя ведут передвижку секций, крепление кровли анкерами, посредством анкероустановщиков, через отверстия, проделанные в перекрытии секции, затем передвижка забойного конвейера.

После отхода забоя верхнего слоя от фланговой границы столба примерно на 10 м экскаватором, одновременно с работой на верхнем слое, ведется отработка нижнего слоя экскаватором, который находится на границе между слоями. Отбитый в нижнем слое уголь грузят ковшом на конвейер, установленный под экскаватором.

Уголь от верхнего и нижнего слоев транспортируется по забойным конвейерам, которые расположены соответственно под нишенарезной машиной и экскаватором, на ленточный конвейер и далее по конвейерному штреку на конвейерный уклон.

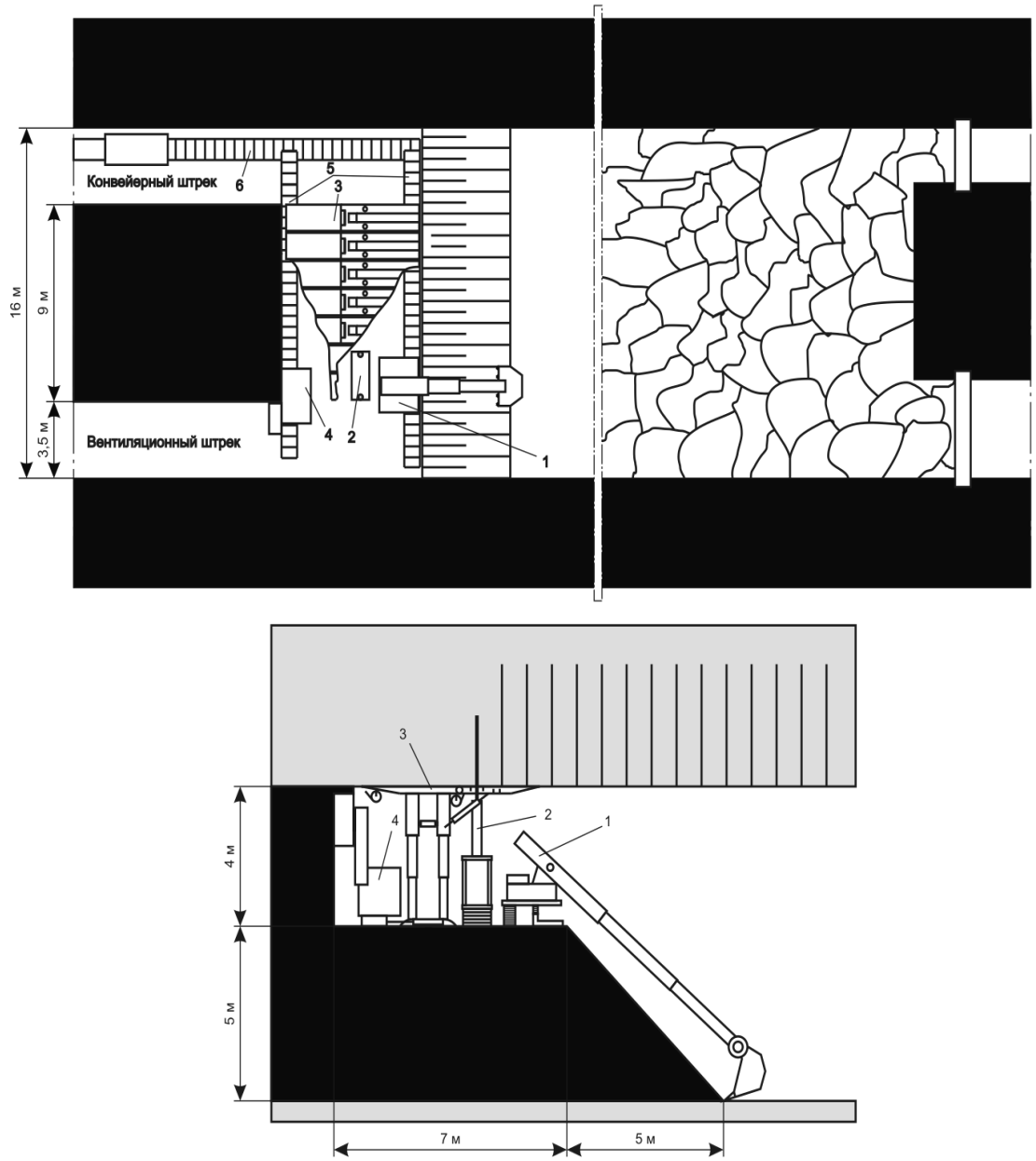
Технология отработки представлена на рис. 3.

После выемки первого столба-камеры в блоке, оставляют узкий саморазрушающийся целик и вынимают второй столб-камеру и т.д.

Коэффициент извлечения в данной технологии 0,64 - 0,71, в зависимости от числа столбов в группе. Основные технико-экономические показатели технологии приведены в табл. 1.

Вследствие подготовки выемочных полей выработками в одном верхнем слое затраты на подготовку снижаются на 50 %, материальные затраты на демонтажные работы и времени сокращаются примерно на 70 %. Сокращаются затраты на монтаж т. к. приме-

няется легкое и в основном самоходное оборудование. Снижаются так же капитальные затраты, связанные с приобретением дорогостоящих механизированных комплексов межслоевых перекрытий, т. к. применяется менее материалоемкое оборудование.



1 - экскаватор нижнего черпания; 2 – анкероустановщик; 3- секции механизированной крепи; 4- нишенарезная машина; 5- забойные конвейеры; 6 – участковый конвейер

Рис. 3. Технология отработки мощного пологого угольного пласта столбами-камерами

Разработанная короткозабойная технология основана на новых для коротких забоев горно-планировочных и технологических решениях, не применявшихся до настоящего времени.

Таблица 1

Технико-экономические показатели технологии

№	Наименование показателей	Показатели
1	Добыча угля за сутки, т	4500
2	Добыча угля за год, т	1500000
3	Списочная численность, чел	190
4	Производительность труда, т/чел/мес	675
5	Коэффициент извлечения	0,71

Наиболее важные решения состоят в нижеследующем:

1. Короткий забой размещается в выемочном столбе длиной до одного километра и более. Такое решение позволяет:

- кратно увеличить первоначальные запасы угля выемочного участка;

- упростить процесс добычи угля, освободиться от частых перемещений комбайнов в течение смены в новые «заходки», что существенно увеличит рабочее время и объем добычи угля;

2. В технологии предусмотрено использование в коротком забое *нишенарезной машины*, что делает процесс добычи угля более производительным, чем при использовании проходческих комбайнов;

3. Нижний слой пласта отрабатывается одновременно с верхним с помощью специального экскаватора, установленного на «почве» верхнего слоя;

4. Вентиляция выработок участка и коротких забоев осуществляется за счет общешахтной вентиляционной системы;

5. Поле участка профилированное, размещается таким образом, чтобы обеспечивался приток шахтной воды в нижнюю часть поля, а так же отток метана в верхнюю часть поля и далее на поверхность;

6. Коэффициент извлечения угля, выше, а потери ниже, чем в других технологиях.

Список литературы

1. Фиссгус З. «Проблемы подземной разработки весьма мощных угольных пластов в Индии». Глюкауф 1997, №2.

2. Патент РФ №2295037 от 10.03.2007 г. Способ разработки мощного пологого угольного пласта столбами-камерами. Ялевский В.Д., Федорин В.А., Ануфриев В.Е., Анферов Б.А., Варфоломеев Е.Л., Кассина О.В.

УДК 669.273

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЙНАЗАР

Куленова Н.А., Чуб В.В., Шерегеда З.В., Ахметвалиева З.
ВКГТУ им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск, Казахстан

В Казахстане на сегодняшний день сосредоточено более половины мировых запасов вольфрама. Подавляющее большинство месторождений вольфрама представлено комплексными рудами. В некоторых из них существенная роль принадлежит нескольким полезным компонентам. В рудах отдельных месторождений в качестве попутных компонентов учтены молибден, висмут, сера пиритная, золото, серебро, скандий, тантал, ниобий и бериллий, представленные как самостоятельными минералами, так и в виде изоморфных примесей в вольфрамовых минералах. В ряде месторождений вольфрам является второстепенным компонентом и добывается попутно с оловом, молибденом, свинцом, цинком, сурьмой, золотом и др. [1].

В последние годы интерес недропользователей Казахстана существенно расширился. Помимо традиционного спроса на уголь, нефть, минеральные удобрения, возросло внимание к месторождениям редких металлов, в.ч. и к вольфраму.

Всего в Казахстане насчитывается около 15 вольфрамовых месторождений и около 20 месторождений (молибденовых, бериллиевых, оловянных), где вольфрам является попутным компонентом.

Объектом исследования являлись пробы с вольфрамового техногенного минерального образования Байназар. Участок Байназарское рудное поле приурочен к узлу пересе-

чения нескольких глубинных разломов скрытого типа (северо-западного, северо-восточного, широтного и меридионального простирания). Сложен он песчаниками, алевролитами и сланцами лудлоу, повсеместно ороговикованными, конгломератами и песчаниками нижнего карбона, песчаниками, алевритами, лавами туфами риолитового состава и дайкообразными субвулканическими телами риолитовых порфиров и фельзитов визе-намюра. Все они прорваны интрузиями двух комплексов: акчатауского (нормальные биотитовые и леккократовые – аляскитовые граниты) и байнзарского (малые интсрузии и дайки габбро-монцонит-граносиенитовой формации). Детальными литогеохимическими (по коренным породам) и морфометрическими исследованиями установлено, что оруденение в рудном поле контролировалось трехъярусной, концентрически замкнутой структурой скрытого типа. Первый ярус диаметром 1,2 км включает наиболее крупный и яркий ореол, приходящийся на участок месторождения Байназар. В третьей зоне размещаются все известные в рудном поле проявления вольфрама и молибдена (Новобайназарское), вольфрама (Мирбайкара) и меди. Байназарский массив сложен породами двух разновидностей: светло-серыми гранит-порфирами и розовыми мелкозернистыми порировидными гранитами [1].

Всего в Байназаре выявлено 35 гипогенных и 24 гипергенных минерала. Из гипогенных образований широко развиты - кварц, мусковит, пирит, серицит, топаз, флюорит, вольрамит, молибденит, пирротин, халькопирит, калиевый шпат; мало развиты - висмутин, хлорит, гематит, кальцит, гипс, цеолиты, шеелит, альбит, магнетит; редки – турмалин, кассетерит, гранат, сфалерит, галенит, висмут самородный, апатит, циркон, рутил. Главными являются вольфрамит, молибденит, берилл.

Основная масса пробы техногенного материала представлена удлиненными, призматическими и неправильными по форме частицами, размеры частиц колеблются от 0,2 до 40 мм. Цвет материала серо желтый в отдельных местах желто-бурый. Побежалость желто-коричневая. Вмещающая порода содержит глину до 35%.

Минералогический анализ показал, что:

- исходный материал представлен грейзенизированными гранитами сложного состава;

- ожелезненная порода скарнового типа;

- ожелезнение выражено в повышенном содержании охр железа (гетита и гематита), которые в отдельных фрагментах породы глубоко проникают в структуру и окрашивают породу в желто-бурые цвета.

В отобранной пробе установлены следующие минералы: вольфрамит; халькопирит; самородный висмут; висмутосодержащий минерал виттихенит; самородное золото; ильменит; ильменорутил; магнетит; рутил; сфалерит; галенит.

Главным рудным минералом является вольфрамит - (Fe, (Mn)WO4) с содержанием Mn – 0,16%, Fe - 4 %, W- 0,022 %. Примеси: Ca, Zn, Sn, плотность 6,7 г/см^3. Цвет зерен буро-черный и красно-бурый. Хрупкий. Давится с трудом. Твердость 4,5-5. Вольфрамит развивается по нерудным минералам, редко по пириту, замещаясь в свою очередь шеелитом, сфалеритом, поздним кварцем, и содержит мелкие (менее 0,05 мм) включения кварца, редко флюорита. Размеры и характер срастания зерен вольфрамита представляют собой важные для обогащения характеристики. Состав вольфрамита колеблется от ферберита до гюбнерита со всеми промежуточными членами ряда. Считается, что он определяется условиями рудообразования (температурой и составом растворов, количеством этапов и стадий), составом вмещающих пород и глубиной эрозионного среза месторождения, но роль каждого из этих факторов оценивается по-разному [2].

Вольфрамит в руде отмечается в виде отдельных зерен и их агрегатов, образующие небольшие гнездообразные или порожилковатые обособления в минералах кварца и полевого шпата. В отраженном свете имеет светло-серый цвет. Наиболее тонкие срастания отмечаются для вольфрамита с мусковитом. Размер частиц минерала вольфрамита составляет от 0,02 до 0,025 мм.

Минералы висмута – это в основном самородный висмут и минерал виттихенит (CuBiS3). Содержание элементов в минерале виттихенит составляет: Bi – 0,012 %, Cu-0,05 %, S – 0,9 %. Примеси: Fe, S, As, Sb. Твердость 2 – 2,5. Минералы висмута находятся также в срастании с халькопиритом и заключены в чистых идиоморфных зернах кварца. Крупность отдельных минералов висмута составляет 0,03-0,04 мм. В отдельных случаях минералы висмута образуют более крупные включения (0,4-0,2 мм) в кристаллах ильменита. Основная масса висмутовых включений во вмещающие породы достигает – 0,012 мм. Кроме сростков висмутовых минералов с халькопиритом в кварце встречаются сростки халькоперита со сфалеритом и единичные вкрапления галенита.

В отобранной пробе обнаружены также «золотины» - которые встречаются достаточно часто и предоставлены самостоятельными включениями самородного золота в кварце. Размер «золотин» составляет от 0,005-0,008мм, отдельные «золотины» достигают размера -0,014 мм. Форма «золотин» близка к изометричной и у некоторых по периферии просматривается окисная пленка железа.

Результаты гранулометрического показали, что:

- основная часть металлов - вольфрама и висмута, сосредоточена в частицах руды меньше 2 мм;

- вольфрамит более чем на 60% находиться в сростках с вмещающими породами, в руде крупнее + 0,2 мм. В материале мельче - 0,2 мм почти весь вольфрамит находится в свободном состоянии;

- срастание висмута с вмещающими породами распространяется на более мелкие классы;

- измельченный материал показывает более равномерное распределение металлов по классам крупности, увеличение выхода и извлечения металлов в мелких классах, что обусловлено увеличением количества свободного металла;

- излечение вольфрама и висмута в классах от +1,0 мм до - 0,1 мм составляет более -90%.

Для определения оптимальных параметров обогащения предоставленного материала был проведен ряд поисковых опытов с разной подготовкой руды к гравитационному обогащению при различных режимах работы центробежного концентратора.

Гравитационное обогащение проводилось на лабораторном центробежном концентраторе «ИТОМАК-КН-0,1м», с автоматическим пробоотборником. Масса подаваемого материала на обогащение в разных опытах составляла от 10 до 20 кг.

Режимы работы концентратора: частота вращения ротора – 465 ÷1260 об/мин; соотношение твёрдого к жидкому Т : Ж - 1 : 1; давление разрыхляющей воды - 0,1 ÷ 0,3 бар.

При гравитационном обогащении получали два продукта обогащения - гравитационный концентрат и хвосты перечистки. При этом хвосты первой стадии обогащения, служили питанием для второй стадии обогащения. Во второй стадии обогащения были получены также два продукта: - концентрат и хвосты. Из продуктов обогащения, первой и второй стадий, отбирались пробы для анализов.

Из проведенных опытов следует, что оптимальные результаты по извлечению металлов в концентрат (вольфрама и висмута) определённо достигнуты при двухстадиальном обогащении руды класса - 2 мм, отобранной из исходной руды и измельченной на шаровой мельнице по тонине промпродукта класса – 0,1 – 0,074 мм, и работе обогатительного оборудования при следующем технологическом режиме:

- частота вращения ротора - 730 об/мин;

- давление разрыхляющей воды – 0,2 бар.

При этом суммарное извлечение вольфрама в концентрат составило 88,58%, висмута - 79,05%. Содержание вольфрама и висмута в концентрате на первой стадии обогащения 0,58% и 0,15 % соответственно. Содержание вольфрама и висмута в концентрате на второй стадии обогащения 0,05% и 0,056 % соответственно

Основные потери вольфрама в хвостах связаны с мелкими классами руды и шламами, крупностью менее - 0,071 мм, за счет тонких включений в исходном материале.

Невысокое извлечение висмутовых минералов в концентрат объясняется также их весьма тонкой структурой. Висмутовые минералы в проведенных опытах при обогащении до 30% переходят в шламы, крупностью менее -0,071 мм, причем по анализам видно, что они не переизмельчены, а находятся в виде тончайших естественных зерен, что приводит к их потерям в хвостом продукте.

Для улавливания металлов в тонких классах, а это визуально видно по исследуемым под микроскопом пробам хвостов в каждом поисковом опыте, необходима дополнительная перечистная операция на гравитационном переделе т.е. - третья стадия гравитационного обогащения.

Доводка концентратов на концентрационном столе, позволила получить объединённый концентрат с содержанием вольфрама и висмута 25,76% и 7,66%. Но при этом наблюдалось высокое содержание железа в продуктах обогащения: 39,36% в концентрате и 20,48% в промпродукте. Это обусловлено высоким содержанием железа в исходной руде, что привело к постепенному накоплению данного элемента в продуктах обогащения.

Для выделения вольфрама и висмута в отдельные концентраты, а также для повышения содержания металлов в этих концентратах, были проведены опыты по исследованию магнитных свойств концентрата и промпродукта, полученных при доводке объединенных концентратов на концентрационном столе.

При магнитной сепарации концентрата, в магнитную фракцию извлекается 68,45% вольфрама при его содержании в данной фракции 66,15%, в не магнитную фракцию извлекается 96,0 % висмута, его содержание в данной фракции составляет 4,09%.

При магнитной сепарации промпродукта в магнитную фракцию извлекается 56,08% вольфрама, его содержании в данной фракции составляет 10,78%, в не магнитную фракцию извлекается 73,78% висмута, его содержание в данной фракции составляет 1,06%. Опыты по магнитной сепарации концентрата и промпродукта показывают, что идет эффективный процесс извлечения вольфрама в магнитную фракцию, а висмута в не магнитную с получением высококачественных товарных продуктов. Для повышения эффективности процесса перед магнитной сепарацией следует объединять концентрат с промпродуктом.

Список литературы

1. Uzhkenov B.S., Bekzhanov G.R., Ivanov L.B. Rare metals and earths of Kazakhstan.- Almaty, 2011.- 277 p.

2. Федотов К.В., Артемова О.С. Проблемы переработки лежалых вольфрамсодержащих продуктов Современные методы переработки минерального сырья: Материалы конференции. Иркутск: Ирк. Гос. тех. ун-т, 2004. - 86 с.

УДК 625.32

РЕЛЬСОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Авдеев А.М., Большунов А.В., Соколова Г.В.
Национальный минерально-сырьевой университет «ГОРНЫЙ»,
г. Санкт-Петербург, Россия

Транспортные средства, перемещающиеся по рельсовым направляющим, получили широкое распространение при разработке месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом [1,2], благодаря: экономичности и надежности в эксплуатации; простоте управления и ремонта; экологичности.

Однако область их применения ограничена рядом факторов, связанных с горно-геологическими, технологическими и климатическими условиями разработки месторождения [1,2]. К таким факторам можно отнести: профиль трассы, углы транспортирования, различные виды загрязнения поверхности рельса, обледенение поверхности рельса и т.д.

Наиболее перспективным техническим решением, позволяющим расширить область применения рельсового транспорта на горнодобывающих предприятиях, является создание специальных транспортных средств на основе механизмов фрикционного типа или механизмов с зубчатым зацеплением. Перемещение транспортных средств, благодаря используемым на них тяговым устройствам, возможно на монорельсовом или двурельсовом пути, на напочвенной или подвесной дороге.

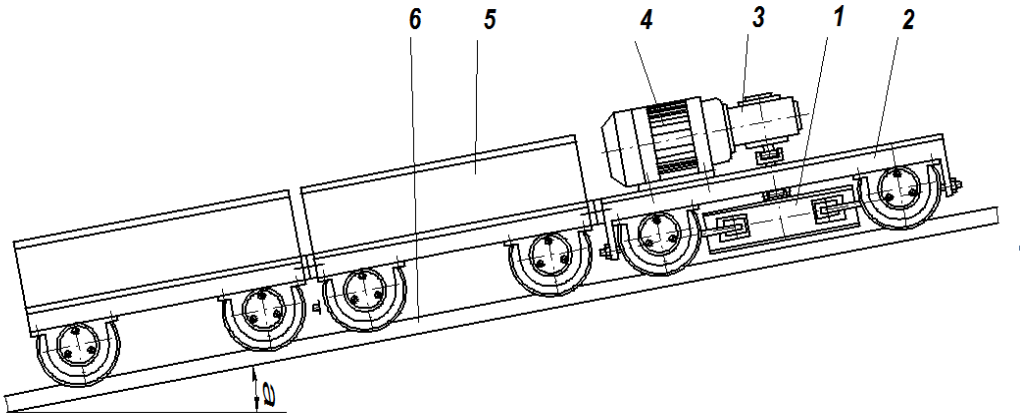
Мировыми лидерами в производстве данных транспортных средств являются компании и Ferrit s.r.o. (Чехия) и SMT Scharf Gruppe (Германия). В России наиболее известна продукция компании Ferrit s.r.o. (рис. 1, 2) [3, 4], которая с успехом эксплуатируется на предприятиях угледобывающей отрасли [5].

Рис.1. Шахтный локомотив DLZ110F для подвесной монорельсовой дороги

Рис. 2. Электрогидравлический тягач типа EHT180 для напочвенной зубчатой дороги

В тяговых устройствах с механизмами фрикционного типа, производства Ferrit s.r.o. и SMT Scharf Gruppe, усилие прижатия ведущих колес создается за счет гидравлической системы, применение которой наряду с положительными моментами имеет два недостатка – наличие достаточно громоздкой маслостанции и систем гидравлических магистралей.

Одним из возможных путей устранения данных недостатков является использование в рассматриваемых тяговых устройствах механизмов фрикционного типа, в которых усилие прижатия ведущих колес к рельсу создается системой рычагов и автоматически регулируется сопротивлением перемещаемого груза. Принципиальная конструкция рельсового транспортного средства с рычажным тяговым устройством фрикционного типа (рис.3) была предложена профессором Ленинградского горного института Берсеневым В.С.



1 – тяговое устройство; 2 – рама тягового устройства; 3 – редуктор;
4 – двигатель; 5 – вагонетка; 6 – рельсовый путь

Рис.3. Рельсовое транспортное средство с рычажным тяговым устройством фрикционного типа

Ведущие колеса тягового устройства 1 (рис. 4) взаимодействуют с тяговым рельсом 6, расположенным по середине рельсового пути 5. Вращающий момент на ведущие колеса передается от асинхронного двигателя 4 через червячный редуктор 3, расположенные на раме 2 транспортного средства. Тяговое устройство связано с рамой системой рычагов.

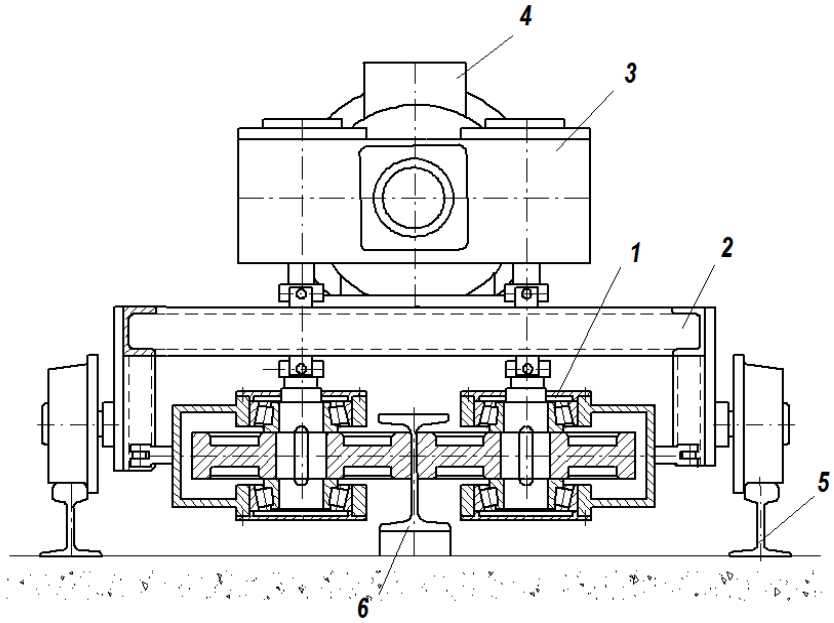


Рис.4. Взаимодействие ведущих колес с тяговым рельсом

Кинематическая схема тягового устройства представлена на рис. 5. Тяговое устройство включает ведущие колеса 1, зажимающие тяговый рельс 9, смонтированные при помощи подшипников 2 на рычагах 3, концы которых шарнирами 5 соединены с концами коротких плеч угловых рычагов 7. Вершины каждой пары угловых рычагов шарнирами 6 соединены с огибающими рельс хомутами 8. Концы длинных плеч рычагов 7 посредством шарнирных тяг 10 связаны с рамой транспортного средства 11. В качестве исходного сигнала для регулирования давления ведущих на рельс используется суммарное сопротивление транспортного средства, которое воздействует на основные силовые элементы тягового устройства, расположенные между рамой и ведущими колесами.

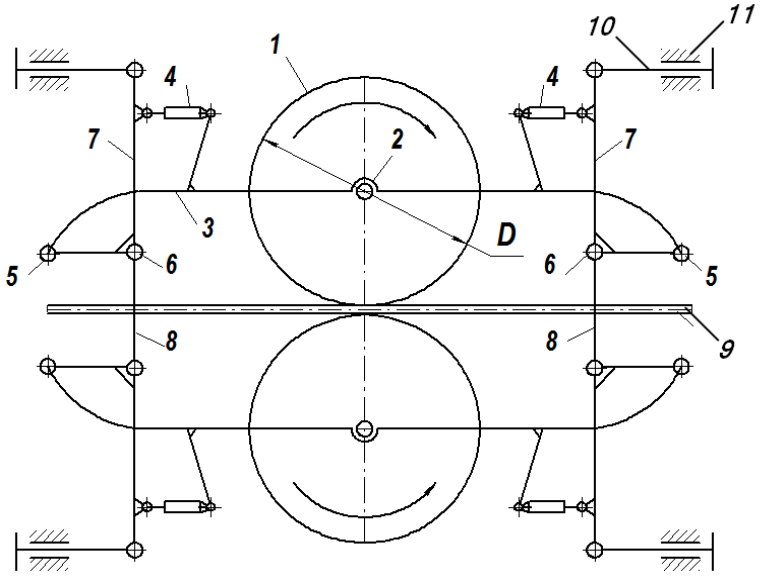


Рис.5. Кинематическая схема рычажного тягового устройства фрикционного типа

Под руководством профессора Берсенева В.С. на кафедре конструирования горных машин и технологии машиностроения проводились научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию тяговых устройств различного назначения, часть которых нашла применение на предприятиях горнодобывающей промышленности, в частности на карьерах пильного камня. На рис. 6 представлена самоходная тележка для транспортирования мраморных блоков на Коелгинском карьере, в основе конструкции которой использованы рычажные тяговые устройства фрикционного типа, обеспечивающая угол транспортирования 45°.

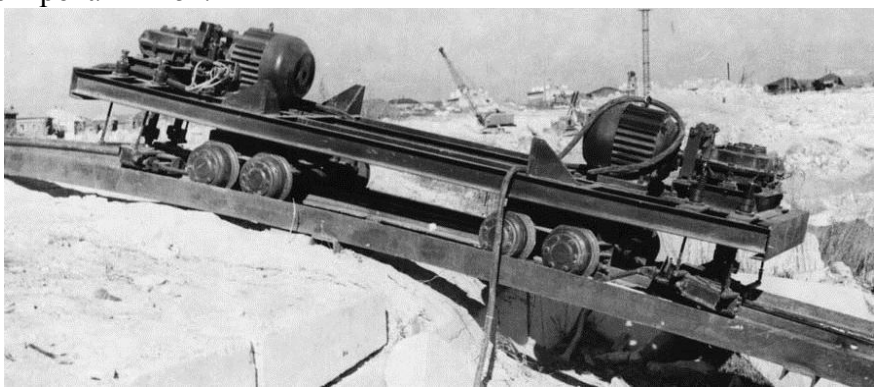


Рис. 6. Самоходная тележка для транспортирования блоков природного камня

В настоящее время на кафедре машиностроения ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на повышение эксплуатационных характеристик рычажных тяговых устройств фрикционного типа. В частности, исследуется влияние геометрических параметров рычажной системы (диаметр ведущих колес, длины рычагов, их взаимное расположение и т.п.) на тяговую способность устройства и надежность его работы в сложных горно-геологических и климатических условиях (профиль трассы, углы транспортирования, различные виды загрязнения поверхности рельса, обледенение поверхности рельса и т.д).

Список литературы

1. Галкин В.И. Шешко Е.Е. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности России // Горный-информационно-аналитический бюллетень. – М: МГГУ, 2011. –Т1. № 7 – С. 485-507.

2. Бахтурин Ю.А. Современные тенденции развития карьерного транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2009. – № 7 – С. 403-414.
3. Шахтный подвесной локомотив DLZ110F. URL: http://www.ferrit.cz/ru/producty /dlz110f (дата обращения: 30.04.2013).
4. Электрогидравлический тягач EHT180. URL: http://www.ferrit.cz/ru/producty /eht180 (дата обращения: 30.04.2013).
5. На шахтоуправление «Талдинское-Западное» поступили сверхмощные дизелевозы. Деловой Кузбасс. URL: http://www.delkuz.ru/content/view/15464/228/ (дата обращения: 30.04.2013).

УДК 622.235.2

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ВТОРИЧНЫХ КАМЕР ПРИ ЭТАЖНО – КАМЕРНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ УЧАСТКЕ ТАШТАГОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Цинкер Л.М., Смирнов С.М.
ООО «ВостНИГРИ»
г. Новокузнецк, Россия

Отработка Таштагольского железорудного месторождения ведется с 1941 года сначала открытым, потом подземным способом. Глубина разработки месторождения по проекту ОАО «Сибгипроруда» предусмотрена до гор. -350м [1].

Северо-Западный участок расположен в Северо-Западном крыле Таштагольской антиклинали, в области ее периклинального замыкания. Участок сложен отложениями средней рудовмещающей подсвиты Мундыбашской свиты среднего кембрия мощностью 400-500 м. На участке свита представлена рассланцованными терригенными породами с подчиненным развитием туфов, туфогенно-карбонатных пород, эффузивов.

Рудная зона участка по простиранию протягивается в виде полосы дугообразной формы и вмещает рудное тело №1, которое располагается среди скарнов, метасоматитов, сиенитов, метаморфических сланцев. Рудное тело сечется дайками микросиенитов, диоритов, диоритовых порфиритов, разрывными нарушениями. Простирание его на участке изменчивое – от 240° до 270°, с крутым падением на юго-запад под углом 60°-90°. Форма рудного тела штоко-линзообразная столбообразная. Длина по простиранию на гор. -210 ÷ -280 м до 500 м, по падению 1440 м.

Разрывные нарушения и дайки в пределах Северо-Западного участка пересекаются друг с другом и образуют блочную структуру массива. Наиболее крупным нарушением является Северо-Западное, а также ряд нарушений №7, 8, 9, 10 второго порядка, которые и определяют направления максимальных сжимающих (320°) и растягивающих (50°) напряжений. Основные тектонические показатели разрывных нарушений Северо-Западного участка представлены в табл. 1.

Нарушения выполнены раздробленными породами среди сланцев и в контакте сиенитов с магнетитовой рудой. Зоны нарушений выполнены перетертым глинистым материалом с обломками вмещающих пород и руд.

Степень трещиноватости в зоне геодинамического влияния Северо-Западного разрывного нарушения рассчитана по формуле [2]:

$$К_н = \frac{n}{l},$$

где $К_н$ – коэффициент, указывающий на количество трещин, приходящихся на 1 пог.м. в интервалах исследований: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 м от плоскости сместителя как в лежачем, так и в висячем крыльях нарушения; n - количество трещин, шт.;l - интервал исследований, м.

Таблица 1

Тектонические показатели разрывных нарушений Северо-Западного участка

Наименование и номер нарушения	Тип нарушения	Азимут простирания, град.	Угол падения, град.	Длина (средняя), м	Амплитуда смещения (средняя), м	Мощность нарушения, м	Мощность зоны влияния (средняя), м
Северо-Западное	Сдвиг	340°-350°	70°-85°	440	70	1-3	26
Нарушение №7	Сдвиг	340°-345°	75°-85°	240	1	0,5-1,0	0,5-3
Нарушение №8	Сдвиг	345°-355°	75°-85°	200	1-2	0,5-1,0	0,5-3
Нарушение №9	оперяющие трещины, тип нарушения не определен	355°	75°-85°	200	0,5	0,5-1,0	0,5-3
Нарушение №10	оперяющие трещины, тип нарушения не определен	340°	75°-85°	120	0,5	0,5-1,0	0,5-3

Распределение средних значений $К_н$ в зоне геодинамического влияния разрывного нарушения Северо-Западного участка представлено в табл. 2.

Таблица 2

Изменение показателя $К_н$ в зоне геодинамического влияния Северо-Западного нарушения

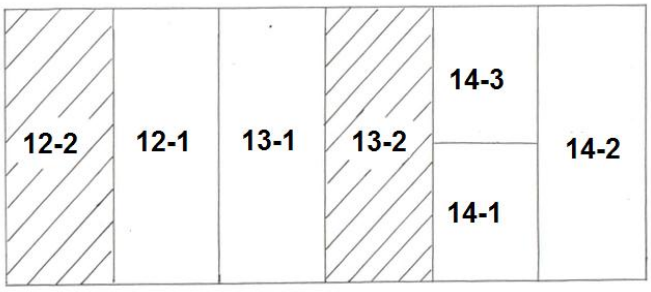
Показатели	Значения $К_н$ в интервалах (м) от сместителя					
	0-5	5-10	10-15	0-15	15-20	0-20
Лежачий бок	0,2	0,30	0,6	0,26	0,40	0,25
Висячий бок	0,80	0,60	0,60	0,67	0,40	0,34
Среднее	0,5	0,45	0,6	0,42	0,40	0,29

Параметры буровзрывных работ при этажно-камерной системе разработки с закладкой на Таштагольском филиале принимаются в соответствии с «Проектом на отработку и подготовку блока 12-13 СЗУ в этаже -210 ÷ -140 м» [3] и «Руководством по проектированию, организации и проведению массовых взрывов на подземных рудниках филиалов ОАО «Евразруда»» [4].

Технологические блоки 12 и 13 длиной по 27 м разделены на первичные (12-2, 13-2) и вторичные (12-1, 13-1) камеры длиной по 13,5 м (рис.1). Камеры 12-2 и 13-2 отработаны, заполнены закладочным материалом. В камере 13-1 в первом полугодии 2013 года проходятся выработки и бурятся взрывные скважины, камеру 12-1 планируется отработать в 2014 году после завершения закладочных работ и нормативного твердения закладки в камере 13-1. В следующем технологическом блоке 14 в первичной камере 14-2 ведутся работы по выпуску руды и подготовке камеры к закладке. Вторичная камера технологического блока 14 будет разделена на две камеры: камеру 14-3, отрабатываемую в 2013 году и камеру 14-1, отрабатываемую в 2014 году.

Уменьшение объемов отрабатываемых камер вдвое и вчетверо относительно применяющихся на руднике существенно отражается на возможностях внесения изменений в

формирование компенсационных камер, в схемы проходки нарезных выработок, в схемы взрывания и бурения скважин и т.д.

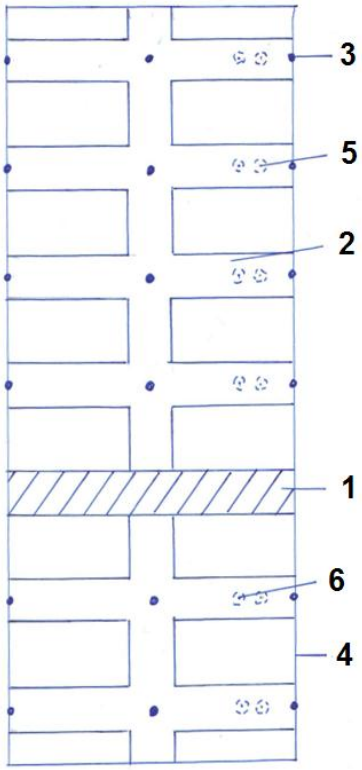


1 очередь – камеры 12-2, 13-2 – отработаны, заложены твердеющей смесью;
2 очередь – камеры 13-1, 14-2 – проходческие и буровые работы;
3 очередь – камеры 14-3, 12-1,14-1

Рис. 1 – Очередность отработки камер Северо-Западного участка в этаже -210 ÷ -140 м

Так, например, в камере 13-1, ограниченной с одной стороны закладочным массивом (рис.2), компенсационная камера формируется в центральной части, бурятся три ряда пучков скважин и взрывная отбойка пучков скважин ведется в направлении компенсационного пространства.

В камере 13-1 со стороны камеры 13-2, к настоящему времени заложенной закладочным материалом, пучки скважин бурятся на расстоянии 1,5-2,5 м от контакта руда-закладка.



1 – компенсационная камера; 2 – буровые выработки; 3 – пучки скважин (по применяемой на руднике технологии взрывной отбойки без закладки); 4 – контакт рудного массива камеры 13-1 с закладочным (камера 13-2); 5, 6 – пучки скважин с удалением от контакта руды – закладка на 1,5 и 2,5 м

Рис. 2 – Схема бурового подэтажа камеры 13-1

Твердеющую закладку при разработке железорудных месторождений в СССР начали применять в конце 50^{x} годов XX века на руднике «Первомайский» в Криворож-

ском бассейне. Основное внимание при взрывной отбойке рудных камер уделялось приконтактовой зоне.

На Запорожском железорудном комбинате при этажно-камерной системе разработки с закладкой при отработке Южно-Белозерского месторождения применялась взрывная отбойка камер высотой 80м, шириной 15м и длиной 50м, ограниченных закладочными массивами. Компенсационное пространство формировали отрезной щелью по центру камеры объемом до 20% от объема камеры, запасы руды отбивали в один-два приема.

На Гайском руднике при взрывной отбойке веерами скважин диаметром 105мм междукамерных целиков, ограниченных с двух сторон закладочными искусственными массивами с площадью вертикального обнажения 1500м^2, рудную корку, снижающую сейсмическое воздействие взрывов, создавали путем уменьшения длины пробуренных скважин [5], направленных от центра камеры к периферии.

Практика рудников, применяющих системы с твердеющей закладкой, показывает, что при прочих равных условиях, устойчивость обнажений закладочного массива зависит, прежде всего, от принятого метода отбойки руды, порядка ведения взрывных работ и от интенсивности взрывов [6]. Практически единственной причиной разрушения закладочного массива при достаточной его прочности является сейсмическое воздействие взрывов, а также взрывание скважин, пробуренных в закладочный массив. Установлено, что разрушение закладочного массива повышается от увеличения диаметра скважин и веса одновременно взрываемого ВВ.

Практика взрывной отбойки веерами скважин показала, что оставление предохранительной корки руды толщиной 1,0-1,5 м обеспечивает кратковременную устойчивость закладочного массива, однако не предотвращает образования трещин в закладке и постепенного обрушения /5/. Установлена недопустимость одновременной отработки камер, смежных с заложенной, и необходимость выбора миллисекундного замедления.

Максимальный эффект снижения сейсмического действия взрыва достигается бурением взрывных скважин параллельно контакту руда-закладка, в то же время на рудниках Гайский, Текели и др. при отработке вторичных камер было отдано предпочтение центральному расположению буровой выработки с направлением бурения вееров взрывных скважин в сторону закладочных массивов [7]. Объясняется это тем, что стенки первичных камер, как правило, неровные, часто камеры имеют бочкообразную форму, и бурение скважин параллельно искусственной стенке не приносит желаемых результатов, так как трудно выбрать место расположения приконтактных скважин. Бурение скважин в направлении, перпендикулярном оси камеры, дает возможность с достаточной степенью точности определить контакт руды с закладкой, что позволяет управлять взрывом на контакте. Установлено, что буровые выработки в первичных камерах рекомендуется располагать по границам камер и бурением скважин параллельно контакту руда-закладка, что обеспечит лучшую отрезку от массива, во вторичных - по оси камеры с бурением вееров скважин перпендикулярно контакту руда-закладка.

Принимая во внимание опыт камерной системы разработки с закладкой на других горнодобывающих предприятиях, при ведении буровзрывных работ во вторичных камерах рекомендуется учитывать следующее:

1. Затрудненные условия взрывной отбойки ввиду ограниченных параметров камер.

2. Устойчивость закладочного массива – непременное условие системы разработки с закладкой, что и предопределяет выбор способа взрывной отбойки.

3. Разработка технологического блока первичными и вторичными камерами с чередованием выемки и закладки требует тщательного оконтуривания границ первичных камер.

При анализе параметров буровзрывных работ и изучении влияния параметров БВР на эффективность отбойки рудной корки и устойчивость обнажений камер со стороны за-

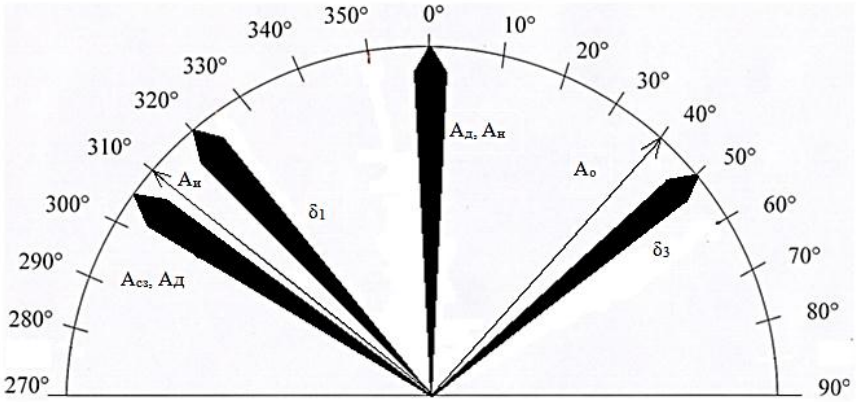
кладочного массива на период выпуска руды и закладки камеры для условий Таштагольского филиала установлено:

1. При взрыве веерных скважин в рудном массиве первичных камер необходимо создавать плоский фронт сейсмических волн, для этого веера скважин должны буриться параллельно закладочному массиву;

2. При веерном распределении зарядов ВВ в ближайшем от закладочного массива ряду основные параметры взрывной отбойки, влияющие на эффективность отбойки рудной корки и устойчивость закладочного массива, – масса зарядов ВВ и расстояние от зарядов ВВ до закладочного массива.

Практика разработки рудных месторождений, разрабатываемых системами с закладкой, показывает, что под воздействием динамических нагрузок в закладочном массиве могут образоваться трещины, происходить разрушение искусственного массива, и, как следствие, разубоживание отбитой руды закладочным материалом и снижение прочностных свойств закладочных массивов. Разубоживание может достигать 10-15% [8]. Разубоживание руды закладкой снижает технико-экономические показатели работы шахты, фабрики и предприятия в целом. Снижение разрушающего действия взрывов на закладочный массив может быть достигнуто снижением сейсмического воздействия на закладочный и породный массивы при ведении взрывных работ. Для оценки сейсмического эффекта при скважинной массовой отбойке руды наиболее объективным критерием считается плотность энергии сейсмических волн на границе руда-закладка [8].

Исходя из пространственного положения рудного тела, геодинамических и тектонических показателей, влияющих на выбор параметров буровзрывных работ при отработке камер в этаже -140÷-210 м, построена роза-диаграмма направлений геодинамических и тектонических показателей (рис.3), определены рекомендуемые направления инициирования зарядов ВВ и взрывной отбойки. Установлено, что инициирование зарядов ВВ наиболее рационально выполнять в направлении $310^o \pm 10^o \div 130^o \pm 10^o$ (СЗ÷ЮВ). Установленные рациональные направления инициирования зарядов ВВ предопределяют наиболее рациональное расположение компенсационных камер.



δ_1, δ_3 – направления максимальных сжимающих и растягивающих горизонтальных напряжений, соответственно; $А_{сз}$ – азимут простирания Северо-Западного разрывного нарушения; $А_д$, $А_н$ – азимуты простирания даек и зон дробления; $А_и$ – рекомендуемое направление инициирования скважинных зарядов ВВ; $А_о$ – рекомендуемое направление взрывной отбойки

Рис. 3. Роза-диаграмма направлений геодинамических и тектонических показателей, рекомендуемых направлений инициирования пучковых (веерных) скважинных зарядов ВВ и взрывной отбойки при системе разработки с закладкой Северо-Западного участка Таштагольского месторождения

При расположении камер тектонических блоков №12, 13, 14 в направлении $310^o \div 130^o$ (СЗ÷ЮВ), инициирование скважинных зарядов ВВ наиболее рационально вы-

полнять в этом же направлении, а вектор отбойки на компенсационное пространство в направлении 40° (СВ) и 220° (ЮЗ).

На основании проведенного анализа взрывных работ отработанных камер 12, 13 технологических блоков рекомендуется на стадии проектирования вторичных камер Северо-Западного участка внести изменения в существующую схему буровзрывных работ (рис.2):

- буровая выработка проходится на буровом горизонте только продольная (по центру камеры);
- из буровой выработки через 2,5 м бурятся нисходящие скважины, образуя веера, перпендикулярные оси выработки;
- недобур взрывных скважин до контакта руда-закладка – 1,0-1,5 м (в случае забуривания в закладочный массив необходимо тампонирование этого участка скважин);
- недозаряд взрывных скважин – 10%;
- отбойка вееров скважин – коротокозамедленная на компенсационную камеру.

Список литературы

1. Проект вскрытия и отработки запасов руды Таштагольского месторождения до горизонта -350 м для поддержания мощности 3,0 млн. т. сырой руды в год. Том I-VII. - ОАО Сибгипроруда, Новокузнецк. 1997.
2. Веселов А.И. Разрывные нарушения и их влияние на геодинамическую безопасность при отработке глубоких горизонтов Таштагольского железорудного месторождения [Текст]: / А.И. Веселов, Т.М. Трефилова, Г.А. Зернин // Сб. Техника и технология разработки полезных ископаемых. Международный научно-технический сборник. Вып.6 – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – С.4-9.
3. Проект на подготовку и отработку блока 12-13 СЗУ в этаже -210 ÷ -140 м, Таштагольский филиал, 2008, 25 с., графические материалы к проекту.
4. Руководство по проектированию, организации и проведению массовых взрывов на подземных рудниках филиалов ОАО «Евразруда». – 240с.
5. Белаш А.С., Ковалев А.Ф., Линник Г.Ф. Разработка железорудных месторождений с закладкой. - Киев: Техніка, 1969. - 160 с.
6. Котенко Е.А., Порцевский А.К. Опыт подземной разработки урановых месторождений // Горный журнал. – 2004. №5. – С. 32-35.
7. Джакупбаев А.Н., Джансугуров С.И., Цхе П.А., Ахмед-Галиев Э.С., Кораблев Г.А., Гулий В.М., Едильбаев И.Б., Милкин А.В. Опыт применения системы разработки с бетонной и твердеющей закладкой на руднике Текели. - Алма-Ата, 1970. - 109с.
8. Байконуров О.А., Крупник Л.А., Петухов В.Н. и др. Технология добычи руд с твердеющей закладкой. - М.: Недра, 1979. – 151 с.

УДК 622.831.245 (571.17)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ПОДРАБОТАННОМ МАССИВЕ В УСЛОВИЯХ ОАО «РАСПАДСКАЯ»

[1]БубновК.А., [2]Ремезов А.В.
1 - ОАО «Распадская», г. Междуреченск, Россия
2 – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет», г. Кемерово, Россия

На шахтах Кузбасса постоянно совершенствуется подготовка очистных забоев, что, безусловно, положительно отражается на их качественных показателях. Запасы в выемочных столбах в настоящее время составляют 1-5 млн. т угля.

Увеличение запасов угля в выемочном столбе существенно продлевает срок работы очистного забоя, положительно влияет на динамику объемов добычи, ведет к сокращению количества концевых операций, снижает непроизводительное время при перемонтаже механизированных комплексов и, в конечном счете, увеличивает производительность труда и снижает себестоимость добытого угля.

Однако с увеличением длины выемочного столба происходит рост количества поддерживаемых подготовительных выработок. Это связано, в первую очередь, с обеспечением запасных выходов из очистного забоя. В связи с этим возникает необходимость эффективного крепления подготовительных выработок в зоне влияния опорного давления очистного забоя.

Согласно [1], основными причинами потери устойчивости подготовительных выработок шахт Кузбасса являются большое горное давление в зоне влияния очистных работ, низкая прочность породы, нарушенность породных и угольных массивов, неправильный выбор типа, конструкции и несущей способности крепи и нарушения паспорта крепления выработок.

На основании анализа состояния подготовительных выработок и данных маркшейдерских замеров за последние годы выявлена доля выработок по протяженности, опасно деформированных под влиянием очистных работ и в зонах нарушенных горных пород по глубине их расположения.

Неправильный выбор типа, конструкции и несущей способности крепи обусловлен в основном слабым прогнозом ожидаемых смещений боковых пород и нагрузки на крепь. По этой причине зачастую применяют крепи недостаточной податливости, неправильно принимают шаг ее установки. Этим же объясняется в значительной мере крепление выработок с различными горно-геологическими и горнотехническими условиями по практически одинаковым паспортам.

В связи со значительным ростом горного давления с глубиной горных работ и увеличением протяженности поддерживаемых выработок вопросы систематического контроля за их состоянием, своевременного ремонта и усиления крепи приобретают большую важность.

В настоящее время основным видом крепления подготовительных выработок является анкерная крепь [2]. Для усиления крепления подготовительных выработок, погашаемых очистным забоем, применяются деревянные стойки, костровая крепь, стойки ГВКУ и т.д.

В данной статье рассмотрен опыт поддержания подготовительных выработок, погашаемых очистным забоем, анкерами глубокого заложения в условиях ОАО «Распадская» по пласту 7-7а при работе очистного забоя 4-7-25 (рис. 1).

ОАО «Распадская» разрабатывает подземным способом угольные пласты 11, 10, 9, 7-7а, 6-6а, 3-3а на глубинах от 260 до 520 м.

Пласт 7-7а в стратиграфическом разрезе залегает в 53,4м - 55,5м ниже пласта 9. Гипсометрия пласта пологоволнистая, углы падения изменяются от 6 до 10 градусов. Уголь пласта полосчатый за счет чередования тонких слойков полублестящего и блестящего угля, имеет сложное строение, содержит от 7 до 11 породных прослоев, представленных алевролитами и углистыми алевролитами. Мощность пласта изменяется в пределах от 3,65 до 4,69 м. В западном направлении пласт 7-7а расщепляется на пласт 7 и 7а. Пласт 7-7а залегает в 50м-70м выше пласта 6-6а.

Непосредственная кровля сложена алевролитами разнозернистыми, плотными, монолитными мощностью от 0,3 до 37 м. Непосредственная кровля преимущественно среднеустойчивая.

Основная кровля сложена песчаниками серыми мелко- и среднезернистыми слабослоистыми, и алевролитами разнозернистыми. Мощность песчаников сильноизменчивая. В восточной и центральной части выемочного столба мощность песчаников 25-29м, предел прочности при сжатии 90-100МПа. Выше залегают алевролиты мелкозернистые

мощностью до 8м. В западной части выемочного столба мощность песчаников до 10м. Выше песчаников залегают мелкозернистые алевролиты мощностью до 20м. Кровля трудноуправляемая, устойчивая, тяжелая.

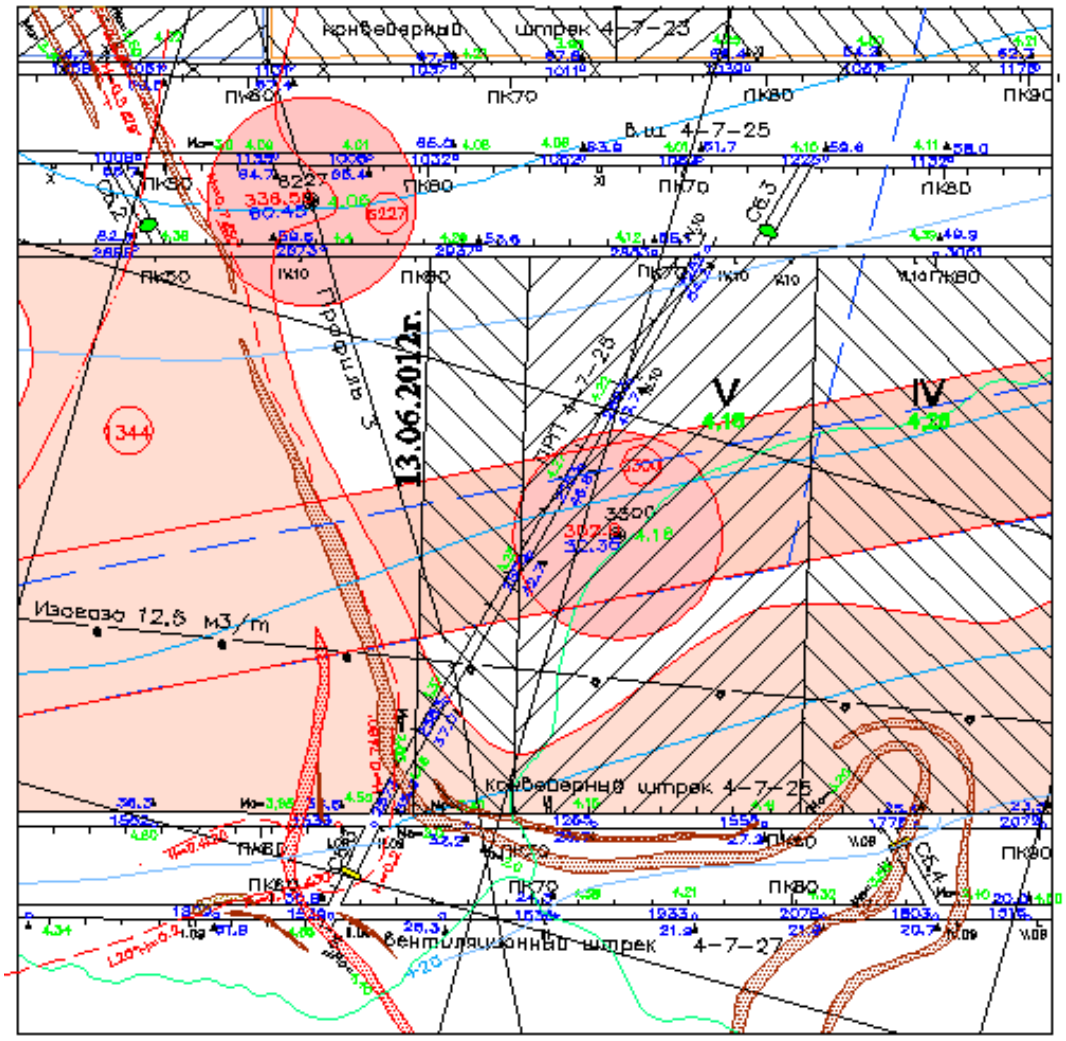


Рис. 1. Выкопировка с плана горных выработок по пласту 7-7а

В почве залегают алевролиты мелкозернистые, мощностью 0,35-14 м. Пласт 7-7а в незначительной степени насыщен малоамплитудными тектоническими нарушениями.

Для обеспечения безопасного ведения горных работ при отработке выемочного участка 4-7-25 технической службой ОАО «Распадская» было принято решение заблаговременно произвести усиление крепи кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25 анкерами глубокого заложения (до влияния зоны опорного давления, расчетная величина которого составляет 86м). Выемочный участок 4-7-25 был подработан в 2008 году выемочным участком 4-6-31бис.

Режим работы промежуточной разрезной печи 4-7-25 определяется положением промежуточной разрезной печи 4-7-25 относительно очистного забоя 4-7-25. Вне зоны влияния очистных работ промежуточная печь не испытывает дополнительных нагрузок. Вблизи очистного забоя промежуточная разрезная печь 4-7-25 находится в зоне опорного давления. Наиболее тяжелый режим работы промежуточной разрезной печи 4-7-25 происходит при переходе ее очистным забоем 4-7-25. В этой зоне на крепь выработки формируется максимальное давление. На рис. 2 показан вертикальный разрез по промежуточной разрезной печи 4-7-25.

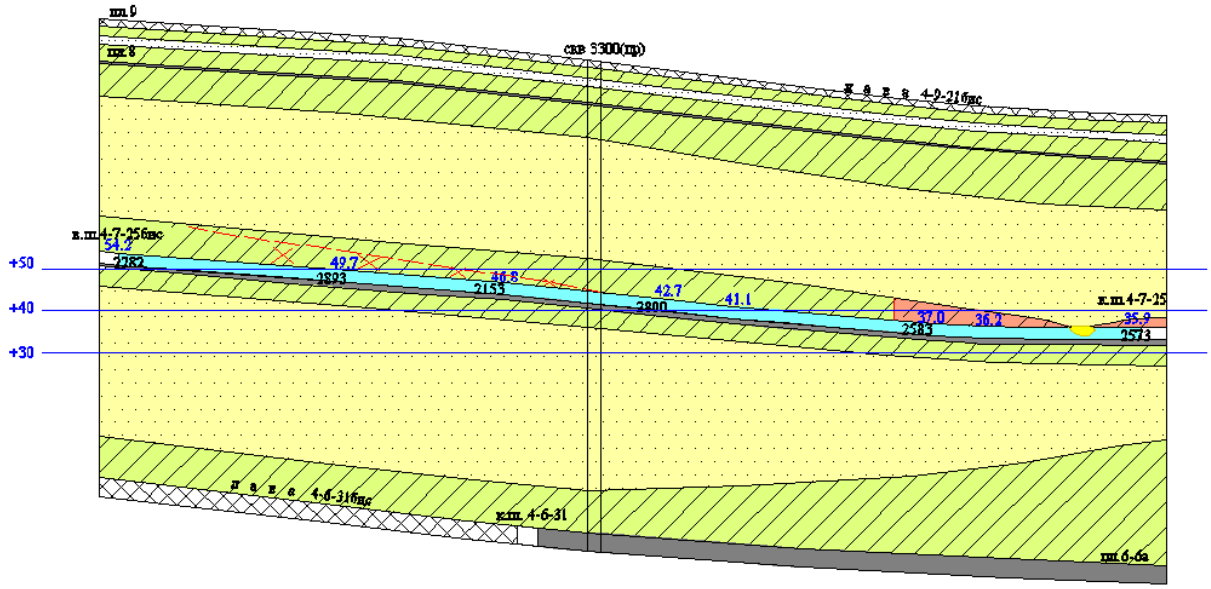


Рис.2. Вертикальный разрез по промежуточной разрезной печи 4-7-25

При проведении промежуточной разрезной печи 4-7-25 крепление осуществлялось анкерами АВР-16, L=2,6м (табл. 1). В период перехода ее очистным забоем 4-7-25, параметры фактической крепи, с условием безопасного режима работы, требуют усиления.

В качестве анкеров глубокого заложения были установлены два продольных ряда из канатных анкеров АК-01, длиной 5,0 м, на две химические ампулы АП-470 (суммарной длиной не менее 940мм), с шагом установки анкеров 1,0м. Установка канатных анкеров производилось под подхват. Для обеспечения плотного прилегания подхватов к кровле выработке в качестве подхватов используются отрезки из СВП-22 (17), длиной 3,5м, каждый из которых устанавливается на два канатных анкера.

Таблица 1

Фактические параметры крепи промежуточной разрезной печи 4-7-25

Показатель	Значение
Проектная ширина выработки, м	4,5
Проектная высота выработки, м	2,9
Крепление кровли выработки, перетяжка кровли производится металлической решетчатой затяжкой СС-5	
Тип анкера	АВР-16
Длина анкера, м	2,6
Расчетная несущая способность анкера, кН	88
Количество химических ампул, шт.*	2
Шаг установки анкеров, м	1
Количество анкеров в ряду, шт.	5
Крепление боков выработки не предусматривается	
* - химическая ампула АП-470У (АП-470М), длина 470мм	

Расчетные параметры усиления крепи кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25 в линейной части представлены в табл. 2.

При переходе очистным забоем 4-7-25 промежуточной разрезной печи 4-7-25 крепь усиления (СВП, канатные анкера) уходит в завал. Усиление крепления промежуточной разрезной печи 4-7-25 канатными анкерами производилось заблаговременно, не менее чем за 86м до забоя лавы (ширина зоны опорного давления).

Установка канатных анкеров под подхват из СВП-22 (17) производилась при заранее закрепленном к кровле подхвате. Подхват (СВП) к кровле подвешивался при помощи

проволоки диаметром 5мм двумя рабочими, первоначально с одной стороны, затем со второй. С помощью стойки ВК подхват поджимался к кровле. После чего, через подхват (СВП) производилась установка канатных анкеров.

Таблица 2

Параметры усиления крепления кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25

Выработка	Тип анкера	Длина анкера, (м)	Количество анкеров в ряду, (шт)	Шаг установки рядов анкеров, (м)	Опорный элемент
Усиливающие анкеры глубокого заложения					
Промежуточная разрезная печь 4-7-25	АК-01	5,0	2	1,0	Продольный подхват из СВП 17 (22)

На рис. 3 показана схема усиления крепления кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25.

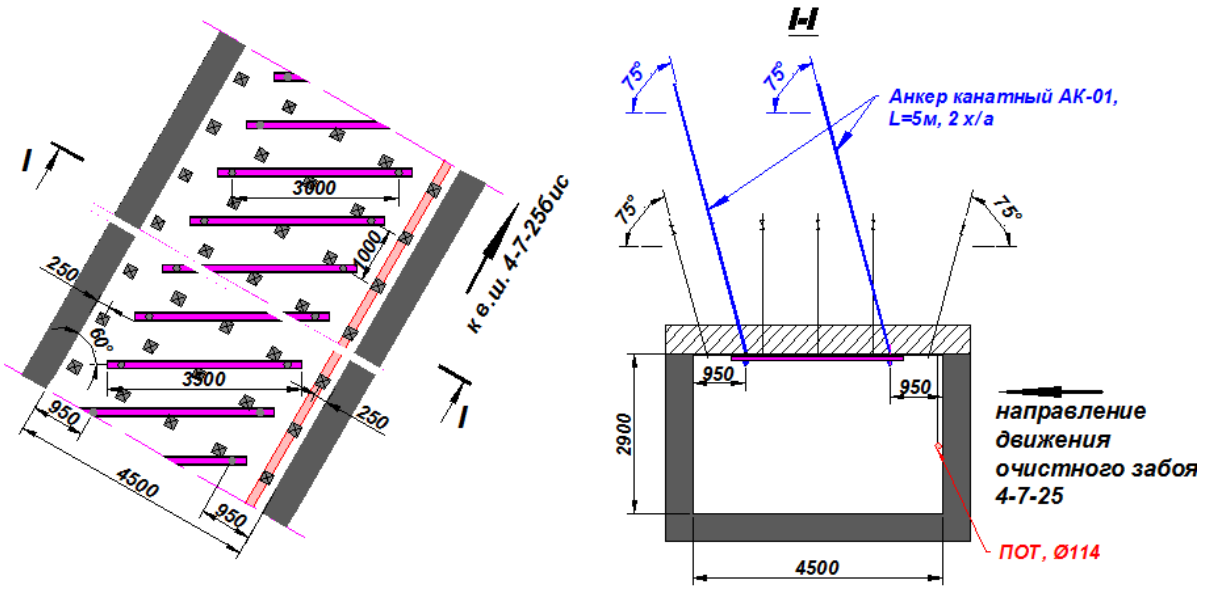


Рис. 3. Схема усиления крепления кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25

Переход очистным забоем 4-7-25 промежуточной разрезной печи 4-7-25 производился в период с 14.05.2012г. по 19.06.2012г. (табл. 3). Средняя скорость подвигания очистного забоя 4-7-25 составила 2,8м/сут.

Таблица 3

Маркшейдерские замеры о расположении очистного забоя 4-7-25 при переходе ПРП 4-7-25

Номер п/п	Дата	Положение очистного забоя 4-7-25 относительно в.ш. 4-7-25бис	Положение очистного забоя 4-7-25 относительно к.ш. 4-7-25
1	14.05.12	ПК 70-9,1м	ПК 76-7,4м
2	21.05.12	ПК 68+15м	ПК 72+13м
3	28.05.12	ПК 64+14,3м	ПК 70+5м
4	01.06.12	ПК 64+4,3м	ПК 68+17,8м
5	13.06.12	ПК 60+6,1м	ПК 66-0,5м
6	18.06.12	ПК 58+14,8м	ПК 64+9,3м

В результате наблюдений за проявлением горного давления при поддержании промежуточной разрезной печи 4-7-25 наибольшая активность была выявлена при переходе

данной выработки очистным забоем 4-7-25. Характерными проявлениями горного давления являлись пучение почвы выработки, отжим забойного бока выработки, отщепление пород кровли (рис. 4 - 5).

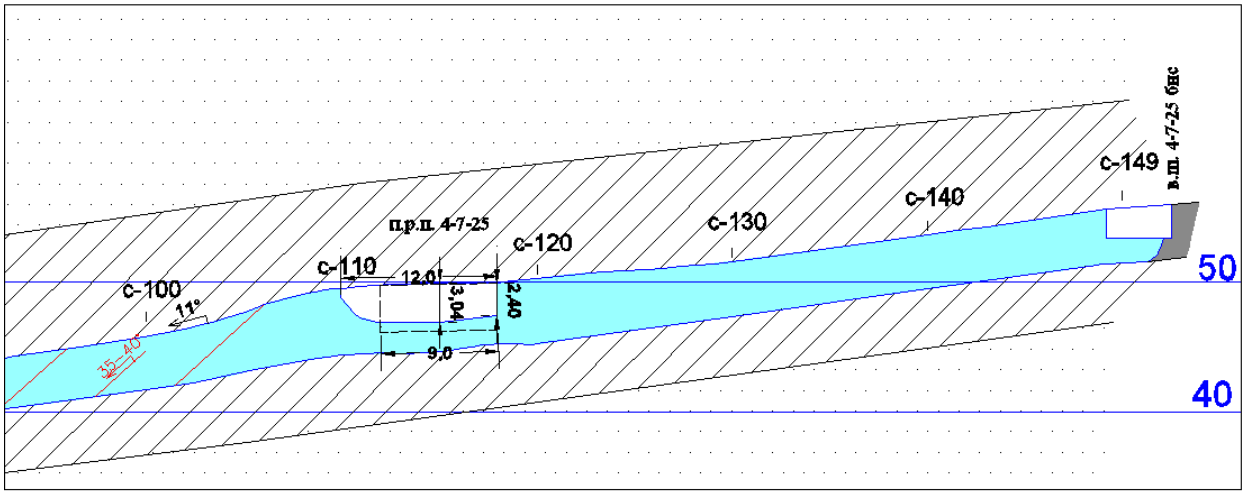


Рис. 4. Геологический разрез очистного забоя 4-7-25 по состоянию на 21.05.2012г.

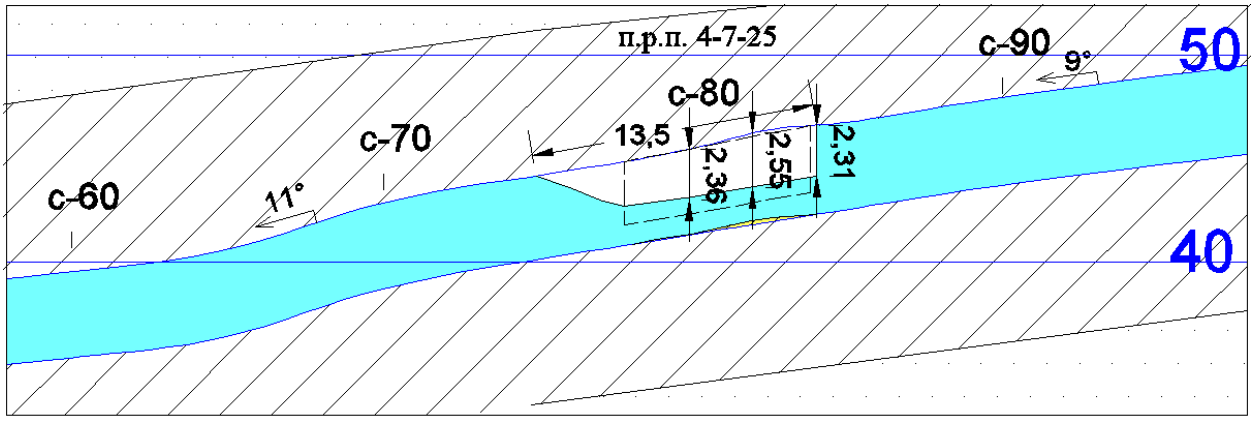


Рис. 5. Геологический разрез очистного забоя 4-7-25 по состоянию на 28.05.2012г.

Рассмотрим каждое проявление горного давления по отдельности. Пучение почвы выработки характеризовалось пучением угольной пачки, оставленной при проведении промежуточной разрезной печи 4-7-25. Пучение почвы выработки достигло своего максимума в период с 21.05.2012г. по 28.05.2012г. Величина пучения составила 0,74м (рисунок 5). Пучение почвы выработки при переходе очистным забоем 4-7-25 явилось следствием горного давления от оставленного целика между конвейерным штреком 4-6-31 и вентиляционным штреком 4-6-33 по нижележащему пласту 6-6а. Пучение почвы выработки не повлияло на работу очистного забоя.

Отжим забойного бока проявлялся при непосредственном переходе промежуточной разрезной печи 4-7-25 очистным забоем 4-7-25 и достигал от 3 до 4,3м. Отжим забойного бока явился следствием опорного давления очистного забоя 4-7-25. Помимо этого, также на появление отжима забойного бока повлияла обводненность угольного пласта, которая появилось в результате затопления горных выработок пласта 7-7а в 2010 году.

В целом, применение анкеров глубокого заложения при усилении крепления кровли промежуточной разрезной печи 4-7-25 при переходе очистным забоем 4-7-25 показало свою эффективность. За период наблюдений значительных смещений пород кровли не происходило. Характерные проявления горного давления в виде отжимов боков выработки при применении данной технологии в аналогичных условиях можно избежать при креплении боков выработки стеклопластиковыми анкерами.

С переходом на нижние горизонты для условий шахт Кузбасса большую актуальность приобретают задачи предотвращения пучения пород и вредного влияния опорного давления на подготовительные выработки.

Дальнейшее увеличение объемов и расширение области применения анкерной крепи в подготовительных выработках требуют более глубокого изучения процессов деформаций и смещения заанкерованных пород вокруг выработок и оценки их несущей способности.

Список литературы

1. Штумпф Г.Г., Егоров П.В., Петров А.И., Красильников Б.В. Горное давление в подготовительных выработках угольных шахт. – М.: Недра, 1996. -352 с.

2. Анкерное крепление на шахтах Кузбасса и дальнейшее его развитие: учебное пособие/ А.В. Ремезов, В.Г. Харитонов, В.П. Мазикин и др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2005. – 471 с.

3. Якоби О. Практика управления горным давлением. Пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.

4. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980. – 360 с.

5. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5м с углом падения до 35°. – Ленинград, ВНИМИ, 1984 г – 62 с.

УДК 622.7

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ РУДЫ, ПРОМПРОДУКТОВ И ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ ГОРНОЙ ШОРИИ

Цинкер Л.М., Смирнов С.М., Волынер А.М.
ООО «ВостНИГРИ»
г. Новокузнецк, Россия

Известно, что для оперативного контроля и опробования материалов - ферромагнетиков лучше всего применять магнитометрические методы [1]. Магнитометрический метод опробования, применяемый на дробильно-обогатительных фабриках филиалов ОАО «Евразруда», основан на измерении сигнала от промагниченных переменным полем магнетитосодержащих материалов с последующим его преобразованием и цифровой индикацией в геофизической аппаратуре. Аппаратура удовлетворяет требованиям промышленной безопасности и является прогрессивным методом получения информации о качестве железорудных продуктов.

Внедренная на филиалах ОАО «Евразруда» технология контроля качества руды, промпродуктов и отходов переработки на базе аппаратуры АКР-2Н и ЭА-2Т повышает эффективность производства промпродуктов при переработке руд различного вещественного состава. Контроль качества в технологическом потоке фабрик основывается на следующих принципах: оперативный сбор информации - анализ информации – принятие решений - сбор новой информации. Функционирование информационной технологии обеспечивает обогатительные фабрики современной аппаратурой, которая в реальном режиме времени корректирует действия производственных процессов.

Обеспечение производства промпродуктов ДОФ в заданных пределах массовой доли железа, а также предотвращение потерь железа магнитного в извлекаемом промпродукте сверх допустимых пределов возможно только на основе оперативной информации о текущем качестве исходных руд, промежуточных и конечных продуктов в конвейерных потоках. По анализу оперативных данных о качестве поступающей на ДОФ руды выраба-

тывается решение по корректировке режима и работы сепараторов. Очевидно, что максимальное приближение операций к реальному времени отсечки проб, получения информации и изменения режимов сепарации достигается системой автоматизации на базе внедренной геофизической аппаратуры.

Для ОАО «Евразруда» разработаны методики измерений аппаратурой АКР-2Н и ЭА-2Т, применительно к конкретным условиям опробования руды, промпродуктов и отходов переработки в технологических потоках на фабриках филиалов. Проведена проверка достоверности введенных в электронные блоки геофизической аппаратуры корреляционных уравнений, применяемых на фабриках подземных рудников Горной Шории.

По отобранным пробам получены результаты химического анализа и измерений геофизической аппаратурой. По результатам определения Fe общего и Fe магнитного построены корреляционные графики зависимости для исходной руды, промпродуктов и отходов переработки:

$$Fe_{общ.\ (хим)} = f[Fe_{общ.(прибор)}];\ Fe_{магн.(хим)} = f[Fe_{магн.(прибор)}],$$

где $Fe_{общ.(хим)}$, $Fe_{магн.(хим)}$ – соответственно, содержание железа общего и магнитного, по результатам химического анализа; $Fe_{общ.(прибор)}$, $Fe_{магн.(прибор)}$ – соответственно содержание железа общего и магнитного по результатам измерений геофизической аппаратурой.

Проведен статистический анализ корреляционных графиков. Оценка сходимости корреляционных уравнений произведена по коэффициенту корреляции R. Уравнение принималось достоверным, если коэффициент корреляции R был больше 0,6 [2].

Стандартная ошибка (σ) определялась по коэффициенту корреляции R, по формуле:

$$\sigma = (1- R^2) /\sqrt{(N)}.$$

Надежность коэффициента корреляции μ определялась по формуле:

$$\mu = R/ \sigma.$$

Согласно теореме Ляпунова связь надежная, если $\mu > 2,6$.

Оценка существенности расхождения расчетов по формулам корреляционных зависимостей, полученных при обработке данных опробования руды и продуктов ДОФ, проводилась методами статистического анализа с применением критерия Стьюдента t, который рассчитывался по формуле:

$$t = (X_т – X_в) / (\sigma /\sqrt{(N)}).$$

При вероятности P=0,90 критерий Стьюдента равен t = 1,645.

Корреляционные графики принимались достоверными при

$$t_{рас} \leq t_{теор},$$

где $t_{рас}$ – критерий Стьюдента расчетный; $t_{теор}$ - критерий Стьюдента теоретический.

Оценка статистических данных представлена в таблицах 1-4.

Для исходной руды, промпродуктов и отходов переработки Горно-Шоского филиала на базе отобранных проб построены корреляционные графики.

Таблица 1

Статистическая оценка исходных данных химического анализа и показаний прибора АКР-2Н для построения корреляционного графика по исходной руде Горно-Шорского филиала

Статистические показатели	Данные химического анализа		Данные показаний прибора АКР-2Н	
	Fe общее	Fe магнитное	Fe общее	Fe магнитное
Количество проб	N = 160	N = 160	N = 160	N = 160
Среднее значение	Xср = 25,31	Xср = 20,78	Xср = 24,10	Xср = 19,70
Ср. квад. отклонение	σ = 2,53	σ = 2,69	σ = 2,33	σ = 2,32
Отклонение от среднего значения	3σ = 7,58	3σ = 8,07	3σ = 6,98	3σ = 6,96
Проверяемый интервал	17,7≤(X±3σ)≤ 32,9	12,7≤(X±3σ)≤ 28,8	17,1≤(X±3σ)≤ 31,1	12,7≤(X±3σ)≤ 26,6

Таблица 2

Статистическая оценка исходных данных химического анализа и показаний прибора ЭА-2Т для построения корреляционного графика по концентрату Горно-Шорского филиала

Статистические показатели	Данные химического анализа		Данные показаний прибора ЭА-2Т	
	Fe общее	Fe магнитное	Fe общее	Fe магнитное
Количество проб	N = 190	N = 190	N =190	N = 190
Среднее значение	Xср = 42,14	Xср = 38,45	Xср = 41,73	Xср = 35,79
Ср. квад. отклонение	σ = 1,74	σ = 1,86	σ = 1,34	σ = 1,46
Отклонение от среднего значения	3σ = 5,22	3σ = 5,57	3σ = 4,02	3σ = 4,37
Проверяемый интервал	36,9≤(X±3σ)≤ 47,4	32,9≤(X±3σ)≤ 44,0	37,7≤(X±3σ)≤ 45,8	31,4 ≤(X±3σ)≤ 40,2

Таблица 3

Статистическая оценка исходных данных химического анализа и показаний прибора ЭА-2Т для построения корреляционного графика по отходам переработки Горно-Шорского филиала

Статистические показатели	Данные химического анализа		Данные показаний прибора ЭА-2Т	
	Fe общее	Fe магнитное	Fe общее	Fe магнитное
Количество проб	N = 191	N = 191	N = 191	N = 191
Среднее значение	Xср = 8,46	Xср = 3,00	Xср = 8,83	Xср = 2,72
Ср. квад. отклонение	σ = 0,89	σ = 0,71	σ = 0,46	σ = 0,42
Отклонение от среднего значения	3σ = 2,67	3σ = 2,13	3σ = 1,38	3σ = 1,27
Проверяемый интервал	5,8≤(X±3σ)≤ 11,1	0,87≤(X±3σ)≤ 5,1	7,45≤(X±3σ)≤ 10,2	1,45≤(X±3σ)≤ 4,0

Таблица 4

Сходимость уравнений корреляции промпродуктов Горно-Шорского филиала по критерию Стьюдента

Уравнения корреляции (по данным показаний приборов и химического анализа)	Средние значения $Fe_{общ}$ или $Fe_{магн}$			Коэфф. детерминации R^2	Сред. квадр. отклонение σ	Ошибка сред. квадр. отклонения σ_c	Надежность коэфф. корреляции μ	Критерий Стьюдента t	Выводы
	X (по показанию прибора)	У (расчетное по формуле)	У (по хим. анализу)						
Сырая руда (исходная)									
$Fe_{общ.}$: У=0.943X+2,194	24,097	24,9,17	25,314	0,849	0,462	0,110	8,4	1,21	+
$Fe_{магн.}$: У=1,047X+0,097	19,697	20,720	20,778	0,784	0,421	0,082	10,8	0,19	+
Концентрат									
$Fe_{общ.}$: У=0,923 X +3,622	41,727	42,136	42,643	0,504	1,75	0,352	3,04	0,42	+
$Fe_{магн.}$: У =1,044 X+1,082	35,789	38,446	39,145	0,671	1,92	0,233	3,52	0,51	+
Хвосты									
$Fe_{общ.}$: У =1,091 X -1,195	8,826	8,434	8,461	0,343	0,022	0,466	1,26	1,73	-
$Fe_{магн.}$: У=0,997 X -0,243	2,724	2,959	3,00	0,461	0,034	0,382	1,78	1,70	-

Примечание: Уравнение соответствует (+), не соответствует (-) требованиям статистического анализа.

Введенные в электронный блок аппаратуры корреляционные уравнения имеют вид

$$\gamma = aX + в,$$

где γ – содержание Fe общего или Fe магнитного в исследуемом материале проб; X – показание прибора ЭА-2Т или АКР-2Н, при измерении материала проб; а, в – коэффициенты.

Корреляционные уравнения введены на свободные каналы аппаратуры для текущего опробования на Горно-Шорской дробильно-обогатительной фабрике (табл. 1-4).

На основе большого объема химического анализа и геофизических измерений магнитометрической аппаратурой АКР-2Н и ЭА-2Т по оперативным пробам исходных руд, концентратов и отходов переработки, математической обработки и моделирования корреляционных зависимостей подтверждены или установлены новые достоверные корреляционные уравнения по исходной руде и продуктам обогатительных фабрик на подземных рудниках Горной Шории - Таштагольском, Горно-Шорском и Казском филиалах ОАО «Евразруда».

Предполагается, что при своевременной коррекции режимов сухой магнитной сепарации (изменении частоты вращения барабанов сепараторов, положения делителя струи материала и нагрузки) будут предотвращены высокие значения железа в отходах переработки, прогнозируется прирост выхода концентрата и повышение извлечения железа в промпродукт.

Список литературы

1. Кудрявцев Ю.И. Информационные методы измерения магнитной восприимчивости горных пород и руд в естественных условиях. - Л.: Недра, 1978.-240 с.

2. Рыжов П.А., Математическая статистика в горном деле. –М.: Высшая школа. 1973г.

УДК 622.272:622.831

МОНИТОРИНГ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ

Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Лобанов С.А.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Отработка Шерегешевского месторождения начата в 1952 г. Верхняя часть месторождения отрабатывалась открытым способом. С целью увеличения производственной мощности в 1960 г. рудник перешел на подземный способ отработки, для чего месторождение было вскрыто группой вертикальных стволов и штольней гор. +585 м. В настоящее время месторождение вскрыто пятью стволами: "Главный", "Восточный", "Воздуховыдающий", "Новый клетевой", "Скиповой" (рис. 1) и этажными квершлагами. Высота этажа на верхних горизонтах шахты составляла 60 м, ниже горизонта +465 м составляет 70 м, а с горизонта +115 м принята 95 м. Добыча руды производится с горизонтов +255 и +185 м. Глубина очистных работ достигла 450 м. Подготовительные работы ведутся на горизонтах +185, +115 м. На горизонтах +10, -85 м осуществляется проходка околоствольных выработок.

На месторождении в настоящее время эксплуатируются участки "Главный", "Болотный", "Новый Шерегеш", "Подрусловый", разделенные между собой крупными разрывными нарушениями (штрихпунктирные линии на рис. 1). Дизъюнктивная тектоника играет значительную роль в формировании структуры месторождения и его напряженно-

деформированного состояния. Крупные тектонические подвижки усложнили первоначальную форму рудных залежей, привели к смещению рудных тел и целых участков относительно основной рудной зоны, увеличили трещиноватость массива, снизили устойчивость обнажений. Крупные разрывные нарушения распространены на всех участках месторождения. Характер нарушений – сбросы, сбросо-сдвиги с крутым падением сместителей.

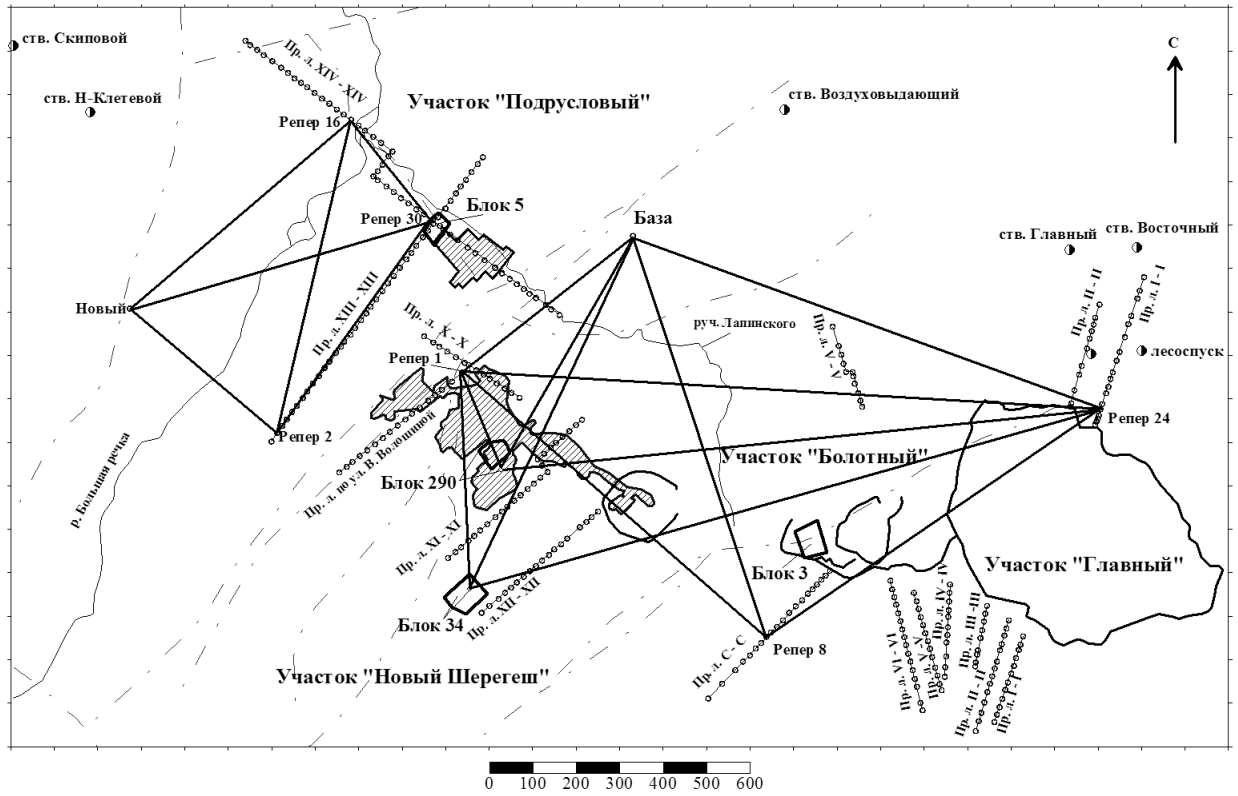


Рис. 1. Схема GPS-полигонов на земной поверхности
Шерегешевского месторождения в периоды массовых взрывов

Разработка рудных тел Шерегешевского месторождения производится Горно-Шорским филиалом ОАО "Евразруда" двумя системами: этажного принудительного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на компенсационные щели и этажно-камерной. Первая система разработки применяется на участках "Главный" и "Болотный", где рудные тела выходили на поверхность, вследствие чего там сформировались провалы земной поверхности, вокруг которых активно развиваются процессы сдвижения. В последние годы в связи с выклинкой рудных тел на участках "Главный" и "Болотный" объемы добычи на этих участках, а, следовательно, и удельный вес системы этажного принудительного обрушения падают, и возрастают объемы работ этажно-камерной системой (табл. 1), применяемой при отработке слепых рудных тел на участках "Новый Шерегеш" и "Подрусловый".

Отработка запасов месторождения осуществляется в условиях неполной подработки земной поверхности участков "Главный", "Болотный" и объектов там расположенных. Для отработки слепых рудных тел характерны расчетное предельно устойчивое и неустойчивое состояния налегающей толщи на участке "Новый Шерегеш" и расчетное устойчивое состояние налегающей толщи на участке "Подрусловый". В зонах влияния горных разработок на земной поверхности месторождения расположены сооружения промплощадки филиала, водные объекты, жилые дома, дороги, линии электропередач и другие коммуникации. В связи с этим ведется мониторинг процессов сдвижения земной поверхности, позволяющий эксплуатировать охраняемые объекты в опасных зонах и осуществлять выемку запасов месторождения. Увеличение объемов работ этажно-камерной

системой разработки повышает актуальность контроля состояния массива горных пород участков "Новый Шерегеш" и "Подрусловый", где наблюдается фактическое устойчивое состояние земной поверхности.

Таблица 1

Распределение добычи руды по участкам и систем разработки в общем объеме годовой добычи шахты Горно-Шорского филиала ОАО "Евразруда"

Годы	Удельный вес добычи руды по участкам, %				Удельный вес системы разработки, %	
	Главный	Болотный	Новый Шерегеш	Подрус-ловый	этажного принудительного обрушения	этажно-камерная
2009	36	2	45	13	42	58
2010	42	-	44	11	39	61
2011	27	-	40	28	28	72
2012	11	-	43	36	13	87

На развитие процессов сдвижения горных пород наибольшее влияние оказывают очистные работы и в первую очередь массовые взрывы, которые вызывают существенное сотрясение горного массива, а также изменение напряженно-деформированного состояния в районе отрабатываемых блоков и в целом всего месторождения.

Для оценки влияния массовых взрывов на сдвижение горных пород в районах охраняемых объектов (сооружения промплощадки филиала, ручьи Большая речка и Лапинского, жилые дома) в периоды производства массовых взрывов и происходящее после этого перераспределение напряжений в налегающих и боковых породах проведены многочасовые GPS-наблюдения по характерным пунктам на земной поверхности (рис. 1). В табл. 2 приведены данные о специальных массовых взрывах в 2007 – 2012 гг., в период проведения которых осуществлялись непрерывные наблюдения.

Таблица 2

Данные о специальных массовых взрывах на шахте Горно-Шорского филиала в 2007 – 2012 гг.

Дата взрыва	Время: ч:мин:с	Место взрыва		Количество взрываемого ВВ, т	Энергия взрыва, Дж, класс события
		блок, участок	этаж, м		
12.06.2007	13:51:50	3, Болотный	(+255) – (+325)	374,6	$1{,}7\times10^5$, 5,2
13.09.2009	12:03:15	290, Новый Шерегеш	(+185) – (+255)	136,8	$3{,}3\times10^4$, 4,5
19.09.2010	12:31:36	34, Новый Шерегеш	(+185) – (+255)	70,0	$3{,}9\times10^4$, 4,6
02.06.2012	11:58:06	5, Подрусловый	(+185) – (+255)	163,3	$4{,}7\times10^5$, 5,7

Во время всех наблюдений съёмка выполнялась в течение 6 – 9 часов в зависимости от времени проведения взрыва (3 часа до взрыва и 3 – 6 часов после взрыва) четырьмя GPS-приёмниками Trimble 4600 LS. В наблюдениях 2007, 2009, 2010 гг. базовая станция (База на рис. 1) была расположена на стыке участков "Подрусловый" и "Новый Шерегеш" в лежачем боку рудных тел за зоной влияния горных разработок. Остальные три приемника были установлены в зоне влияния очистных работ на участках: "Новый Шерегеш", "Болотный", "Главный". Во всех трех наблюдениях два приемника устанавливались на одни и те же пункты: репер 24 профильной линии "I – I" и репер 1 профильной линии по ул. В. Волошиной. Положение третьего приемника выбиралось в зависимости от места взрыва с целью максимально возможного приближения наблюдений к месту взрыва: 12.06.2007 – репер 8 профильной линии "С – С", 13.09.2009 – "Блок 290", 19.09.2010 – "Блок 34". В наблюдениях 02.06.2012 полигон был образован на участке "Подрусловый". Два приемника были расположены в районе охраняемых объектов по профильной линии "XIV – XIV":

один приемник на репере 16 в районе ручья "Большая речка", другой – на репере 30 в районе ручья Лапинского над блоком 5. Базовая станция находилась за пределами влияния горных разработок на репере 2 профильной линии "XIII – XIII".

На каждом GPS-приемнике накопление данных производилось в один файл, который в последующем был разбит на файлы по 20 минут. В результате обработки 20-ти минутных файлов вычислялись координаты реперов, расстояния и превышения между ними. Качество съемки контролировалось замыканием полигонов, которое как в плане, так и по высоте не превышало 3 мм при допуске соответственно 30 и 50 мм, а также уравниванием результатов. Апостериорные ошибки, полученные после уравнивания съемки, в обработанных расстояниях составляли 0 – 1 мм, в превышениях – 0 – 2 мм.

Принимая условно начало наблюдений в каждой серии за начало расчета, вычислялись смещения пунктов в направлении координат X, Y, Z. Максимальные смещения в период массовых взрывов, проведенных в 2007, 2009 и 2010 гг. приведены в табл. 3, где выделены смещения до и после взрыва.

Таблица 3

Максимальные смещения земной поверхности Шерегешевского месторождения в периоды массовых взрывов 2007 – 2010 гг.

Пункт	Максимальные смещения, мм, до / после взрыва								
	12.06.2007 (МВ блока 3)			13.09.2009 (МВ блока 290)			19.09.2010 (МВ блока 34)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Репер 24	45/23	21/12	38/35	102/32	47/39	224/23	10/14	7/5	19/23
Репер 1	19/10	15/4	41/23	84/32	32/20	151/50	11/16	4/13	21/22
Репер 8	18/16	10/14	13/15	-	-	-	-	-	-
Блок 290	-	-	-	86/31	43/18	176/11	-	-	-
Блок 34	-	-	-	-	-	-	3/10	2/8	11/18

В табл. 3 выделяются смещения на репере 24, где при проведении трех взрывов разной мощности и на различном удалении от репера (см. табл. 2), в условиях разных систем разработки наблюдались максимальные смещения. Так, блок 3 был взорван на Болотном участке ближе к реперу 8, а максимальные смещения произошли на Главном участке в районе репера 24. Мощность массового взрыва этого блока была максимальной из всех наблюдаемых взрывов, а максимальные смещения зафиксированы в период взрыва блока 290, при котором количество взрываемого ВВ было в 2,7 раза меньше. Блок 3 был отработан системой этажного принудительного обрушения с отбойкой руды глубокими скважинами на компенсационные щели, а блоки 290 и 34 – этажно-камерной системой. Характерно, что реперы 24 и 8 расположены в зонах влияния горных разработок участков "Главный" и "Болотный", где процессы сдвижения горных пород и земной поверхности развиваются вокруг провалов. При этом, репер 24 находится в зоне опасных сдвижений вблизи провала, а репер 8 – на значительном удалении от провала, засыпанного отходами горного производства. Также следует отметить, что под репером 8 залегает сплошной массив горных пород, а репер 24 находится в боковых породах над выработанным пространством рудных тел, уходящим под породы лежачего бока Главного участка, что по условиям залегания аналогично отработке слепых рудных тел с трехсторонним опиранием [1]. По-видимому, этим и обусловлена бóльшая подвижность репера 24 при всех массовых взрывах, район расположения которого деформируется как консоль и более чувствительно реагирует на перераспределение напряжений в налегающей толще горных пород месторождения.

Особенно обращают на себя внимание сдвижения горных пород в период массового взрыва блока 290, проведенного 13.09.2009, когда величины смещений на всех наблюдаемых участках были наивысшими. Характер деформирования боковых пород участка

"Главный" и налегающей толщи участка "Новый Шерегеш" отражают графики изменения во времени смещений реперов в направлении координатных осей (рис. 2).

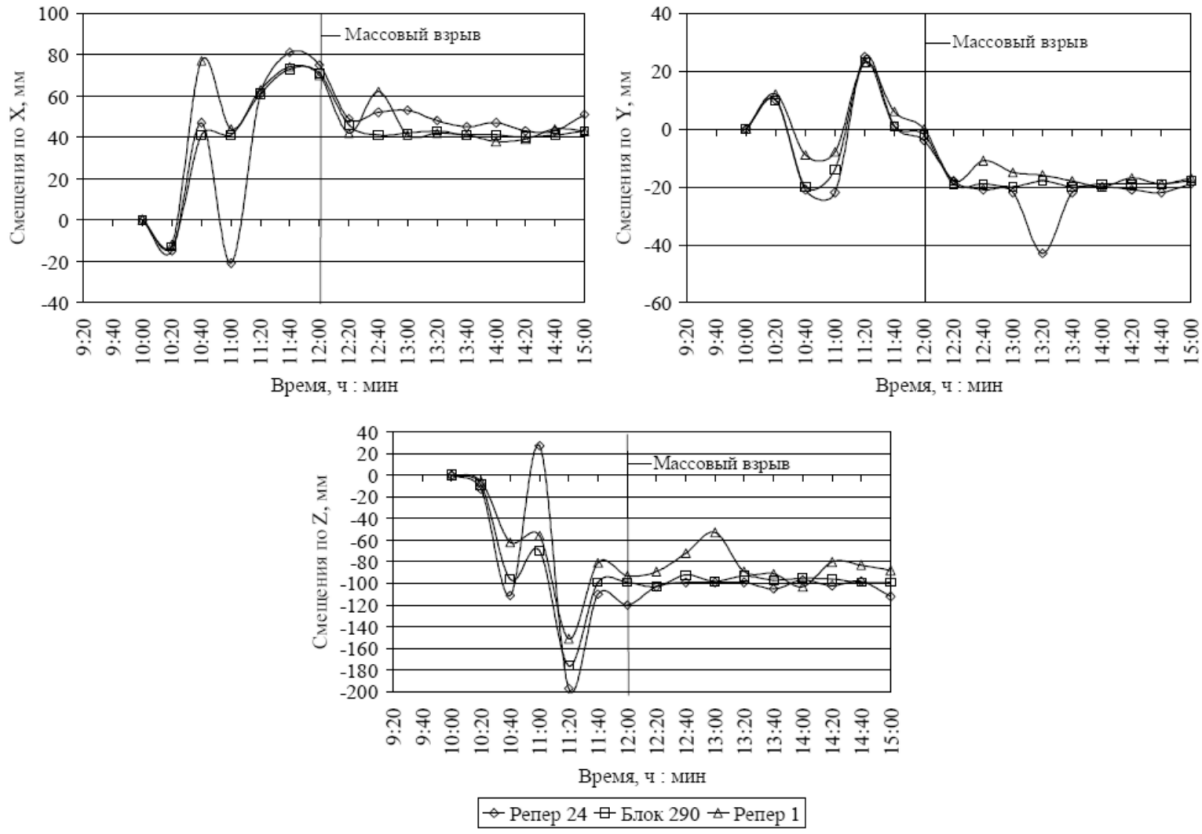


Рис. 2. Смещения горных пород Шерегешевского месторождения в период массового взрыва блока 290 участка "Новый Шерегеш" (13.09.2009)

Подтвержден короткопериодный характер деформирования земной поверхности как до массового взрыва, так и после него, установленный на Таштагольском и Шерегешевском месторождениях в 2005 – 2008 гг. [2, 3]. При этом зафиксировано необычное явление, когда смещения горных пород до массового взрыва существенно превышали смещения после взрыва. Так, до взрыва максимальные короткопериодные смещения в горизонтальной плоскости составляли 32 – 102 мм, после взрыва 18 – 39 мм, в вертикальном направлении уровень смещений еще выше: до взрыва 151 – 224 мм и после взрыва 11 – 50 мм. Наибольшие смещения до взрыва зафиксированы в лежачем боку Главного участка в районе расположения охраняемых объектов (репер 24). После взрыва смещения по оси X на всех пунктах сопоставимы (31 – 32 мм). В районе блока 290 после взрыва по осям Y и Z наблюдались минимальные смещения. Максимальные смещения в вертикальной плоскости после взрыва зафиксированы на репере 1 в северо-западном направлении от взорванного блока.

Сейсмостанцией Горно-Шорского филиала ОАО "Евразруда" зафиксирована энергия взрыва, равная $3{,}3\times10^4$ Дж (см. табл. 2), что, в сравнении с данными сейсмостанции Таштагольского филиала ОАО "Евразруда", соответствует 8 энергетическому классу. После взрыва в первые 3 минуты сейсмостанцией записано 6 толчков, координаты 5-ти из них не определены, предполагается, что эти толчки произошли в районе взрыва. В 12:05:52 зафиксирован толчок класса 2,2 на отметке 215 м, место положения которого по плановым координатам соответствует породному массиву лежачего бока (проекция на плане поверхности по профилю линии "XII – XII" в 100 м от провала на рис. 1). Проявление сейсмособытия в лежачем боку рудной зоны участка "Новый Шерегеш" отражает его бóльшую напряженность по сравнению с массивом пород висячего бока, где находился

пункт GPS-съемки в районе блока 290, и объясняет невысокий уровень смещений этого пункта после взрыва.

Следует отметить, что смещения земной поверхности Шерегешевского месторождения до 150 – 220 мм перед массовым взрывом 13.09.2009, вероятно, не случайны и отражают геодинамическую активность района железорудных месторождений Горной Шории. Это подтверждает и землетрясение, произошедшее 20.08.2009 на Алтае, которое ощущалось в городе Таштаголе, поселках Шерегеш, Шалым и зарегистрировано сейсмостанцией "Таштагол" [4]. Проведенный взрыв блока 290 разгрузил массив горных пород Шерегешевского месторождения, что подтверждают незначительные смещения земной поверхности после взрыва и отсутствие крупных толчков в массиве.

Расположение GPS-приемников при съемках 2009 и 2010 гг. было близким, т.к. оба массовых взрыва проводились на участке "Новый Шерегеш", а характер смещений и их величины существенно отличаются друг от друга.

Величины короткопериодных смещений при массовом взрыве блока 34 как до взрыва, так и после него в 5 – 15 раз меньше, чем при взрыве блока 290. Если в 2009 г. максимальные короткопериодные смещения в горизонтальной плоскости составляли 32 – 102 мм, а в вертикальном направлении до 151 – 224 мм, то в 2010 г. максимальные горизонтальные смещения составляли всего 10 – 16 мм, а вертикальные 10 – 23 мм. Хотя уровень смещений при взрыве блока 34 значительно ниже смещений при взрыве блока 290, после взрыва блока 34 смещения горного массива немного возросли по сравнению со смещениями до взрыва. В то же время второй массовый взрыв на участке "Новый Шерегеш" показал минимальное смещение GPS-приемника над местом взрыва и отражает меньшее влияния взрыва на горный массив при меньшей мощности взрыва (см. табл. 2).

Отмечено более хаотичное смещение реперов в вертикальной плоскости, особенно на репере 24, что отражает большую подвижность горного массива в районе сооружений промплощадки участка "Главный" и отрицательно сказывается на эксплуатации сооружений и технологического оборудования, приводя к нарушению строительных конструкций и механизмов.

При наблюдениях в период массового взрыва блока 5 на Подрусловом участке зафиксированы смещения на порядок меньше смещений, наблюдаемых при массовых взрывах ранее в районе сооружений промплощадки на Главном участке.

Характер деформирования налегающей толщи участка "Подрусловый" отражают графики изменения во времени смещений реперов (рис. 3), где также наблюдался короткопериодный характер деформирования земной поверхности до и после массового взрыва. Величины зафиксированных смещений незначительны и по уровню сопоставимы как до взрыва, так и после взрыва (табл. 4).

Максимальные смещения до 17 мм в горизонтальной плоскости и до 30 мм по вертикали зафиксированы на пункте "Новый" на расстоянии более 700 м от места проведения взрыва. Следует отметить, что смещения в направлении запад – восток (по оси Y) до взрыва и после взрыва сопоставимы, а смещения в направлении север – юг (по оси X) после взрыва больше чем до взрыва в два раза. Такой характер и уровень смещений, по-видимому, обусловлен влиянием тектонического нарушения, картируемого в районе пункта "Новый" и ориентированного в направлении, близком к меридиональному. В то же время на участке "Подрусловый" в зоне влияния массового взрыва, как над местом взрыва (репер 30), так и на расстоянии около 300 м от места взрыва (репер 16) смещения в горизонтальной плоскости составляли от 2 до 6 мм, а в вертикальной плоскости – от 9 до 12 мм.

Несмотря на небольшие смещения земной поверхности после взрыва блока 5, сейсмическое его воздействие хорошо ощущалось на земной поверхности участка и поселка Шерегеш. Энергия взрыва, по данным сейсмостанции Горно-Шорского филиала, составила $4{,}7\times10^5$ Дж и была сопоставима с энергией взрыва блока 3, при котором взрывалось в 2,3 раза больше ВВ (см. табл. 2). Значительный сотрясательный эффект массива при взры-

ве блока 5 объясняется условиями проведения взрыва при отработке слепых рудных тел участка, когда напряженно-деформированное состояние массива горных пород осложняется ударной воздушной волной, которая до выхода на земную поверхность через Воздуховыдающий ствол влияет на перераспределение напряжений в массиве. В связи со значительным сейсмическим воздействием специальных массовых взрывов на объекты, охраняемые от вредного влияния горных разработок, Горно-Шорским филиалом принято решение при дальнейшей отработке запасов участка "Подрусловый" ограничить мощность проводимых взрывов, и запасы блока 6 будут отбиваться серией массовых технологических взрывов.

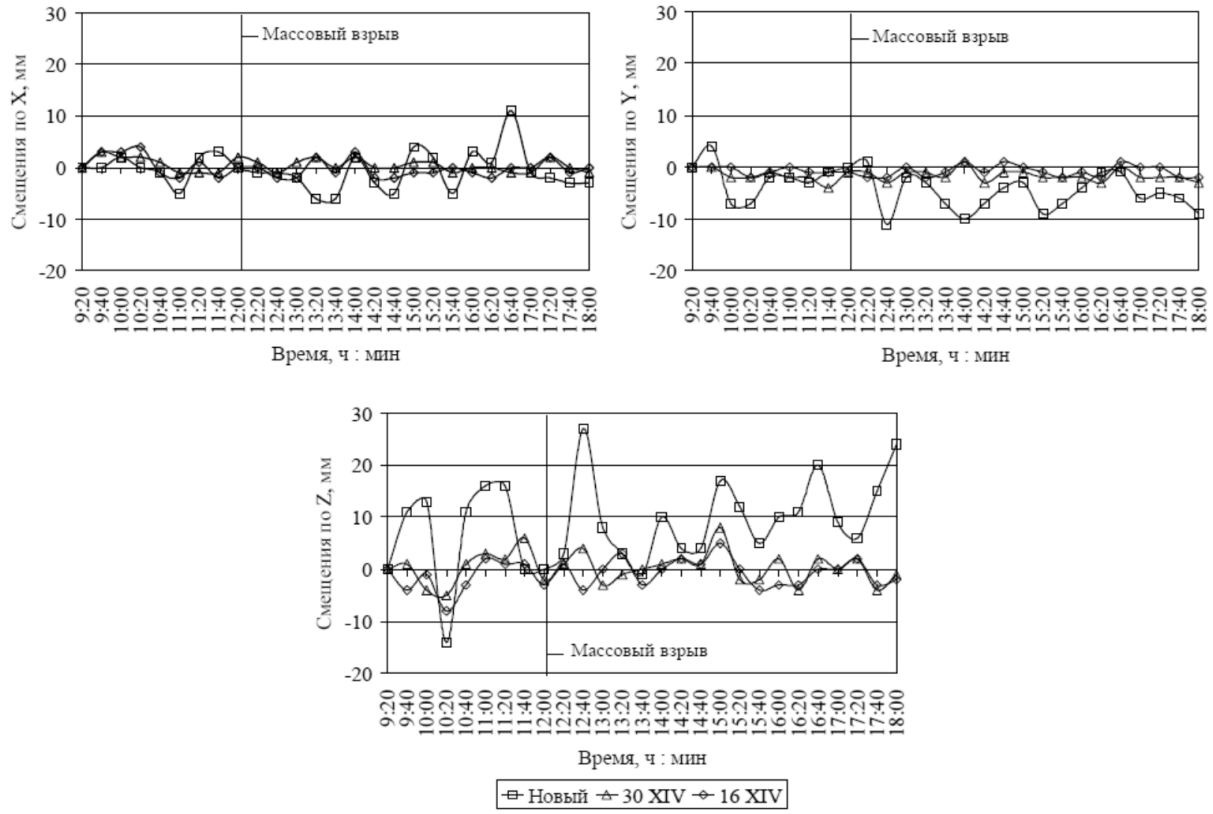


Рис. 3. Смещения горных пород Шерегешевского месторождения в период массового взрыва блока 5 участка "Подрусловый" (02.06.2012)

Таблица 4

Максимальные смещения земной поверхности Шерегешевского месторождения в период массового взрыва блока 5

Пункт	Максимальные смещения, мм, по направлениям координатных осей					
	X	Y	Z	X	Y	Z
	до взрыва			после взрыва		
Новый	8	11	30	17	12	28
Репер 30	4	4	11	3	3	12
Репер 16	6	2	10	5	4	9

Мониторинг GPS-наблюдений короткопериодных смещений на участках "Новый Шерегеш" и "Подрусловый" подтверждает данные о деформировании пород налегающей толщи, получаемые ежегодно традиционными методами наблюдений, и свидетельствует об устойчивом фактическом состоянии обнажений слепых рудных тел.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному заданию (регистрационный № 548922011)

Список литературы

1 Инструкция по условиям безопасной отработки слепых рудных залежей на железорудных месторождениях Горной Шории и Хакасии [Текст] : согл. Управлениями по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Кемеровской обл. 09.10.2006 и по Республике Хакасия РФ 16.11.2006 . – Новокузнецк, 2006. – 58 с.

2 Лобанова, Т.В. Особенности сдвижения горных пород в периоды массовых взрывов при подземной разработке Таштагольского железорудного месторождения [Текст] / Т.В. Лобанова, Е.В. Новикова // ФТПРПИ. – 2008. – № 3. – С. 25 – 33.

3 Лобанова, Т.В. Влияние массовых взрывов на деформирование горных пород Шерегешевского железорудного месторождения [Текст] / Т.В. Лобанова, Е.В. Новикова // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 2. Недропользование. Горное дело. Новые направления и технология поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых : сб. матер. V Междунар. научн. конгресса "ГЕО-Сибирь-2009", 20 – 24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2009. – С. 205 – 209.

4 Лобанова, Т.В. Современные геодинамические процессы в районе железорудных месторождений Горной Шории [Текст] / Т.В. Лобанова, О.Л. Трофимова, С.А. Лобанов // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2012. – С. 88 – 95.

УДК 550.41+551.24+553.061

ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ, ГАЗА И РУДНЫХ ТЕЛ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ В СВЕТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ И ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ЗОН ЗЕМЛИ

Черных Н.Г.
ОАО «Гидроуглестрой»
г. Новокузнецк, Россия

По А.Н. Дмитриевскому [1] «переход от детерминизма к вероятностному описанию вызвал столь значительные преобразования в научных методах, способах и средствах познания природы, в понимании окружающего нас мира, что можно говорить о смене парадигмы в науке, и более того, о формировании глобальной парадигмы естествознания, которая затрагивает основы всех естественных наук».

«Современное исследование механизмов генерации и аккумуляции УВ приводит к необходимости анализа динамики энергоактивных зон (ЭАЗ) литосферы, которые представляют собой пространственно-временные структуры, в пределах которых происходит аккумуляция эндогенной энергии, определяющие механизмы формирования месторождений углеводородов (УВ).

Переход к новым научным подходам вызван необходимостью изучения неравновесности, неустойчивости, хаоса и других явлений, остававшихся до этого вне поля зрения ученых».

К таким другим явлениям автор считает необходимо отнести флюиды морской воды, как в недрах Земли, так и в атмосфере.

Система как планета «ЗЕМЛЯ» в соответствии со способами и условиями выполнения основного генезиса по углеводородам может быть подразделена на основные подсистемы «ЛИТОСФЕРА», «МАНТИЯ», «ЯДРО». Каждая из названных подсистем является в свою очередь, большой и сложной системой, представляющей необходимость изучения явлений остававшихся до этого вне поля зрения ученых, но оказывающих существенное влияние на функциональные характеристики смежных подсистем и в целом системы «ЗЕМЛЯ» (рис.1).

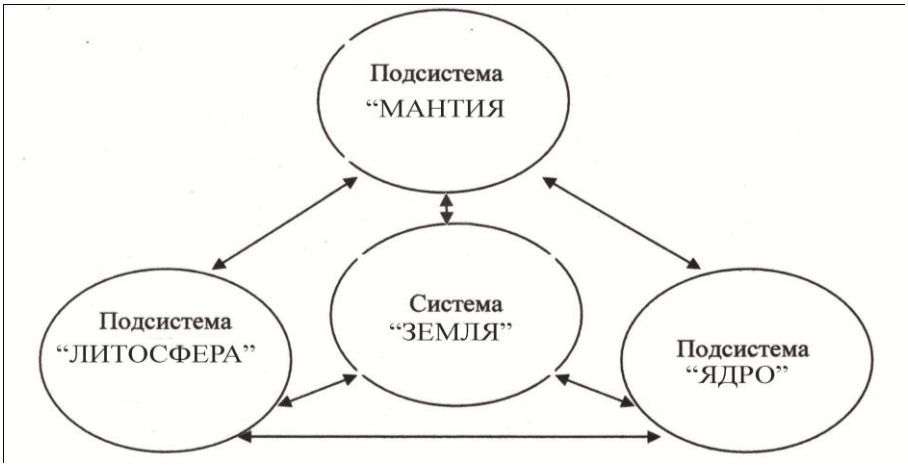


Рис.1. Схема взаимодействия основных подсистем в системе «ЗЕМЛЯ»

В результате функционирования системы определяется функциональное состояние отдельных подсистем, а эффективность функционирования отдельной подсистемы так же зависит от эффективности функционирования других подсистем. Наиболее полное представление о системе получают в результате наблюдения за происходящим во время функционирования системы процессами, поэтому свойства системы часто идентифицируют с характером происходящих в ней процессов.

В современных условиях наиболее эффективно функционирует подсистема «МАНТИЯ» что, как было показано в разных научных трудах и жизни, приводит к дисбалансу неравновесности функциональной системы «ЗЕМЛЯ».

В свою очередь подсистема «ЛИТОСФЕРА» так же является системой с подсистемами «КОРА», «ОКЕАН», «ФЛЮИД» (рис.2), функционально взаимосвязанных как подсистемы между собой, так и с системой в целом. Только рассматривая в совокупности выше приведенные системы (рис.1 и 2), структуру их взаимодействия, можно будет перейти к пониманию новой теории получения углеводородов (материи) из морской воды.

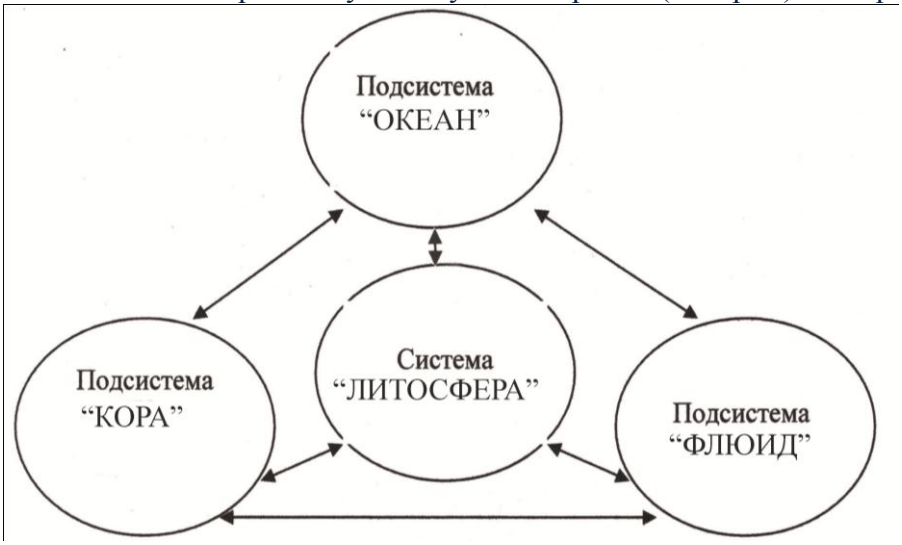


Рис.2. Схема взаимодействия подсистем в системе «ЛИТОСФЕРА»

Из статьи [1] следует: *«Как показали многочисленные исследования, неравновесность приводит к неустойчивости, неустойчивость к необратимости. Неустойчивость дает начало хаосу, динамика хаоса приводит к нарушению симметрии системы, с хаосом и неустойчивостью современные теории связывают рождение материи».*

Попытаюсь смысл этой цитаты реализовать на примере взаимосвязи 3-х подсистем «ОКЕАН», «КОРА», «МАНТИЯ» на флюиде морской воды. В результате спрединга образовались и образовываются срединно-океанические хребты (СОХ), т.е. от возникающих

усилий (возросшего давления) со стороны мантии, земная кора в срединной части дна океана выгибается, трескается, трещины раскрываются, образуется в полости трещины вакуум – пустота, куда устремляется донная часть морской воды (океана), После сброса давления в подсистеме «МАНТИЯ», под действием гидростатического давления трещины закрываются, кроме тех, которые в центральной части СОХ заполнились магмой в расширенном состоянии, но так же при остывании она сжимается, под действием мгновенного сжатия часть (порция) морской воды, попавшей в трещины продавливается вглубь земной коры в зону кипения. Это явление происходит эпизодически по мере возрастания противодавления в очагах переработки порций морской воды в бойлере попавших в земную кору под океаном. Схема неустойчивая.

Это же явление происходит ежесуточно, под действием Луны (приливы-отливы), в земной коре раскрываются микротрещины с заполнением минипорциями морской воды, при отливе часть воды вдавливается вглубь коры.

Таким образом, подсистема «ЛИТОСФЕРА» выступает в описываемых явлениях как объемный насос по перекачке морской воды (флюид) вглубь коры под дном океана. В месте противоборства температур от океана и коры образуются очаги по переработке морской воды, попавшей через трещины в земную кору, что зависит от термоградиента в данной области – очаги переработки морской воды в паросоленую минерализованную смесь, сам процесс нагрева воды до кипения, является «бойлером», но обычно технологически в бойлеры подается перегретый пар с температурой более 100°С от парового котла, в данном случае котлом выступает подсистема «МАНТИЯ».

Но котел без топлива не работает. Какой вид топлива является определяющим, зависит от наукоопределяющего фактора, в котором пока отсутствует единопонимание. Разберем те, которые по мнению автора, достойны пристального внимания фундаментальной науки. Возьмем два фактора: 1 – тепловая энергия и 2 – электроэнергия: В качестве топлива принимаем «КОСМОС» и «СОЛНЦЕ». *«Свыше 99,9% энергии, определяющей состояние погоды и характер климата и приводящий в движение воды океанов обеспечиваются Солнцем [2]. Общее количество солнечной энергии, которое поступает на верхнюю границу атмосферы, составляет 17x10^{20} кал/сутки. В любом данном районе Земли количество поступающей энергии меняется в зависимости от времени суток (практически обращаясь в нуль ночью) и сезона (больше летом, чем зимой). В среднем за год система атмосфера – океан - суша – льды должна излучать в космос такое же количество энергии, которое она получает. При меньших величинах поверхность Земли начнет нагреваться, при больших – станет охлаждаться. От разбаланса в обмене энергией между Землей и космосом зависит изменение климата в ту или другую сторону».*

Таким образом, можно сделать соответствующие выводы, что в котле (мантии) тепловая энергия возникает в результате разности вращений литосферы, мантии и ядра Земли. Граница вращения в атмосфере удалена от поверхности Земли на 75-100км, в недрах Земля граница вращения располагается в верхней части Мантии в астеносфере. По данным В. И. Красовского (1962 г.) на высоте 70-100 км могут протекать реакции, приводящие к стабильному соединению H_2O из гидроксила OH + HO_2=H_2O+O_2+70,8 ккал./моль с образованием тепла, таким образом, первоначально удаляясь от поверхности Земли идет процесс остывания, затем на высоте приблизительно 75 км нагревание с последующим повторным остыванием. Под действием конвективных сил, вызванных лучистой энергией Солнца, литосфера Земли вращается в сторону движения восходящего теплового потока в космос, вращение ядра тормозится Луной, неизменно обращенной одной стороной к Земле, находясь в зоне влияния магнитного поля ядра, которое под действием гравитации Луны находится в заторможенном состоянии. Синхронность угловых скоростей нарушается за счет асинхронности, между литосферой и ядром. Создались плоскости скольжения сфер, срыва единства связи в аморфных текучих породах мантии, достигая максимума, очевидно в зоне астеносферы, что подтверждается глубиной вулканизма и изменениями скоростей сейсмических волн.

В верхней части мантии в зоне астеносферы за счет образовавшегося трения в частицах аморфной породы мантии возникла тепловая энергия с распространением тепла, как в земную кору, так и к центру Земли в мантию, постепенно охлаждается с определенным температурным градиентом. Самый большой тепловой эффект наблюдается в экваториальной части, наименьший на полюсах, образуя вечную мерзлоту, ледники. При этом, вопреки утверждениям и выводам Маракушева А.А., Маракушева С.А. [3], что ядро Земли жидкое, на самом деле твердое, так как иначе при нагревании ферромагнитных тел их магнитные свойства изменяются. Для каждого ферромагнетипа существует такая температура $О_к$, при которой он утрачивает свои ферромагнитные свойства, так как точки Кюри для железа – 770°; никеля – 360° и с повышением температуры намагниченность уменьшается и в точке Кюри практически равна нулю [4]. Но магнитное поле Земли имеется, значит, если ядро жидкое, действуют другие силы, создающие магнетизм Земли или согласиться с тем, что ядро Земли в твердом состоянии как представлял О.Ю. Шмидт, что Земля сначала была холодной с последующим разогреванием (при этом надо полагать, ядро не разогрелось выше точки Кюри).

Существует гипотеза ротационного тепла [5] на основе флюктуационного и векового колебания скорости вращения Земли. Трения блоков при перемещениях под влиянием приливообразующих сил Луны, Солнца, собственного веса, местных тангенциальных сил и изменения угловой скорости вращения вызывают образование ротационного тепла.

По результатам вычисления за пять лет изменения момента инерции Земли и приращения кинетической энергии переходящее в ротационное тепло эквивалентно $4{,}81*10^{28}$ эрг./год, то есть в четыре раза больше тепла гравитационной дифференциации, составляющей по Люстиху $1*10^{26}$ эрг./год.

Об асинхронности (скольжении), как доказательства, подтверждающее это явление, могут быть и результаты сверхглубоких бурений. Представление, что горные породы с глубиной становятся плотнее и пористость их убывает, оказалось неверным, как и точка зрения о сухих недрах [6].

Впервые это было обнаружено при бурении Кольской сверхглубокой скважины. Другие скважины в древних кристаллических толщах подтвердили тот факт, что на многокилометровой глубине горные породы разбиты трещинами и пронизаны многочисленными порами, а водные растворы свободно движутся под давлением в несколько сот атмосфер. Так на скважине СГ-3, начиная с 9 км, толщи оказались очень пористыми и буквально напичканы трещинами, по которым циркулировали водные растворы. На глубине оказалось гораздо жарче, чем рассчитывали: на целых 80°. На глубине 1 км температура в забое 120° С, на 12 км – достигала уже 230^oС, на глубине 9,5 – 10,5 находились вкрапления золота (золотое оруднение). Например, в молодых горах (Кавказ, Альпы, Памир) на четырехкилометровой глубине температура недр достигает 200 ^{o}С. У берегов штата Алабама при достигнутой глубине 7399 м.температура недр достигала 232^oС, очень высокое давление и выбросы кислотных газов.

На скважине КТВ Хауптборунг на юго-востоке Баварии из-за бесконечных аварий и высокой температуры в забое – 270^oС работы прекратили.

Согласно [7] в качестве основных источников энергии глобального тектогенеза рассматриваются вращение Земли в системе Земля-Луна-Солнце и дегазация Земли.

Мантия под океанами деклитированная, под континентами нет. Это было основанием для возражения против крупных перемещений литосферных плит (Белоусов, 1991), так как трудно было объяснить «отрыв» литосферы континентов от их мантийных корней.

Расслоенность верхней мантии – литосфера – астеносфера. До глубины 700 км показали, что астеносферы, как одного слоя частичного плавления, то есть слоя с пониженными сейсмическими скоростями, не существует.

Чтобы не произошел (разбаланс) перегрев Земли изнутри, **Мировой океан** в этом случае сохраняет баланс между мантией и земной корой.

«Приливы [2] образуются под действием сил гравитации Луны и Солнца, которые изменяются с изменением расстояния и положения этих небесных тел относительно Земли. Приливообразующая сила Луны примерно вдвое больше преобразующей силы Солнца. Максимально в полнолуние и новолуние, когда Луна на одной линии с Солнцем».

С учетом изложенного, динамика движения воды (флюид) по трещинам в земной коре равнопеременная и наблюдается не только на дне Мирового океана, но и в его береговой части с использованием эндокливажных трещин, образовавшихся, как в земной коре, так и в мантии в период землеобразования, под действием вышеуказанных сил в меридиальном направлении с юго-восточным отклонением ~ 15°.

Как более плотная, морская вода заполняет глубинные трещины в земной коре. Явления типа «спрединг» происходили и происходят и на суше, образуя разломы земной коры, включая мантию, куда устремляется морская вода, при их связи с Мировым океаном.

Например, Уральские горы со стороны Карского моря. Пути движения флюида – морской воды прослеживаются только до очага (бойлера) на глубине разности температуры равной температуре кипения воды, что зависит от потока, (количества) перемещаемой жидкости (морской воды).

Таким, в качестве глобального балансодержателя энергетических сил Земли является подсистема «ЛИТОСФЕРА», ее Мировой океан, занимающий 2/3 поверхности Земли.

В работах Н.Г. Черных [8-10] в качестве источника образования углеводородов принята морская вода (вода морей и океанов), содержащая в растворенном состоянии 27г/$м^3$ углерода, ингредиенты которых идентичны и способ получения углеводородов и рудных тел путем переработки ее в системе (котел-бойлер).

«К настоящему времени [1] установлены основные этапы развития открытых сложных систем, описывающие их переход в хаотическое состояние и условия, определяющие выход системы из хаоса.

Отличительной особенностью развития открытых сложных систем является существование длительного периода стационарного состояния».

К такому стационарному состоянию можно отнести биогенную и абиогенную теорию образования углеводородов со времен Ломоносова М.В., Менделеева Д.И. Переход из стационарного состояния в неустойчивое в виде схемы взаимодействия о хаотизации системы ее подсистем показано на рис.3.

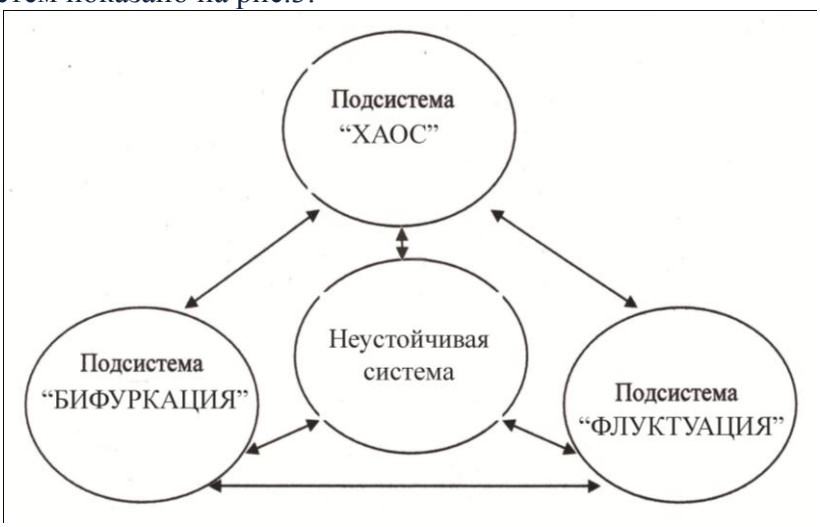


Рис.3. Схема неустойчивого состояния системы

Нарастание флуктуации (колебания) свидетельствует о наступлении нового бифуркационного этапа (раздвоения) развития системы. Вблизи точек бифуркации роль флуктуации нарастает. Именно они определяют дальнейшее направление развития системы.

«Выход [1] из неустойчивого состояния и переход в качественно новое состояние возможен как за счет разрушения структуры системы, так и образование новой струк-

туры с более высоким уровнем организации. Разрушение структуры возможно в тех случаях, когда энергетическое воздействие не в состоянии компенсировать потери энергии внутри системы или выйти на соответствующие параметры производства энтропии и диссинации энергии».

И напротив, активное энергетическое воздействие может обеспечить образование новой структуры с более высоким уровнем организации [10].

В функциональной взаимосвязи подсистем «ЛИТОСФЕРА», «МАНТИЯ», «ЯДРО» осуществлено стационарное состояние, при наличии стабильного вышеуказанного энергетического воздействия (асинхронное движение тел в мантии, за счет скольжения с трением). Устойчивость системы в стационарном состоянии поддерживается постоянным обменом тепловой энергии и веществом с окружающей средой, в качестве вещества нами рассматривается морская вода.

В «жизни» стационарной геологической системы (СГС) можно выделить [1] три подсистемы «ОБРАЗОВАНИЕ», «БЫТИЕ», «ВЫХОД» рис.4.

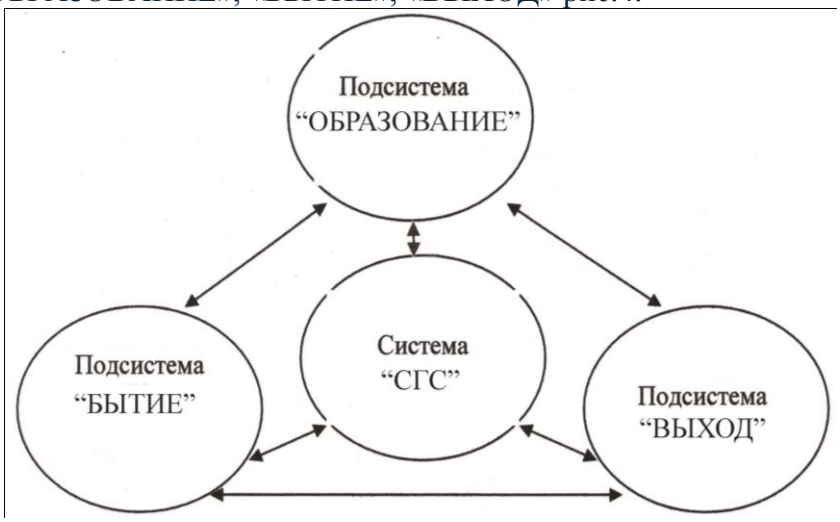


Рис.4. Схема взаимосвязи подсистем в системе «СГС»

Неравновесность сложных подсистем при определенных условиях флуктуации, при сильно неравновесных ситуациях могут превратиться в фактор к глобальной эволюции системы, в частности стационарной геологической «СГС».

Наличие подсистемы «ЛИТОСФЕРА» в системе «ЗЕМЛЯ» рис.1 дает уникальную возможность учесть не только влияние энергетической накачки, функционирование «СГС», но и реально оценить влияние подсистемы «ЛИТОСФЕРА» с океаном на особенности обменных процессов открытой неравновесной системы.

Безусловно, новая глобальная парадигма в системе «ЗЕМЛЯ» при функциональном взаимодействии подсистем «ЛИТОСФЕРА» («ОКЕАН», «КОРА»), «МАНТИЯ» (ЯДРО), «ФЛЮИД» преобразующая теорию и методы фундаментальных исследований естественных наук, должна занять достойное место в науках о Земле и, особенно, в разделах, связанных с изучением энергетики, динамики и флюидоизации Земли с учетом специфики сложных геологических систем.

Таким образом, механизм формирования месторождений как система, функционирование которой осуществляется во взаимосвязи с подсистемой «ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД» (ФЗ); когерентные структуры (КС) и окружающая среда (ОС) соответствует динамике энергоактивных зон (БОЙЛЕР-КОТЕЛ-ОКЕАН).

В заключении по Дмитриевскому [1] можно констатировать, что *«…на глубинах 10-25км, 5-80км, 10-120км установлены флюидонасыщенные зоны, которые характеризуются инверсиями сейсмических скоростей, изменениями электропроводности и другими аномальными эффектами».*

В геосферных оболочках Земли на разных глубинах установлены слои пониженной вязкости из чего следует с учетом изложенной теории образования нефти, газа из морской воды, функциональной взаимосвязи подсистем «ОКЕАН», «КОРА», «МАНТИЯ», «ФЛЮИД», подобные «аномалии», к которым относятся коровые волноводы, астенолизы, астенолиты да и астеносфера в целом, образовались в результате воздействие космоса Солнца, Луны с образованием асинхронного вращения масс Земли литосферы и мантии со скольжением в зоне астеносферы и других зон с флюидным воздействием, что привело к формированию пространственно-постоянных диссипативных структур, активность подсистемы «ФЛЮИД» морской воды контролируется процессами от ее функционального взаимодействия с подсистемами «ОКЕАН», «КОРА», «МАНТИЯ», «ЯДРО».

Вывод

Таким образом, всеобъемлющая роль морской воды в эндогенном (флюидном) процессе Земли позволяет сделать вывод, что планета Земля не «умрет».

Список литературы

1. Дмитриевский А.Н. «Теоретические основы и механизмы формирования энергоактивных и флюидонасыщенных зон Земли». МГЕЛС. 2011 стр.33.
2. Дрейк Ч., Имбри Дж., Кноус Дж., Турехиан К. Океан сам по себе и для нас.- М.: «Прогресс», 1982.
3. Маракушева А.А., Маракушева С.А. Эндогенные углеводороды и органические вещества на Земле и космических объектах.- ГЕОС, 2011.
4. Епифанов Г.И. Магнитные свойства твердых тел. Физика твердого тела. М.: Высш.шк., 1977.
5. Одинцом Г.Ф. Гипотеза ротационного тепла.-1963.
6. Журнал «Вокруг Света», Рубрика «Досье».- 2004 (2768).- № 10.
7. Павленкова Н.И. Ротационно-флюидная модель глобального тектогенеза.
8. Черных Н.Г. Когда и как образуется нефть и в каком количестве. НТЖ, Тюмень: 2010.- №4.
9. Черных Н.Г. Углеводороды и способ их образования. Способ получения углеводородов – нефти и газа и их количество. Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. М.: 22-25 октября 2012.
10. Черных Н.Г. Теория образования нефти и газа из морской воды (Бойлерная теория). Материалы Всероссийской конференции по глубинному генезису нефти. М.: 22-25 октября 2012.

УДК 622.233:622.235:622.831

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ НАПРЯЖЕННЫХ РУДНЫХ МАССИВОВ НА ЗАЖИМАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИ СИСТЕМЕ ЭТАЖНОГО ОБРУШЕНИЯ

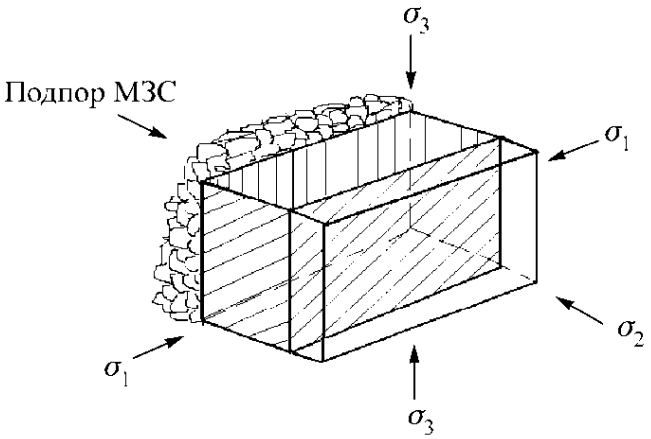
[1]Волченко Г.Н., [2]Серяков В.М., [1]Волченко Н.Г., [1]Фрянов В.Н.
1 – ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия
2 - Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия

По мере углубления горных работ и связанное с этим увеличение горного давления, снижение устойчивости массива и компенсационных полостей увеличивается потребность в применении отбойки железной руды в зажиме. Примером могут служить под-

земные рудники Западно-Сибирского металлургического комплекса, расположенные в Горной Шории и Хакасии (Таштагольский, Горно – Шорский, Абаканский филиалы ОАО «Евразруда»), на которых с понижением глубины горных работ вынуждены уменьшать объемы компенсационных камер вплоть до полного отказа от них. Вновь становится актуальной задача создания эффективных способов отбойки руды на зажатую среду при одностадийной системе разработки в новых условиях действия высокого горного давления. В изменяющихся геомеханических условиях отработки особого совершенствования требуют вопросы поддержания дробящего действия взрыва, снижения вредных остаточных эффектов взрыва (провоцирование геодинамических событий высоких классов энергии, разрушение горных выработок и др.) при отбойке в зажиме. При этом взрывными нагрузками необходимо формировать эффективную и дифференцированную плотность и кусковатость отбиваемого массива, от чего зависит повышения показателей выпуска отбитой руды под обрушенными породами.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что природные гравитационно-тектонические напряжения (ГТН) существенно влияют на общую картину напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива, как вокруг зоны ведения горных работ, так и в конструктивных элементах применяемой системы разработки [1, 2]. При этом влияние НДС горных пород на процесс взрывного разрушения, оценка взаимодействия квазистатических и динамических полей напряжений при отбойке полезного ископаемого, определение ресурсосберегающих параметров буровзрывных работ (БВР) являются актуальными задачами геомеханики при производстве промышленных взрывов в связи с переходом очистных работ на большие глубины [3 – 5].

Влияние техногенных статических напряжений от подпора массива зажимающей среды (МЗС) на результаты взрывного дробления при системах разработки с обрушением руды и вмещающих пород также известно (рис. 1).



$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – направление действия главных напряжений;
МЗС – материал зажимающей среды

Рис. 1. Схема геомеханического состояния панели технологического блока

Ранее проведенными экспериментальными исследованиями по изучению взрывного разрушения материалов на МЗС и опытом практического применения этой технологии при разработке месторождений системами с одностадийной выемкой, установлены следующие закономерности и параметры [2, 6 – 9]:

– при отбойке на МЗС опережающее генеральное разрушение массива в воронке взрыва происходит по образующим ее створа, а при взрыве на свободную поверхность – по линии наименьшего сопротивления;

– общее время формирования взрывной воронки на МЗС больше, чем на свободную поверхность, что требует увеличение оптимального интервала замедлений по сравнению с отбойкой на открытое пространство;

– коэффициент разрыхления зажимающего материала перед взрыванием должен быть не менее 1,2 – 1,3 в зависимости от толщины обрушаемой секции (разрыхление достигается частичным выпуском);

– предлагаемая гипотеза объясняет и подтверждает установленное экспериментально положение о том, что при крепкой неслеживающейся руде толщина отбиваемой секции по условию качественного дробления (и по условию нормального выпуска руды) должна составлять 15 – 20 м. При слеживающейся руде толщина секции должна быть уменьшена;

– взрывное дробление массива в зажиме, в зависимости от разрыхления материала МЗС характеризуется повышенной на 20-30% энергоемкостью разрушения;

– при одностадийной выемке полезного ископаемого отбойка первого ряда зарядов ВВ с увеличенным удельным расходом ВВ на МЗС позволяет качественно раздробить массив и осуществить подвижку МЗС, с образованием дополнительного компенсационного пространства для эффективных взрывов последующих рядов зарядов взрывчатых веществ (ВВ).

На основании этих и других исследований разработаны рекомендации по увеличению на 30% массы зарядов ВВ в ближайшем к МЗС ряду, которые в настоящее время применяются при проектировании специальных массовых взрывов для системы этажного принудительного обрушения со сплошной отбойкой в полузажатой среде на компенсационные камеры.

Однако полученные закономерности при отбойке на МЗС, в современных условиях требуют уточнения, т.к. на больших глубинах разработки подход к взрывному разрушению технологического блока должен быть не как к разрушению инертного материала, а как системы с запасом потенциальной энергии, иногда достаточной для его управляемого саморазрушения [10].

Железорудные месторождения Горной Шории (Таштагольское и Шерегешевское) и Хакасии (Абаканское) расположены в сейсмически активном районе Алтая-Саянской складчатой области, где имеют место современные тектонические движения земной коры в условиях блочного строения горного массива, то есть эти месторождения эксплуатируются в геодинамически активном регионе.

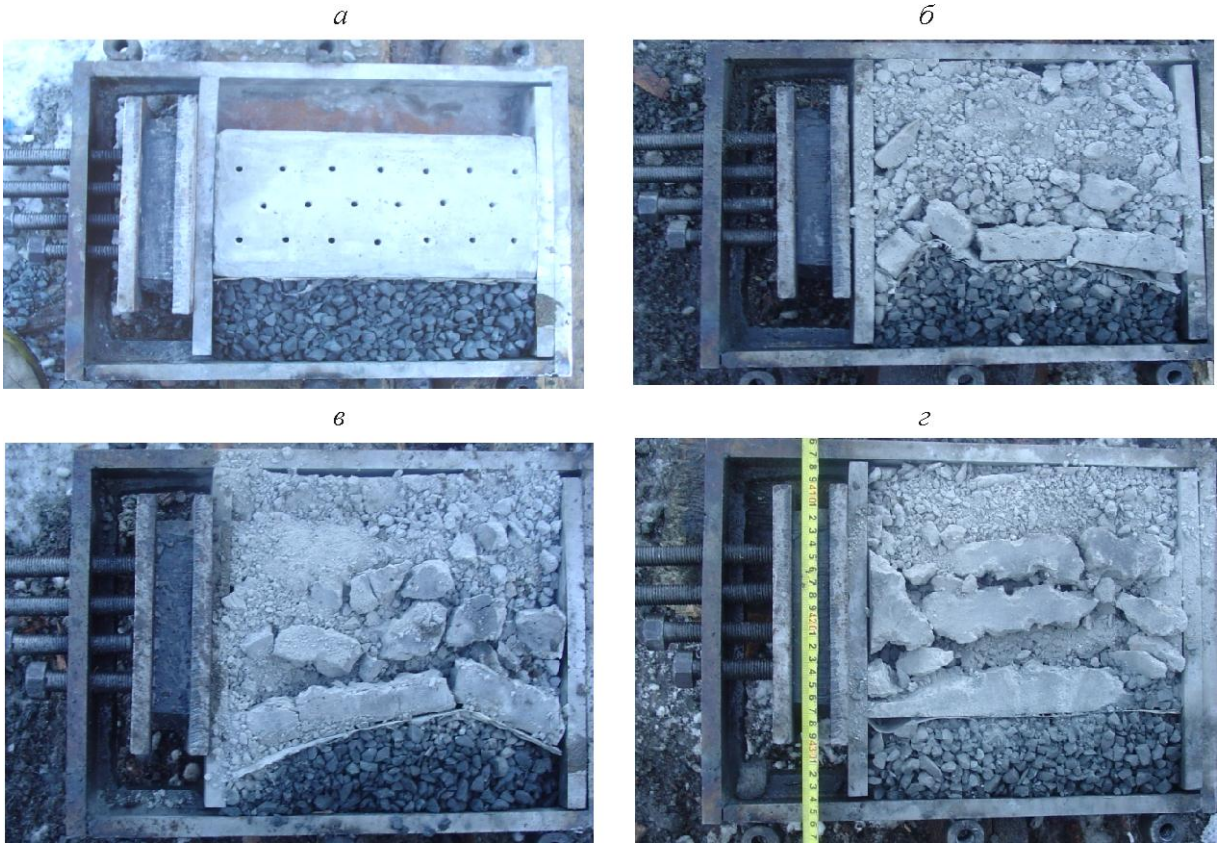
Так как максимальные сжимающие напряжения $\sigma_{\max}=\sigma_1$ ориентированы вкрест простирания рудного тела, а их значения достигают до $5\gamma H$, где γ – объемный вес вышележащих пород, H – расстояние от земной поверхности [1, 2], то это существенно влияет на результаты взрывного дробления массива из-за усиления геомеханического воздействия между зарядами ВВ в рядах, и особенно в ближайшем к МЗС ряде. При этом существенно снижается дробящее действие взрыва по линии наименьшего сопротивления. В результате формируется область неразрушенного массива на границе “рудный блок – МЗС” в виде плиты. Это подтверждают проведенные эксперименты на физических моделях по методике, описанной в работе [11] (рис. 2).

Дальнейшей целью экспериментов предполагалось детально исследовать методом математического моделирования (МКЭ) геомеханическое состояние блока при условии комплексного действия исходных природных (ГТН) и техногенных напряжений (подпор МЗС), и особенно область границы контакта «рудный блок - пустая порода», что в ранее проведенных работах не было исследовано.

Проведено исследование ресурсосберегающей схемы короткозамедленного взрывания (КЗВ) «синусоида» [4, 5] при отбойке блока в полузажатой среде (на компенсационную камеру и МЗС). Это позволило установить закономерности перераспределения НДС, как перед взрывом, так и в процессе КЗВ, в квазистатической постановке задачи, но поэтапной динамике развития.

Основная идея подхода к математическому моделированию такого сложного явления как короткозамедленное взрывание зарядов взрывчатого вещества при массовой от-

бойке горной породы заключается в синтезе дискретных состояний, полученных в квазистатическом решении задач в определенные интервалы времени на всем протяжении процесса КЗВ. Квазистатический подход к моделированию взрыва заданием статической нагрузки на стенки взрывной полости и определением критических напряжений является одним из признанных методов, дающих качественную оценку НДС при математическом моделировании взрыва заряда ВВ в горной породе. При синтезе (суперпозиции) результатов таких решений можно отразить исследуемый процесс в квазидинамической постановке и определить эффективную схему КЗВ [12 - 14].



а – взрывной бокс с моделью; *б, в, г* – разрушенные модели при исходной сжимающей нагрузке $\sigma = 0$; $0.35[\sigma]_{сж}$, и $0.7[\sigma]_{сж}$ соответственно

Рис. 2. Закономерности разрушения модели при взрывании прямых рядов зарядов ВВ

Эффективность (энергоресурсосбережение) схемы КЗВ «синусоида» обуславливается созданием условий для реализации малоэнергоемкого механизма разрушения в поле растягивающих напряжений при формировании отбиваемого блока по синусоиде [15]. Однако один вариант (вариант №1) осуществления схемы КЗВ «синусоида» также предусматривает ближайший ряд со стороны МЗС отбивать увеличенными на 30% зарядами ВВ первыми ступенями замедления, обеспечивая подвижку массива МЗС и вводя панель в состояние близкое к одноосному сжатию с ее торцов (рис. 3 а).

Это позволяло последующими ступенями замедления формировать синусоидальный в горизонтальном сечении массив панели с максимальными зонами (по величине и распространению) растягивающих напряжений и окончательное его разрушение зарядами с пониженным расходом ВВ. Характер поэтапного распределения главных напряжений по разработанной схеме взрывания до взрыва синусоидального ряда зарядов ВВ рассмотрен в работе [12]. Однако наряду с общей эффективностью взрыва, в предложенном варианте остается негативный факт, что при отбойке первого ряда со стороны МЗС заряды ВВ должны быть увеличены как минимум на 30%, что, однако не гарантирует эффективного

дробления формирующейся плиты на границе блок – МЗС в условиях действия значительных напряжений σ_{max}. Резонно встает вопрос о целесообразности первоочередной отбойки первого ряда со стороны МЗС.

С целью геомеханического обоснования схемы отбойки рудного блока без первоочередного взрыва увеличенных зарядов ВВ первого ряда со стороны МЗС были проведены исследования методом математического моделирования [14] (рис. 3 б, в, г). Моделировалась аналогичная схема взрывания блока с формированием массива синусоидальной формы, примыкающего к границе рудный блок – обрушенные породы (МЗС) (вариант 2).

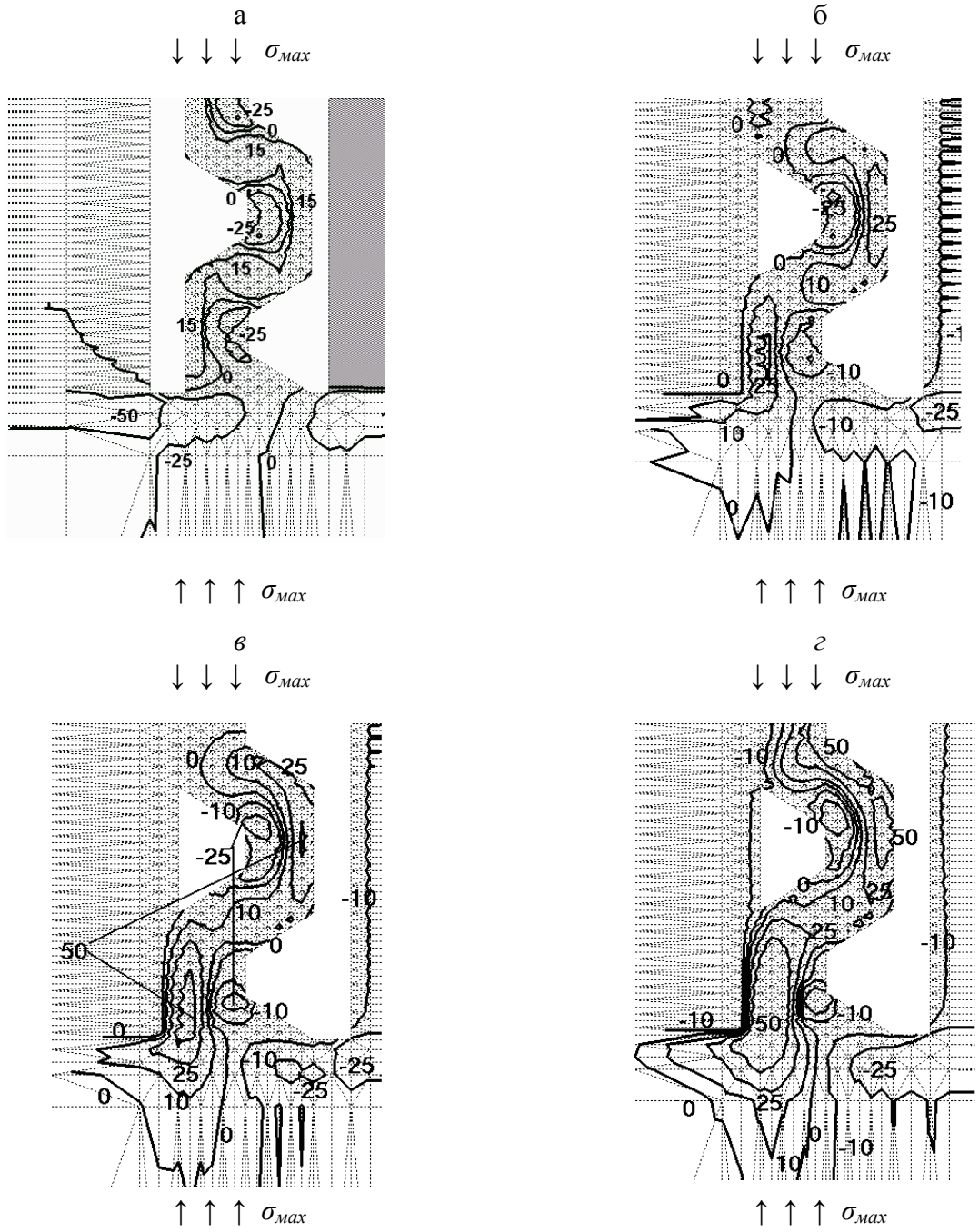


Рис. 3. Особенности распределения напряжения σ_1 (МПа) в рудном блоке синусоидальной формы при $\sigma_{max} = -3\gamma H$: *а* – без контакта с обрушенными породами; *б* – при контакте с обрушенными породами при $\sigma_{мзс} = -0{,}25\gamma H$; *в* – $\sigma_{мзс} = -0{,}4\gamma H$; *г* – $\sigma_{мзс} = -0{,}8\gamma H$

На границах расчетной области заданы нормальные и касательные напряжения, отвечающие исходному механическому состоянию массива. Максимальное горизонтальное

напряжение действует по направлению простирания рудного тела и равно $-3\gamma H$, минимальное – перпендикулярно простиранию и составляет – $1{,}6\gamma H$. Механические характеристики и геометрические размеры рудного блока, компенсационных камер, мощности рудного тела имеют те же значения, что и в [12].

Остановимся на алгоритме моделирования напряженного состояния обрушенных пород и принятых при этом гипотезах. Одним из вариантов, позволяющим вести расчет деформирования горной среды, содержащей области обрушенных пород, может быть вариант их упругого поведения. Однако он не отражает наиболее существенные факторы механического состояния обрушенных пород: практически нулевой уровень касательных напряжений и отсутствие зон растяжения. Учесть эти особенности деформирования можно с помощью метода начальных напряжений [16]. Его применение позволяет получить в конечных элементах, моделирующих область обрушенных пород, равные значения нормальных σ_x, σ_y и нулевые значения касательных напряжений τ_{xy}. При определении величин σ_x и σ_y приняты следующие гипотезы: горизонтальные напряжения в обрушенных породах определятся их весом и коэффициентом Пуассона ν и равны $\gamma_{мзс} H_{мзс} \nu /(1-\nu)$, где $\gamma_{мзс}$ – объемный вес обрушенных пород, $H_{мзс}$ – высота обрушения; коэффициент Пуассона обрушенных пород близок к 0,5 и при расчетах его значение принято равным 0,45. Обе гипотезы имеют вполне определенное обоснование. Первая отвечает соотношению Динника для установления исходных горизонтальных напряжений в осадочных породах; вторая базируется на значениях коэффициента Пуассона для пористых сред.

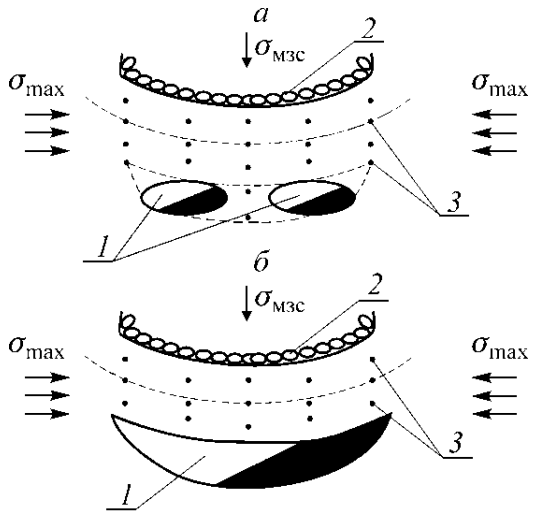
На рис. 3 б, в, г показано распределение первого главного напряжения σ_1 в сформированном в процессе КЗВ синусоидальном блоке при увеличении подпора МЗС при значениях $\sigma_{мзс} = -0{,}25\ \gamma_{мзс} H_{мзс}$; $-0{,}4\ \gamma_{мзс} H_{мзс}$; $-0{,}8\ \gamma_{мзс} H_{мзс}$, что соответствует высоте зоны обрушения налегающих пород $0{,}3H$, $0{,}5H$, H соответственно [13]. Обрушенные породы действуют на рудный блок как распределенная по границе их контакта нагрузка, вызывая дополнительный прогиб пород в сторону свободного пространства и появление в отбиваемых породах зон растягивающих напряжений. Закономерности перераспределения полей напряжений в отбиваемом блоке и обрушенных породах в зависимости от глубины отработки показали, что за счет роста давления обрушенных пород $\sigma_{мзс}$ на рудный блок на границе их взаимодействия в синусоидальном массиве возникают обширные зоны действия растягивающих напряжений с увеличенными в более 3 раза значениями, чем при варианте 1 (рис. 3 а). Появляющиеся при этом дополнительные зоны сжимающих напряжений незначительны. Проведенные исследования позволяет сделать вывод о том, что негативное влияние техногенных напряжений подпора МЗС при реализации рассматриваемой схемы взрывания в основном ликвидируется. Более того, энергия техногенных напряжений в интеграции с ГТН способствует формированию в синусоидальном массиве такого НДС, при котором возможна реализация малоэнергоемкого механизма взрывного разрушения в поле растягивающих напряжений [4], призванного обеспечить разрушение области нерегулированного дробления у границы контакта «рудный блок - пустая порода» (рис. 2). При этом почти перпендикулярно меняется направление фронта отбойки, для которого нет необходимости делать энергозатратную подвижку МЗС на всю ширину забоя для получения дополнительного компенсационного пространства. При осуществлении второго варианта (рис. 3 б, в, г) появляется возможность осуществления отбойки на дополнительные свободные поверхности и компенсационное пространство, образующиеся при формировании ослабляющих полостей в отбиваемом блоке по схеме КЗВ «синусоида».

При варианте 2 с формированием синусоидального массива, примыкающего к МЗС зарядов ВВ с увеличенной на 30 % массой, потребуется для разрушенияя в 2 раза меньше энергии, что позволит снизить удельный расход ВВ на первичную отбойку ближайшего к МЗС ряда на 15%.

Промышленное испытание предлагаемой схемы взрывания по варианту, представленному на рис. 3 б, реализовано на шахте Горно-Шорского филиала ОАО «Евразруда»

при отбойке блока № 57 (2 очередь) участка «Главный» в этаже +185- +255м. Эксперимент не предусматривал снижение удельного расхода на первичную отбойку. Результаты взрыва планировалось оценить по удельному расходу на вторичное дробление. Наблюдения за процессом выпуска руды производили по всем выпускным выработкам блока с фиксированием удельного расхода на вторичное дробление по мере выпуска отбитой руды. Анализ результатов выпуска из дучек со стороны границы блок – МЗС показал, что средний удельный расход на вторичное дробление снизился и составил 0,035 кг/т, что соответствует показателям выпуска из дучек со стороны компенсационных камер.

Проведенные исследования подтверждают эффективность предложенного пакета охраноспособных решений для реализации схемы КЗВ «синусоида», например, [17, 18]. В указанных разработках впервые предложено использовать техногенные напряжения (инерцию МЗС) для снижения прочностных свойств горных пород отбиваемого блока (панели), и как следствие энергоемкости его отбойки. Данное положение доказывает энергетическую нецелесообразность первоочередной отбойки первого ряда со стороны МЗС на всю ширину блока. Накопленный опыт позволил приступить к созданию новых способов (рис. 4) взрывной отбойки массива для усовершенствования системы разработки этажного обрушения (Таштагольский вариант [2]) и комплексным взаимодействием энергии гравитационно-тектонических и техногенных напряжений, возникающих при воздействии на рудный блок МЗС.



1 – компенсационная полость; *2* – зажимающая среда; *3* – заряды ВВ;
σ_{max} – максимальные сжимающие напряжения; $\sigma_{мзс}$ – техногенные напряжения, вызванные действием материала зажимающей среды

Рис. 4. Принципиальная схема формирования блока по дуге в процессе короткозамедленного взрывания: *а* — устойчивая форма блока до массового взрыва; *б* – блок дугообразной неустойчивой конфигурации после формирования компенсационных полостей зарядами ВВ первых ступеней замедления

Сущность разработанного технического решения [19] заключается в следующем. Подготавливаемому к массовому взрыву блоку придают наиболее устойчивую форму (рис.
4 *а*) за счет образования криволинейного очистного забоя 2, позволяющего исключить разрушение призабойного массива со стороны МЗС и потери взрывных скважин в ближайшем ряду. Параметры вогнутого забоя определяют по известным методикам [20]. Далее образуют эллипсовидные отрезные щели 1 с оптимальным, с точки зрения устойчивости, соотношением осей 1:1,6, ориентированные длинной осью вкрест простирания рудного тела по направлению действия максимальных сжимающих напряжений σ_{max}, что позволяет повысить их устойчивость и исключить динамическое разрушение рудного массива [20].

Первыми ступенями замедления взрывают заряды на эллипсовидные отрезные щели 1 и формируют смежную границу блока, соответствующую форме вогнутого забоя с ориентацией выпуклости в сторону компенсационной камеры 1 (рис. 4 *б*). Окончательное разрушение сформированного по дуге массива блока осуществляют с замедлением взрывами остальных зарядов ВВ по принятой схеме КЗВ. Под комплексным действием $\sigma_{\max}$ и $\sigma_{зс}$ в дугообразном массиве, со стороны выпуклости формируются обширные зоны растягивающих напряжений, которые снижают энергоемкость взрывного разрушения данных участков.

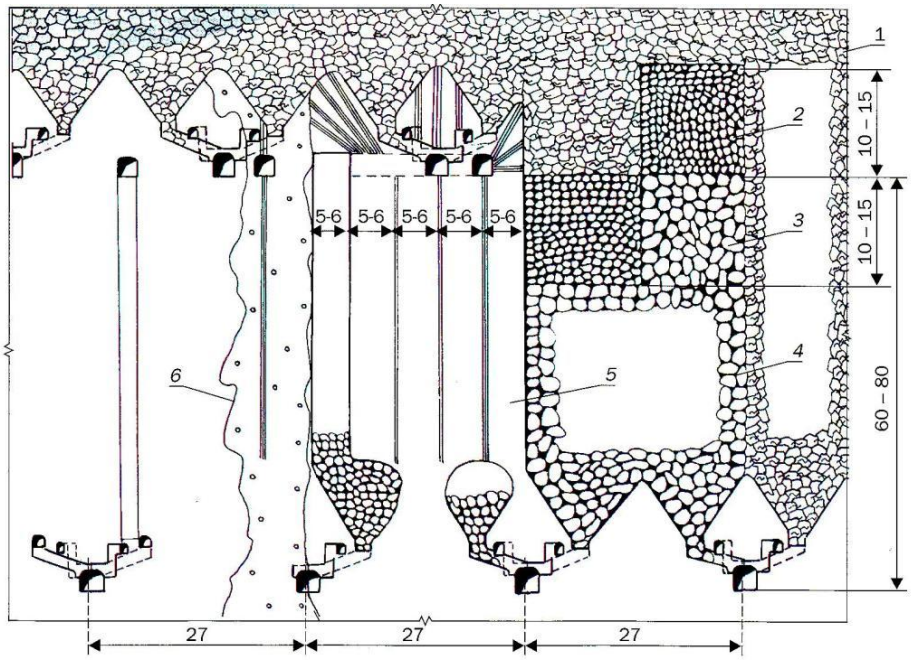
Закономерности перераспределения напряжений в массиве дугообразной формы аналогичны их перераспределению при формировании массива в виде синусоиды (рис. 3). Целесообразность отбойки массива дугообразными рядами зарядов ВВ, начиная от выпуклой границы блока, определяется тем, что каждый отбиваемый ряд за счет перераспределения напряжений после образования дополнительных поверхностей после взрыва зарядов ВВ предыдущих ступеней замедления и перемещения нейтрального слоя (рис. 4 *б*) к массиву МЗС, всегда находится в зоне действия растягивающих напряжений. Ранее установленные зависимости позволяют утверждать, что энергоемкость взрывного разрушения материала в этих условиях значительно снижается [3 – 5], поэтому предлагаемую технологию можно рассматривать как энергоресурсосберегающую.

Рудный блок дугообразной формы можно разрушать различными способами. Например, по схеме КЗВ «синусоида» с использованием разновременного взрывания скважинных, минных (вертикально концентрированных) зарядов ВВ различной ориентации и концентрации в объеме разрушаемого блока [17, 18], при этом концентрацию энергии зарядов ВВ необходимо дифференцировать в зависимости от НДС разрушаемой части объекта, приходящийся на конкретный заряд ВВ в общей схеме разновременного взрывания. При проектировании порядка отработки горизонта, технологического блока необходимо учитывать принятую технологию и параметры БВР массового взрыва и возможные коррективы расположения выработок днища блока, дополнительные компенсационные полости, подсечку на буровом горизонте и др. Предлагается по методике [5, 10] удельный расход ВВ на отбойку увеличивать в зонах действия сжимающих напряжений и уменьшать (в некоторых геомеханических ситуациях до нуля) в объемах действия растягивающих и касательных напряжений. В некоторых геомеханических ситуациях предлагается реализовывать вариант геотехнологии этажного управляемого самообрушения [5].

Предпосылки совершенствования известных технологий основываются на том, что с появлением новых систем инициирования (неэлектрические системы инициирования, электродетонаторы с электронным замедлением и др.) появилась возможность дифференцировать (согласовывать) параметры БВР с НДС отбиваемого массива и по его высоте, с учетом $\sigma_З$, определяемой весом налегающих пород, $\sigma_{мзс,}$, характеризующая инерционное закрепления плоскости отбойки со стороны МЗС. При отбойке руды на контакте с обрушенными породами величина смещения пустых пород (зона переуплотнения пустых пород) зависит от параметров БВР, физико-механических свойств массива и технологии производства взрывных работ. Формирование зоны переуплотнения оказывает непосредственное влияние на характер формирования фигур выпуска отбитой руды на контакте с обрушенными пустыми породами. Форма и характер фигур выпуска обрушенной руды, в свою очередь, оказывают непосредственное влияние на показатели извлечения руды при системах с обрушением [6 – 9].

Ранее, на основании проведенных исследований [21], предложена технология выпуска руды под рыхлыми отложениями при горизонтальной и вертикальной поверхностях контакта. При этом выпуск руды целесообразно осуществлять с наклонно-ступенчатым опусканием налегающей породы и оставлением временного барьера из рудной массы высотой 10-15 м у бокового контакта с породой (рис. 5). Применение такого режима выпуска, по данным из экспериментальных блоков, позволило снизить потери руды в пределах

1,5 ÷ 2% и разубоживание более 1% (абс.). Для поддержания таких показателей извлечения необходимо строго соблюдать установленную планограмму выпуска.



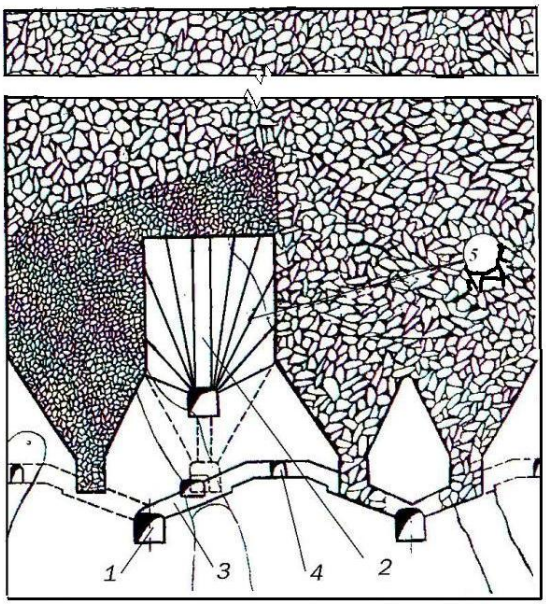
1 – рыхлые отложения; 2 – мелкодробленый слой руды; 3 – временный барьер из отбитой руды; 4 – обрушенная руда; 5 – рудная залежь; 6 – мощный породный прослой

Рис. 5. Рекомендуемая технология отработки месторождений под рыхлыми отложениями [21]

Одним из путей повышения полноты и качества извлечения является оставление в основании блока барьерного целика на контакте руда-порода, препятствующего проникновению в руду глиносодержащих пород [22]. Барьерный целик (рис. 6) формируют прямоугольной формы высотой равной 0,1÷0,2 высоты блока, в направлении от бокового контакта с обрушенными породами отработанного блока в сторону рудного массива отрабатываемого блока. Выпуск руды осуществляют до извлечения 0,8÷0,9 объема запаса блока. После взрыва барьерного целика осуществляют выпуск недоизвлеченных запасов. Реализация исследований на Шерегешском руднике, где более 15 лет применяется технология отработки очистных блоков с барьерными целиками, позволила, в безопасных по прорыву глин в выпускные выработки условиях, добыть свыше 35 млн. т руды, уменьшить потери руды на 1,7%, снизить боковое засорение на 2,7%, и тем самым повысить полноту извлечения балансовых запасов и безопасность горных работ [22].

На основании гипотезы, положенной в основу теории отбойки в зажиме [6 – 9], указывается, что уплотнение зажимающего материала происходит вследствие уменьшения его пористости при взаимном перемещении частиц. Последнее становится возможным в результате преодоления сил трения и сцепления между частицами МЗС, а также разрушения углов, и выступов частиц. Подвижка - смещение первоначального контакта зажимающего материала с отбиваемым массивом после отбойки является основным параметром, определяющем возможную толщину отбиваемого слоя (секции), от которой, в свою очередь зависят качество дробления руды и показатели выпуска.

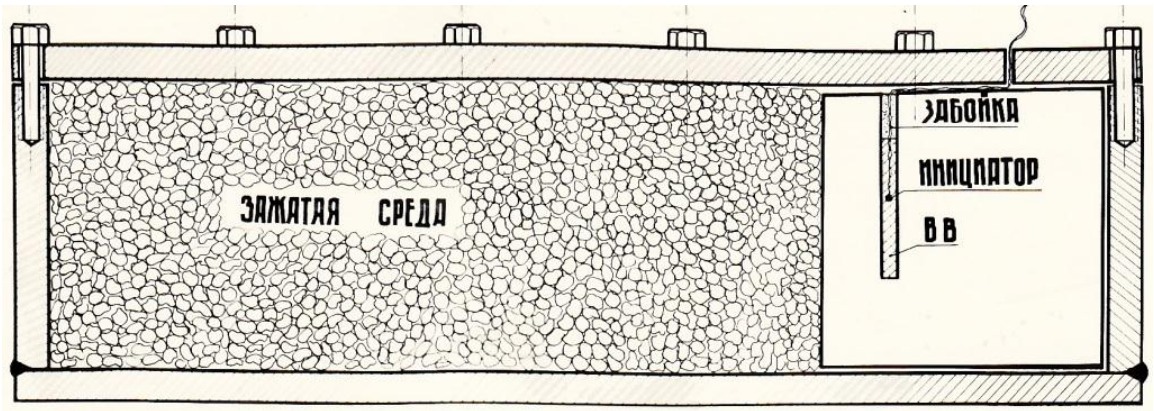
В исследованиях [23–25] была проведена серия экспериментов и установлены закономерности подвижки и уплотнения МЗС от величины взрывной нагрузки, определены зависимости параметров БВР от условий взрывания. На рис. 7 показаны результаты экспериментальных взрывов на физических моделях, моделирующих отбойку на зажатую среду по методике [23].



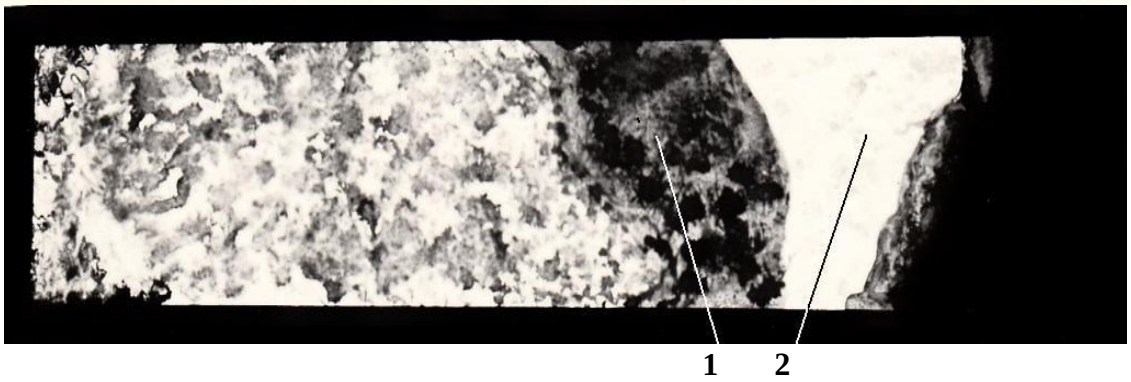
1 – откаточный орт; 2 – барьерный целик; 3 – доставочная выработка; 4 - вентиляционно-смотровой орт; 5 – веера скважин в барьерном целике

Рис. 6. Схема выемочного блока с барьерным целиком [22]

а



б



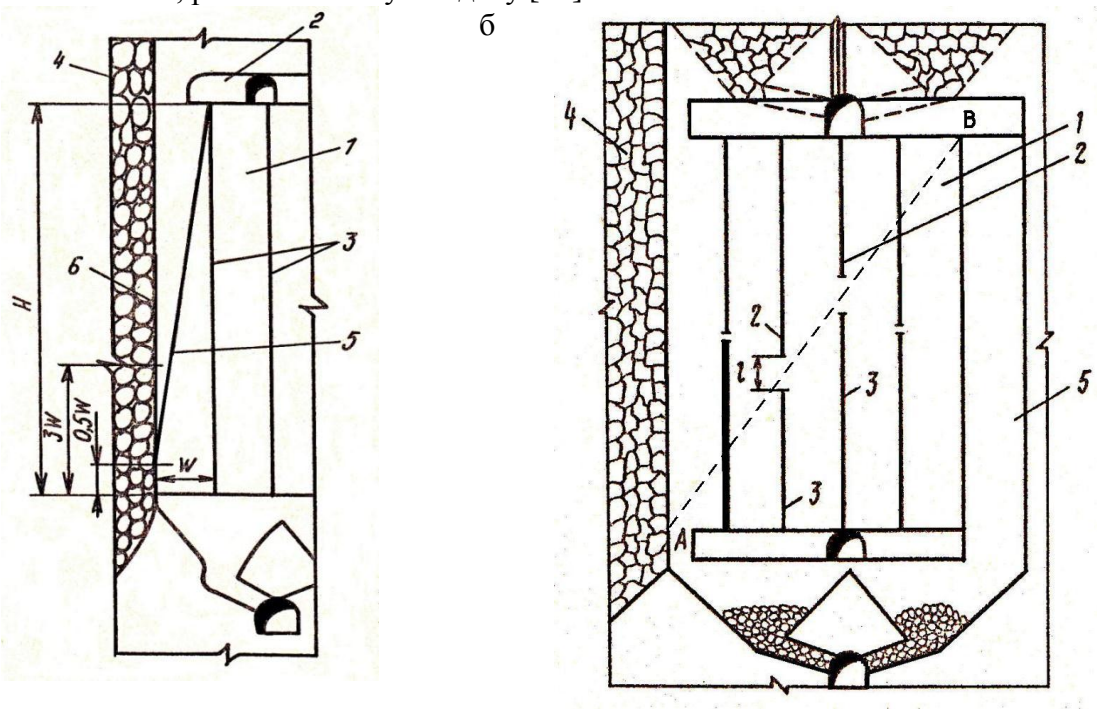
а – взрывной бокс с размещенной в нем физической моделью; б – γ – снимки действия взрыва заряда ВВ в зажатой среде: 1 – зона уплотнения; 2 – зона разрыхления

Рис 7. Результаты экспериментальных взрывов на физических моделях, моделирующих отбойку на зажатую среду [23]

Учитывая достоинства и недостатки известных технических решений [21, 22], а также материалы исследований [23–25], были разработаны пилотные компромиссные технические решения [26, 27], обеспечивающие качественное дробление, разрыхление отбитой горной массы и создание барьерного целика взрывным способом из переуплотненной

руды и МЗС, для снижения потерь и разубоживания рудной массы в процессе выпуска (рис. 8 а, б). Формирование области границы руда – МЗС различной плотности и кусковатости осуществляют за счет дифференцированного распределения энергии взрыва зарядов ВВ и по высоте блока, решая объемную задачу [28].

а б



а – по а.с. № 847443 [23]; б - по а.с. № 800529 [24]

Рис. 8. Схемы способов отбойки полезных ископаемых с формированием барьера из переуплотненной горной породы на контакте рудный блок – МЗС: (1 – 6) - обозначения в тексте

На рис. 8 а показана схема способа отбойки полезных ископаемых [26]. Цель изобретения - снижение потерь и разубоживания руды за счет подпора и уплотнения зажимающей среды. Массив блока из буровых выработок обуривают нисходящими пучками нисходящих скважин до нижней границы блока. Пучки скважин располагают рядами, параллельными границе руда - зажимающая среда. В пучках ближних к границе руда – зажимающая среда часть скважин бурят с наклоном к границе руда – зажимающая среда. Забой наклонных скважин располагают на границе руда – зажимающая среда на высоте от нижней границы блока, определяемой из выражения (0,5÷3,0)W, где W-линия наименьшего сопротивления пучка зарядов ВВ, м. Все скважины заряжают взрывчатыми веществами. Заряды взрывают последовательно в направлении от границы руда - зажимающая среда. При таком алгоритме проектирования схемы взрывания зарядов ВВ на основании исследований [6 – 9, 23 – 25] формируется область повышенной плотности – барьерный целик из переуплотненных пород МЗС и переуплотненной руды (рис. 7). Параметры формируемой взрывным способом области из переуплотненных горных пород аналогичны параметрам барьерного целика [22]. На рис. 8 б изображена схема способа отбойки полезных ископаемых [27]. Целью изобретения также является снижение разубоживания руды при ее выпуске за счет создания барьерного целика из переуплотненной горной породы. Способ осуществляется следующим образом. Массив блока 1 обуривают встречно направленными нисходящими скважинами 2 и восходящими скважинами 3. Забои нисходящих и восходящих скважин, кроме первых от зажимающей среды 4 и компенсационной камеры 5 размещают на диагональной плоскости, соединяющей нижний угол блока со стороны зажимающей среды и верхний - со стороны камеры по линии АВ. Все скважины заряжают ВВ, причем удельный расход ВВ в первом к зажимающей среде ряду восходящих скважин увеличивают в 1,3-1,5 раза по сравнению с удельным расходом ВВ в первом к зажи-

мающей среде ряду нисходящих скважин. Все заряды ВВ взрывают порядно в следующей последовательности: сначала ряды нисходящих скважинных зарядов ВВ в направлении от зажимающей среды к компенсационной камере, затем ряды восходящих скважинных зарядов в обратном направлении.

Таким образом основная идея совершенствования геотехнологии: управление взаимодействием техногенных и природных напряжений направлено на формирование в процессе КЗВ ослабляющих полостей в объеме отбиваемого массива [28], с провоцированием управляемого его самообрушения и снижения затрат на буровзрывной комплекс, и использование высвобождаемой энергии взрыва зарядов ВВ для управления остаточными эффектами взрыва при формировании граничной зоны руда – МЗС дифференцированной плотности и кусковатости, направленное на повышение показателей извлечения

При создании и технико-экономическом обосновании нового варианта разработки базовую геотехнологию комплексно совершенствовали по следующим направлениям:

– повышение эффективности (ресурсосбережения) взрывной отбойки с учетом его НДС;

– внедрение встречно направленного бурения взрывных скважин с недобуром 1÷3 м;

– разновременное взрывание зарядов ВВ в нисходящих и восходящих скважинах;

– формирования границы «отбитая руда - пустая порода» оптимальной (с учетом показателей извлечения) конфигурации и физико-механическими свойствами (плотности, кусковатости и др.) для обеспечения эффективного выпуска отбитого полезного ископаемого при определенном режиме.

.

Выводы

1. Методами математического и физического моделирования показано, что при использовании комбинированной схемы короткозамедленного взрывания «СИНУСОИДА» негативное влияние природных и техногенных напряжений подпора МЗС для обеспечения качественного дробления в основном ликвидируется.

2. Энергия техногенных напряжений в интеграции с природными способствует формированию в синусоидальном массиве такого НДС, при котором возможна реализация ресурсосберегающего механизма взрывного разрушения в поле растягивающих напряжений, призванного обеспечить качественное разрушение области нерегулированного дробления у границы контакта «рудный блок - зажимающая среда».

3. При использовании комбинированной схемы короткозамедленного взрывания «СИНУСОИДА» меняется направление фронта отбойки (по сравнению с применяемой схемой КЗВ), для которого нет необходимости делать энергозатратную подвижку МЗС на всю ширину забоя, что позволит повысить эффективность взрывной отбойки и улучшение показателей извлечения.

4. Снижение показателей потерь и разубоживания осуществляют за счет мелкого дробления руды в потолочине блока. Создание барьеров из плотных и мелкодробленых массивов граничной зоны руда – МЗС (по аналогии с технологией оставления барьерных целиков) снижает вероятность проникновения боковых пород МЗС в эллипсоид выпуска.

5. Экономический эффект (ресурсосбережение) от внедрения мероприятий планируется получить за счет снижения удельного расхода ВВ на отбойку, снижения потерь и разубоживания рудной массы за счет формирования дифференцированной плотности и кусковатости массива границы рудный блок - МЗС, повышения производительности труда на выпуске и доставке горной массы. Повышение промышленной безопасности достигается за счет снижения объемов применяемых взрывчатых материалов и снижения энергии динамических проявлений горного давления, вызываемых сейсмическим эффектом взрыва. Повышение экологической безопасности достигается за счет снижения залповых выбросов ядовитых газов и пыли на поверхность рудников и поселков при снижении массы взрываемых зарядов ВВ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки по контракту № 5.4892.2011

Список литературы

1. Курленя, М.В.Техногенные геомеханические поля напряжений [Текст] / М.В. Курленя, В.М. Серяков, А.А. Еременко. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.

2. Матвеев И.Ф. Управление удароопасностью горного массива изменением параметров взрывной отбойки при разработке железорудных месторождений Сибири [Текст]: Дисс. докт. техн. наук / И.Ф. Матвеев. – Новокузнецк. СибГИУ: 2004. – 324с.

3. Зорин А.Н. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых [Текст] / А.Н. Зорин, Ю.М. Халимендик, В.Г. Колесников. – М.: Недра, 2001. – 385с.

4. Волченко Г. Н. Разработка способов взрывной отбойки рудных блоков с учетом напряженно-деформированного состояния массива [Текст]: Дисс. … канд. тех. наук / Г. Н. Волченко – Новосибирск, ИГД СО РАН – 2003 – 135с.

5. Волченко Г.Н. Геомеханическое обоснование ресурсосберегающих вариантов разработки рудных месторождений системой этажного принудительного обрушения [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.М. Серяков, В.Н. Фрянов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 4. – с.144–154.

6. Именитов В.Р. Одностадийная выемка в мощных рудных месторождениях /В.Р. Именитов, М.Л. Жигалов, А.И. Пустовалов, Н.В. Плакса. М.: Наука. – 1967. – 292с.

7. Шашурин С.Л. Разработка мощных месторождений системами с одностадиной выемкой. /С.Л. Шашурин, Н.В. Плакса, А.П. Леднев. М.: Недра – 1971. – 200 с.

8. Фугзан М.Д. Опыт одностадийной разработки мощных рудных месторождений с массовой отбойкой [Текст]. М.: Недра – 1964. – 133 с.

9. Волченко, Н.Г. Изыскание способов повышения дробящего действия взрыва при отбойке массива на зажимающую среду: дис. канд. техн. наук / ИФЗ им. О.Ю. Шмидта АН СССР. – М, 1974. – 142 с.

10. Ревуженко А.Ф. Горная порода – среда с внутренними источниками и стоками энергии. Сообщение 1. [Текст] // Физико–технические проблемы разработки полезных ископаемых. –1990. – №4. – С. 14 – 21.

11. Волченко Г.Н. Энергоресурсосберегающие технологии взрывной отбойки напряженных пород на рудниках. Моногр. [Текст] / Г.Н. Волченко. Сиб. гос. инд.ун. – Новокузнецк: СибГИУ, 2010. – 238с.

12. Серяков В. М. Перераспределение напряжений в рудном блоке при отбойке [Текст] // В.М. Серяков, Г.Н. Волченко – ФТПРПИ. – 2003. – № 1. – С. 18-24.

13. Серяков В. М. Геомеханическое обоснование параметров скважинных зарядов при отбойке напряженного массива [Текст] // В. М. Серяков, Г. Н. Волченко, А. В. Серяков – ФТПРПИ. – 2003. – № 5. – С. 23-29.

14. Серяков В. М. Геомеханическое обоснование схем отбойки рудных блоков, учитывающих перераспределение статического поля напряжений при короткозамедленном взрывании [Текст] // В. М. Серяков, Г. Н. Волченко, А. В. Серяков – ФТПРПИ. – 2005. – № 1. – С. 46-52.

15. Волченко Г.Н. Исследование влияния предразрушения горных пород на снижение энергоемкости взрывного дробления [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.Н. Фрянов, В.М. Серяков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ВостНИИ. – 2011.- №1. – с. 19 – 31.

16. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике [Текст]/ О. Зенкевич. М.: – Мир,1975. – 350с

17. Пат. 2175434 Россия, МКИ[3] F42 D 3/04. Способ разрушения целиков [Текст] / Г. Н. Волченко, Н. Г. Волченко, П. А Филиппов и др. ВостНИГРИ. – 200102245/03; заявл. 28.01.2000; опубл. 27.10.2001, Бюл. №30.- 4 с.: 1ил.

18. Пат. 2360117 Россия, МПК[7] E21C 41/22. Способ разрушения целиков /Г.Н. Волченко, Н.Г. Волченко, В.Н. Фрянов, В.М. Серяков и др. СибГИУ – 2008104454; заявл. 05.02.2008; опубл.27.06.2009, Бюл. №18. – 6с.: 3 ил.

19. А. с. 1540434 СССР. МКИ[1] Е 21 С 41/06. Способ выемки целиков [Текст]/ Г. Н. Волченко, ВостНИГРИ. – № 4428931; заявл. 23. 05. 1988, опубл. 22.10.89.

20. Шрепп Б.В. Управление геомеханическими процессами при разработке мощных удароопасных месторождений изменением геометрии и формы выработанного пространства [Текст]: дис. …докт. техн. наук / ИГД СО РАН. – Новосибирск, 1996. – 271 с.

21. Шеховцов В.С. Создание технологии разработки сложноструктурных залежей под мощными рыхлыми отложениями с защитным слоем руды [Текст]: дис. …докт. техн. наук / ИГД СО РАН. – Новосибирск, 1997. – 308 с.

22. Филиппов П.А. Совершенствование технологии подземных работ на Шерегешском руднике [Текст]/ П.А. Филиппов, В.Н. Филиппов, В.В. Дорогунцов и др.// Горный журнал. - М.: Недра – 1992. – №6. – С. 7 – 11.

23. Волченко Н.Г. Поведение материала при взрывном нагружении в зажатых условиях [Текст] / Н.Г. Волченко // Исследование физико-механических свойств и взрывного способа разрушения горных пород. – М.: Наука, 1970. – 203 с.

24. Волченко Н.Г. Влияние геометрии расположения скважинных зарядов и схем КЗВ на показатели дробления массива в зажиме// Физико–технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1977. – №5. – с.57– 63.

25. Волченко Н.Г. Разрушение массива в зоне взрывной воронки / Волченко Н.Г., Блинов А.А., Емельянов В.П., Афанасенко Г.В.// Исследование технологии и определение параметров разработки рудных месторождений; ИФЗ им. О.Ю. Шмидта АН СССР. – М.: Наука, 1971.- с.126-133.

26. А.с. 1595164 СССР. МКИ[1] Е 21 С 41/22. Способ отбойки полезных ископаемых [Текст] / Г. Н. Волченко, В.В. Гончаров, Н.Г. Волченко, Е.М. Кожевников. ВостНИГРИ. - №4666057/27-03; заявл. 24.03.89. (ДСП).

27. А.с. 1489241 СССР. МКИ[1] Е 21 С 41/06. Способ отбойки полезных ископаемых в подземных условиях [Текст] / Г. Н. Волченко, А.В. Дорошин, В.В. Болденков, Е.М. Кожевников, В.В. Лялько. ВостНИГРИ. - №4286268/23-03; заявл. 20.07.87. (ДСП).

28. Зубков А.В. Разработка методов управления горным давлением как основа решения трехмерных задач [Текст]: дис. …докт. техн. наук / ИГД СО РАН. – Новосибирск, 1990. – 271 с.

УДК 622.233:622.235:622.831

ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТА ПОДЗЕМНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ЭТАЖНОГО УПРАВЛЯЕМОГО САМООБРУШЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

[1]Волченко Г.Н., [1]Фрянов В.Н., [2]Серяков В.М., [1]Волченко Н.Г.

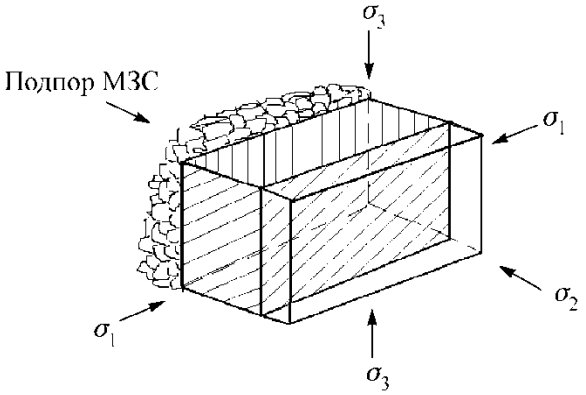
1 – ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

2- Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия

На подземных рудниках Западно-Сибирского металлургического комплекса применение системы этажного обрушения предполагает отбойку пород основного массива рудного блока (коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодъяконова f = 10

÷ 18) короткозамедленным взрыванием (КЗВ) рядов пучковых скважинных или скважинных и концентрированных (минных) зарядов ВВ, расположенных в восстающих горных выработках (вертикальные концентрированные заряды – ВКЗ). При этом отбойку осуществляют по специальным проектам, с одной стороны на компенсационные камеры различной формы, с другой – на породы ранее обрушенного блока, называемые массивом зажимающей среды (МЗС). Последними ступенями КЗВ разрушают междуэтажные целики – потолочины. Данная усовершенствованная система разработки, предложенная в результате успешного сотрудничества ИГД СО РАН, ВостНИГРИ, рудников филиалов ОАО "Евразруда", является техническим компромиссом между этажно-камерной и одностадийной с отбойкой руды на МЗС системами разработки. Она характеризуется положительными качествами обеих технологий: удовлетворительная устойчивость выработок в условиях действия высоких напряжений, достаточная компенсация полостей для качественного дробления руды и эффективного выпуска, высокая производительность и безопасность процессов очистной выемки и др. [1].

В зоне очистной выемки для Таштагольского, Шерегешевского, Абаканского месторождений Алтае-Саянского региона соотношение значений главных напряжений следующее $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 3.3 \div 5.2 : 2.8 \div 3.8 : 1$. При этом $\sigma_{\max} = \sigma_1$ и действует вкрест простирания рудного тела, σ_2 – по простиранию, σ_3 – вертикально, формируется за счет веса налегающих пород и равно γH, где γ – объемный вес налегающих пород; H – глубина отработки. Все три главных напряжения линейно увеличиваются с глубиной на 4 МПа на каждые 100 м [1, 2]. Взрываемый блок (панель) примыкает торцами к массиву горных пород и находится под действием максимальных сжимающих напряжений, направленных вкрест простирания рудного тела. По длине панели, обусловливаемой мощностью рудного тела, блок граничит с одной стороны с ранее обрушенным блоком, что обуславливает действие техногенных напряжений от подпора МЗС, а с другой – с компенсационными полостями различной формы, что разгружает блок от напряжений σ_2. При обычно применяемых схемах КЗВ, когда первыми ступенями замедления формируют компенсационное пространство на всю длину блока и осуществляют подвижку материала зажимающей среды, напряжение σ_2 в блоке практически обращается в ноль. Днище блока разгружается от напряжения σ_3, создаваемое весом обрушенных пород, выработками подсечки. Поэтому упрощенно блок перед массовым взрывом можно рассматривать как параллелепипед (рис. 1), находящийся в условиях одноосного сжатия, где максимальная составляющая тензора напряжений $\sigma_{\max} = \sigma_1$ и действует со стороны вмещающих пород [3].



$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – направление действия главных напряжений;
МЗС – материал зажимающей среды

Рис. 1. Схема геомеханического состояния панели технологического блока

Так как максимальные сжимающие напряжения $\sigma_{\max}$ ориентированы вкрест простирания рудного тела, а их значения достигают $5\gamma H$, то это существенно влияет на ре-

зультаты взрывного дробления массива из-за усиления геомеханического воздействия между зарядами ВВ в рядах, и особенно в ближайшем к МЗС ряде.

При этом снижается дробящее действие взрыва по линии наименьшего сопротивления. В результате формируется область неразрушенного массива на границе "рудный блок – МЗС" в виде плиты. Это подтверждают и проведенные эксперименты на физических моделях [3].

Оценка энергонасыщенности литосферы [4, 5] показывает, что мощность длительных тектонических и кратковременных сейсмологических процессов в литосферных участках месторождений соизмерима с мощностью электростанций и ядерных взрывов. Из практики известно, что в случае накопления в твердой среде значительной по величине упругой энергии (например, в результате предварительного сжатия) часто фиксируется самопроизвольное разрушение материала среды. При разработке месторождений на больших глубинах это проявляется в форме горных ударов. Взрывные работы часто являются инициаторами горных ударов, это подтверждается исследованиями по определению энергии возникающих динамических событий в шахтах, вызванных горными ударами различного типа. Можно отметить, что энергия зафиксированных горных ударов соизмерима с потенциальной энергией ВВ, применяемых для осуществления массовых взрывов [1, 2].

Таким образом, можно обоснованно ставить научную задачу об активном управлении НДС на участках месторождений, в том числе тектоническими и сейсмическими процессами, путем использования энергии НДС горного массива для решения производственных задач. В частности, необходима разработка инженерных способов уменьшения концентрации напряжений в различных элементах систем разработки для обеспечения их устойчивости, поиск и обоснование новых способов использования энергии деформации, запасенной в массиве, для повышения эффективности разрушения горных пород при взрывной отбойке [6].

Совершенствование системы разработки на рудниках осуществлялось за счет повышения устойчивости ее элементов в соответствии с изменением напряженно-деформированного состояния (НДС) отрабатываемого массива. Классическая система разработки этажным принудительным обрушением на Таштагольском руднике трансформировалась в систему этажного принудительного обрушения со сплошной отбойкой в полузажатой среде на эллипсовидные отрезные камеры, с криволинейным вогнутым забоем, низкой (арочной) подсечкой, с буровым горизонтом, опущенным на 10 – 12 м ниже верхнего откаточного горизонта [1] (рис. 2). Однако при этом не в полной мере решались задачи, направленные на создание ресурсосберегающих геотехнологий подземной добычи железных руд за счет использования внутренней энергии массива для взрывной отбойки, при эффективном взаимодействии природных и техногенных напряжений.

Применяемая схема короткозамедленного взрывания зарядов ВВ при массовом взрыве технологического блока осталась в основном без изменений. Отбойка ведется прямыми рядами зарядов ВВ на компенсационные камеры и МЗС. Заряды ВВ в прямолинейном ряду взрывают через один по методике дифференцированного использования энергии взрывов зарядов ВВ при короткозамедленном взрывании [7]. При данном ориентировании фронта отбойки зарядов ВВ и направления действия максимальных сжимающих напряжений $\sigma_{\max} = \sigma_1$ с торцов блока это ведет к снижению дробящего эффекта взрыва, что создает технологические проблемы при выпуске руды, снижает показатели извлечения полезного ископаемого, приводит к снижению безопасности труда [3].

Возможность управляемого использования энергии исходного поля напряжений для хрупкого разрушения горных пород в рамках системы разработки этажного обрушения обоснована большим объемом ранее выполненных исследований [3 – 19]. Геомеханический анализ предлагаемой технологии с помощью математического и физического моделирования приведен в работах [3, 11, 15– 17], где исследовалась комбинированная схема короткозамедленного взрывания зарядов ВВ "синусоида" по патенту РФ № 2175434 (рис.

3) [20]. Методика проектирования схемы КЗВ “синусоида” представляет алгоритм проектирования параметров БВР и очередности взрывания вертикальных зарядов ВВ на всю высоту основной части отбиваемого блока (панели) в горизонтальной плоскости и разработана с учетом действия горизонтальных напряжений $\sigma_{max} = \sigma_1$ и σ_2.

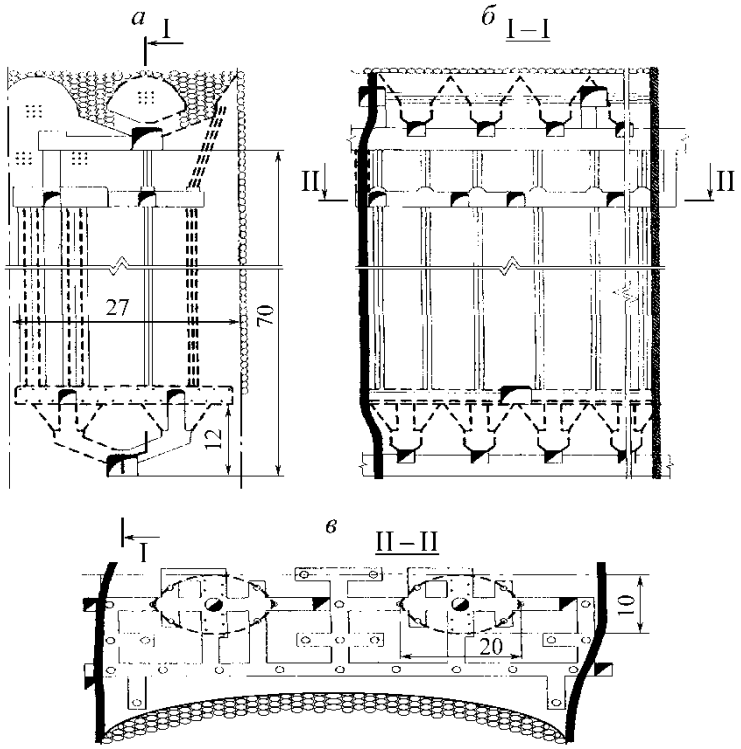
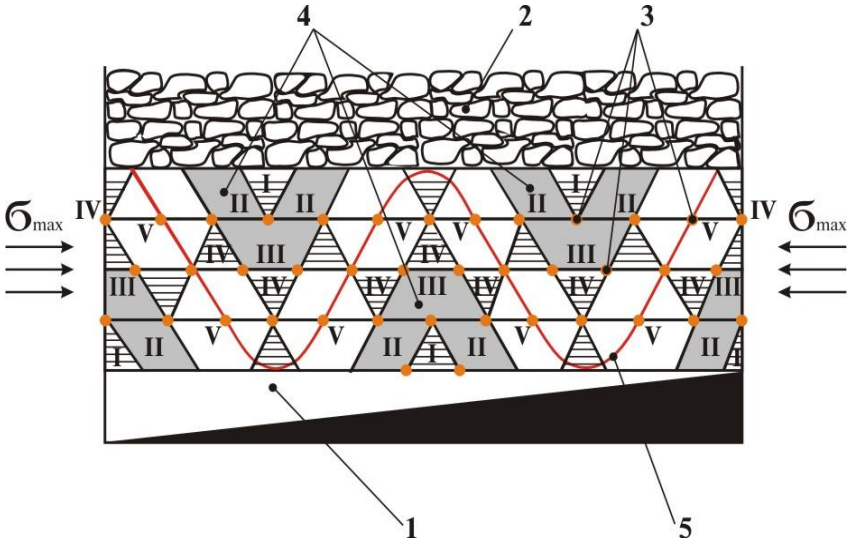


Рис. 2. Система этажного обрушения со сплошной отбойкой в полузажатой среде на эллипсовидные отрезные камеры (вертикальные разрезы): *а* – по простиранию; *б* – вкрест простирания рудного тела; *в* – план бурового горизонта



1 – компенсационная камера; 2 – МЗС; 3 – пучки сближенных скважин; 4 – ослабляющие полости; 5 – массив блока синусоидальной формы; 0…V- очередность взрывания; σ_{max} - максимальные сжимающие напряжения

Рис. 3. Схема расположения и взрывания пучковых зарядов ВВ по патенту РФ 2175434

В настоящей работе предлагаются геомеханическое обоснование подземной геотехнологии при этажном обрушении с дифференцированным взрыванием зарядов ВВ в объеме технологического блока, т.е. дифференциация параметров БВР не только по горизонтальной площади отбиваемого блока, но и по его высоте, с учетом действия полного тензора напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.

На рис. 4 представлена характерная, полученная поляризационно–оптическим моделированием в ИГД СО РАН [14], геомеханическая ситуация отработки блока на стадии ведения очистных работ (при развороте воронок, образовании отрезной щели и подсечки) перед массовым обрушением панели и потолочины для Шерегешевского месторождения.

а б

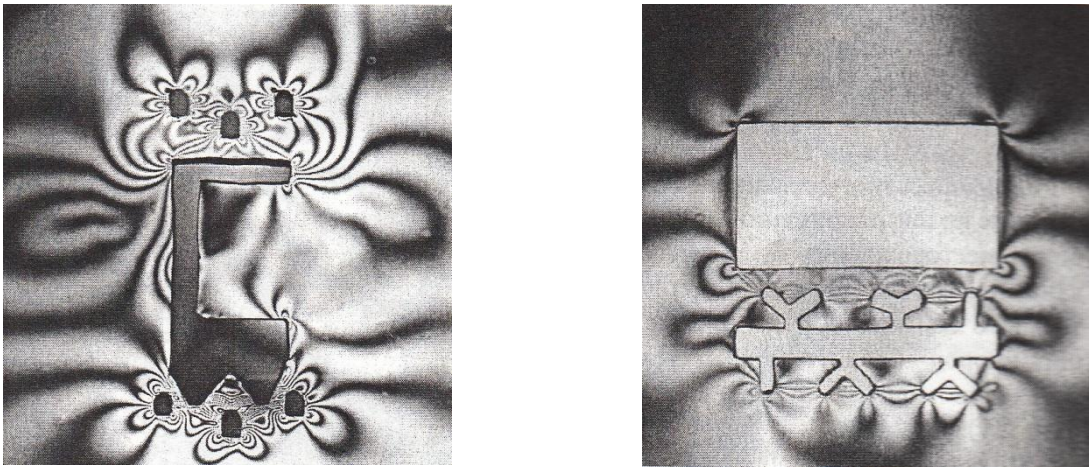


Рис. 4. Картина изохром максимальных касательных напряжений в модели блока для системы этажного обрушения [14]: *а* – вертикальный разрез; *б* – горизонт выпуска

Анализ картин изохроматических линий позволил отметить следующее. Массив блока по высоте (панель) испытывает различные нагрузки: от растягивающих до сжимающих (рис. 4 а). Это обуславливается наличием свободных поверхностей со стороны компенсационной камеры и подсечки блока. Максимальные значения касательных напряжений концентрируются в днище блока и выработках выпуска руды (рис. 4 б). Отбойку панели блока осуществляют, в основном, зарядами ВВ, которые размещают в нисходящих пучках, состоящих из 6-12 скважин диаметром 105 мм, глубиной до 50 м. При этом дифференцирование массы зарядов ВВ с учетом НДС массива блока по высоте не осуществляется, что ведет к не эффективному распределению энергии взрыва зарядов ВВ и некачественному дроблению полезного ископаемого при его отбойке.

С целью повышения эффективности буровзрывных работ, улучшения промышленной безопасности за счет снижения расхода ВВ при обеспечении равномерности дробления и сохранности выработок днища блока разработано техническое решение [21] по а.с. № 1289125 (рис. 5). Способ осуществляется следующим образом. Отбиваемый блок обуривают рядами пучков вертикальных скважин I – VII. Скважины заряжают ВВ и средствами взрывания. Отбойку блока осуществляют одновременно вертикальными I – VII и горизонтальными слоями 3, 5 на свободные поверхности: 1 – МЗС, 2 – компенсационная камера, 4 – подсечное пространство. Причем отбойку горизонтальных слоев осуществляют взрыванием с внутрискважинным замедлением. Направление отбойки принимают от флангов к центру блока и снизу вверх. Каждый последующий слой отбивают с замедлением по отношению к предыдущему. Предпосылки совершенствования известных технологий основываются на том, что с появлением новых систем инициирования (неэлектрические системы инициирования, электродетонаторы с электронным замедлением и др.) по-

явилась возможность осуществлять согласование параметров БВР с НДС отбиваемого массива, за счет дифференцированного взрывания зарядов ВВ по высоте блока.

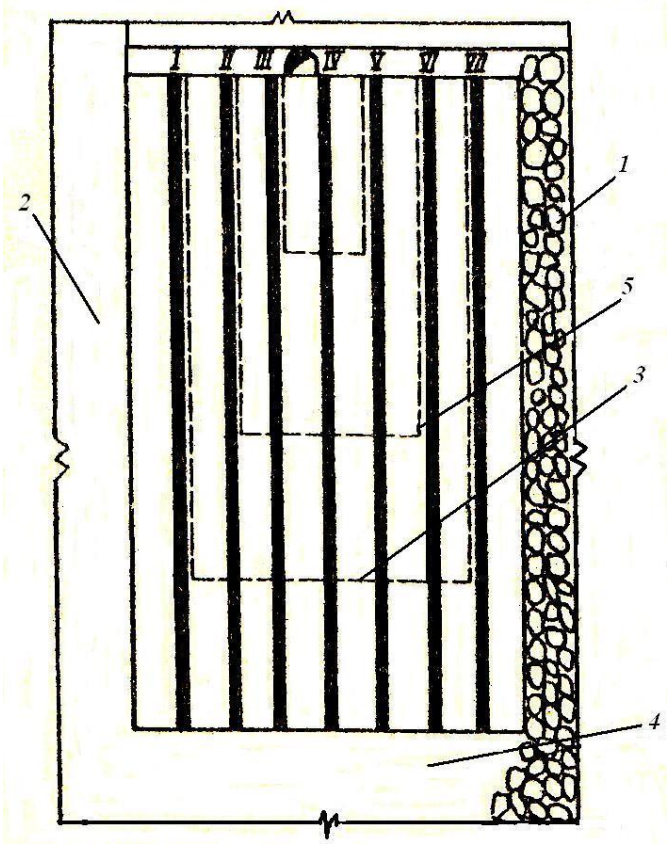


Рис. 5 – Способ взрывной отбойки полезных ископаемых по а.с. № 1289129

Однако при бурении нисходящих скважин маркшейдерскими методами зафиксированы отклонения отдельных скважин на 7 м от вертикали. Обычно, расстояние между пучками скважин равно 4 – 6 м. Таким бразом, после обуривания добычного блока пучками образуется массив пронизанный скважинами, которые и пересекаются, и чрезмерно сближены, и проникают в зону не только ближнего пучка, но и дальнего. Отсутствие информации об отклонении скважин делает проектирование массового взрыва приближенным, а взрывание зарядов плохо прогнозируемым, с вероятностью возникновения отказов.

Наиболее эффективным на данный момент является способ отбойки полезных ископаемых в подземных условиях, позволяющий повысить точность обуривания за счет уменьшения длины взрывных скважин при их встречно - направленном расположении. Ряды нисходящих и восходящих скважин формируют с перебуром (на 1÷3 м) в центральной части блока по вертикали. После заряжания их зарядами ВВ осуществляют КЗВ рядов с одновременным инициированием зарядов ВВ в нисходящих и восходящих скважинах (вариант Абаканского рудника). Недостатком указанного способа является нерациональное использование энергии взрыва донных частей зарядов ВВ в нисходящих и восходящих скважинах, так как при их одновременном взрывании массив в зоне перебура сильно переизмельчается. При этом имеют место значительные сейсмические и динамические нагрузки на выработки днища блока, что иногда ведет к их преждевременному разрушению и потерям руды в блоке.

С целью ликвидации этих недостатков разработан новый способ отбойки полезных ископаемых в подземных условиях [22]. Сущность способа поясняется рис. 6.

Исходя из опыта ведения взрывных работ, расчетным способом, либо экспериментальными взрывами [23] определяют величину л.н.с. донных частей пучковых зарядов ВВ (Wт) в нисходящих скважинах 2 первого ряда со стороны МЗС 3 и в нисходящих скважи-

нах 4 со стороны компенсационной камеры (КК) 5. Определение величины *W*т необходимо для обоснования величины недобуров в центральной части блока 1 по вертикали.

До стадии проектирования блока определяют (расчетом, экспериментально) величину угла створа взрывной воронки α при взрыве зарядов ВВ в восходящих скважинах 6, 7 в вертикальной плоскости, в первых рядах со стороны МЗС 3 и КК 5. Однако исследования показывают, что воронка заряда ВВ нормального дробления в вертикальной плоскости составляет 135° [24].

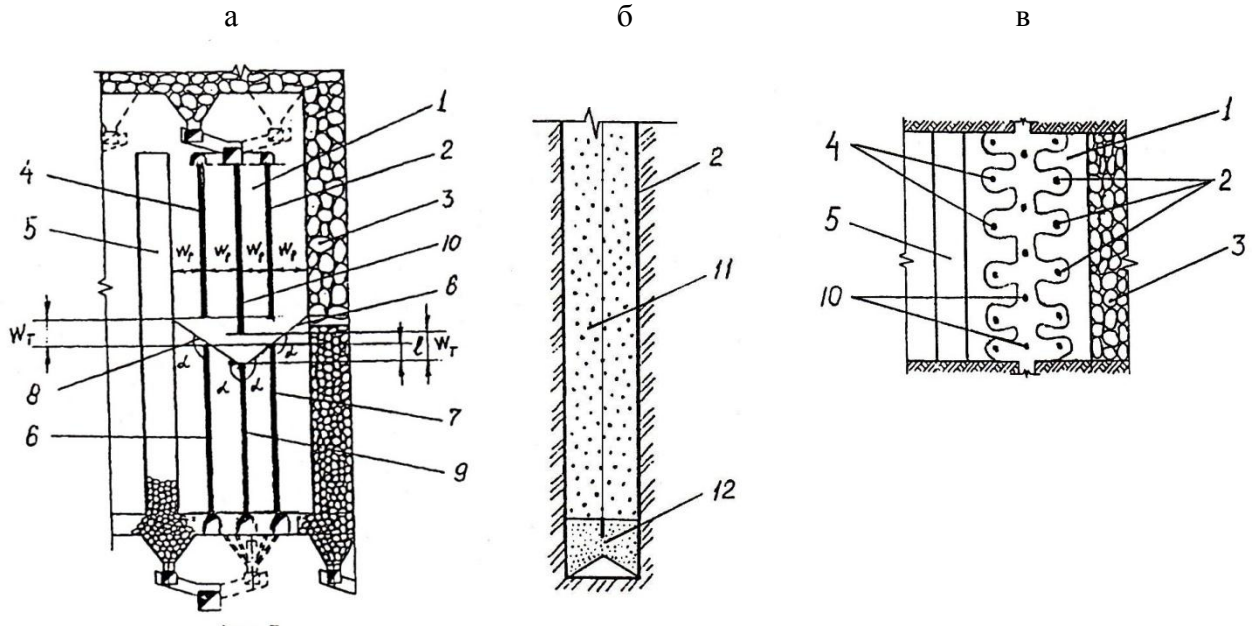


Рис. 6. Способ отбойки полезных ископаемых в подземных условиях по патенту РФ на изобретение № 2232892: а – вертикальный разрез блока по простиранию рудного тела; б – конструкция комбинированных зарядов ВВ нисходящих скважин; в – горизонтальный разрез на уровне верхнего бурового горизонта

После определения величины $W_т$ и α приступают к обуриванию блока, причем первый ряд встречно направленных пучков нисходящих 2 и восходящих 7 скважин диаметром 105 мм со стороны МЗС 3 и первый ряд встречно направленных нисходящих 4 и восходящих 6 со стороны КК 4 бурят одинаковой длины с заранее определенной величиной недобура $W_т$ (величина л.н.с. донных частей зарядов ВВ в нисходящих скважинах). В каждом последующем ряду от первого со стороны МЗС 3 и КК 5 до центрального ряда восходящие скважины 9 бурят длиной, уменьшающейся на величину $l = W\text{р} \bullet tq\ (\alpha - 90°)$, где *W*р - л.н.с. пучковых зарядов ВВ ряда; α - угол створа взрывной воронки восходящих скважин 6, 7 первых рядов со стороны ЗС и КК в вертикальной плоскости, перпендикулярной линии расположение зарядов ВВ в рядах.

Это соотношение определено из геометрической схемы на рисунке 6 а при условии раскрытия створа взрывной воронки нормального дробления в вертикальной плоскости при взрыве зарядов ВВ в последующих до центрального ряда восходящих скважин 6,7. Нисходящие скважины при условии постоянной величины недобура Wт в каждых последующих рядах до центрального 10 бурят соответственно на величину $l = W\text{р} \bullet tq\ (\alpha - 90°)$ глубже. При этом участки недобуров в вертикальной плоскости формируются V - образной формы. После завершения обуривания блока производят зарядку скважин взрывчатым веществом 11, причем нисходящие скважины 2, 4, 10 заряжают комбинированными зарядами ВВ с размещением в донных частях зарядов ВВ направленного действия 12 со средствами взрывания (рис. 6б). В качестве зарядов ВВ направленного действия рекомендуется использовать профилированные кумулятивные заряды (ПКЗ) [25, 26]. После заряжания скважин ВВ осуществляют монтаж электровзрывной сети таким образом, чтобы в

процессе массового взрыва с применением КЗВ заряды ВВ в восходящих скважинах 6, 7, 9 в каждом ряду взрывались с опережением по отношению к зарядам ВВ в смежных нисходящих рядах скважин 2, 4,10.

В первую очередь инициируют заряды ВВ в восходящих скважинах 6 первого ряда со стороны КК 5 и заряды ВВ в восходящих скважинах 7 первого ряда со стороны МЗС 3. При этом образуются взрывные воронки 8 в вертикальной плоскости с углом створа α = 135 °. Следующими ступенями замедления взрывают заряды ВВ в первых рядах нисходящих скважин 2 и 4 со стороны КК 5 и МЗС 3. Заряды ВВ 2 работают на МЗС 3 по л.н.с. ряда *W*р, а также своей донной (торцевой) частью по л.н.с. $w_т$ на нижележащую плоскость обнажения под углом α, сформировавшуюся от предыдущего взрыва зарядов ВВ 7. А заряды ВВ 4 работают (дробят массив полезного ископаемого) на КК 5 по л.н.с. ряда *W*р и своей донной частью по л.н.с. $w_т$ на нижележащую плоскость обнажения 8, полученную от предыдущего взрыва зарядов ВВ 6. В третью очередь взрываются заряды ВВ центрального восходящего ряда 9, который работает по л.н.с. ряда Wр, на две противоположные поверхности, полученные от взрыва зарядов ВВ 6 и 7. В четвертую, последнюю очередь, инициируются заряды ВВ центрального нисходящего ряда 10, которые работают по л.н.с. *W*р на две противоположные поверхности обнажения, полученные от взрыва зарядов 2, 4, а донные части зарядов ВВ 10 работают по л.н.с. $w_т$ на *V* - образный целик, оставшийся после взрыва зарядов ВВ 2, 4, 6, 7, 9.

При КЗВ зарядов ВВ в восходящих скважинах в каждом ряду с опережением по отношению к зарядам ВВ в смежных нисходящих рядах скважин формируется дополнительная плоскость обнажения под углом α**,** подготавливающая эффективное дробление участков недобура взрывом комбинированных зарядов ВВ в нисходящих скважинах. При детонации ПКЗ основным зарядом ВВ реализуется эффект осевой цилиндрической канальной кумуляции с опережающим крутым фронтом ударной волны в осевой полости, вслед за которой формируются центральные кумулятивные струи. Суммарное воздействие на торец скважины канальной и центральной кумулятивных струй обеспечивает максимальный разрушающий эффект, за счет чего обеспечивается надежность проработки донной части зарядов ВВ нисходящих скважин по линии л.н.с. $w_т$, а также возможность увеличения ее величины до 5м.

При этом поэтапная отбойка по высоте блока призвана снизить сейсмическое и динамическое воздействие на выработки днища блока, т.к. количество ВВ взрываемого в одной ступени замедления по сравнению с известными способами снижается почти в два раза, что снижает интенсивность взрывосейсмических волн. Аналогично снижаются и динамические воздействия из-за снижения объемов отбиваемой руды в одной ступени замедления.

Для испытания предлагаемой технологии разработана проектная документация на отбойку блока № 5 участка «Болотный» в этаже 255-325м. Расчетный экономический эффект от снижения объемов бурения и расхода ВВ составляет 0,15 руб. на тонну отбиваемой руды (в ценах 2000 года).

Дальнейшее совершенствование системы разработки этажного обрушения, с учетом разработанных научных положений, должно быть направлено на использование для разрушения полезного ископаемого альтернативной энергии природных гравитационно-тектонических напряжений, возникающих в разрушаемом массиве на больших глубинах при их эффективном взаимодействии (синтезе) с техногенными напряжениями (напряжения при взрыве зарядов ВВ, подпор МЗС и др.). Используя аналогию, необходимо научиться управлять «нажатием на спусковой крючок» при массовом обрушении [1] технологического блока для искусственного провоцирования динамических явлений в разрушаемом массовым взрывом массиве. При этом необходимо планомерно и обоснованно снижать объем промышленных ВВ и замещать их энергию в общем балансе энергии разрушения полезного ископаемого альтернативной энергией горного давления [10–13].

При конструировании новой системы разработки необходимо обосновать такие параметры системы, при которых больший объем горного массива технологического блока самообрушался за счет управления его НДС. Взрывные работы используют для создания в технологическом блоке ослабляющих полостей (врубов) в определенной комбинации для максимального разрушающего воздействия на основной объем горной породы природных и техногенных полей напряжений различной природы. Расчеты и эксперименты показывают, что суммарная энергия этих полей обеспечивает процесс саморазрушения технологического блока [13, 15– 17]. На рис. 7 а показаны результаты моделирования НДС блока при асимметричном расположении врубов, для его разрушения методом «качания» [13], при котором возникают критические касательные напряжения от действия $\sigma_3 = \gamma H$.

На рис. 7 б, в показаны аналогичные результаты, полученные методом математического моделирования (метод конечных элементов) в работах [15– 17]. На рис. 7 б изображена закономерность распределения изолиний максимальных касательных напряжений в рудном блоке при ассиметричном расположении врубов. На рисунке 7 в показана закономерность распределения главных напряжений σ_1, на последнем этапе формирования синусоидального массива. Анализ рис. 7 в показывает, что даже в квазистатическом, не учитывающем динамические воздействия от взрыва зарядов ВВ, решении, при определенных условиях, в синусоидальной части модели возникают растягивающие напряжения σ_1, превосходящие заданный предел прочности материала. Это предполагает возможность разрушения модели по заданным критериям, без взрыва зарядов ВВ последних ступеней замедления.

Для подтверждения закономерностей, полученных методом математического моделирования [15 - 17], проводилась серия экспериментальных взрывов на физических моделях (рис. 8) без взрывания центрального синусоидального ряда зарядов ВВ (удельный расход ВВ q = 3,37 кг/м^3) при различных значениях статической нагрузки на модель по методике, подробно описанной в работе [3].

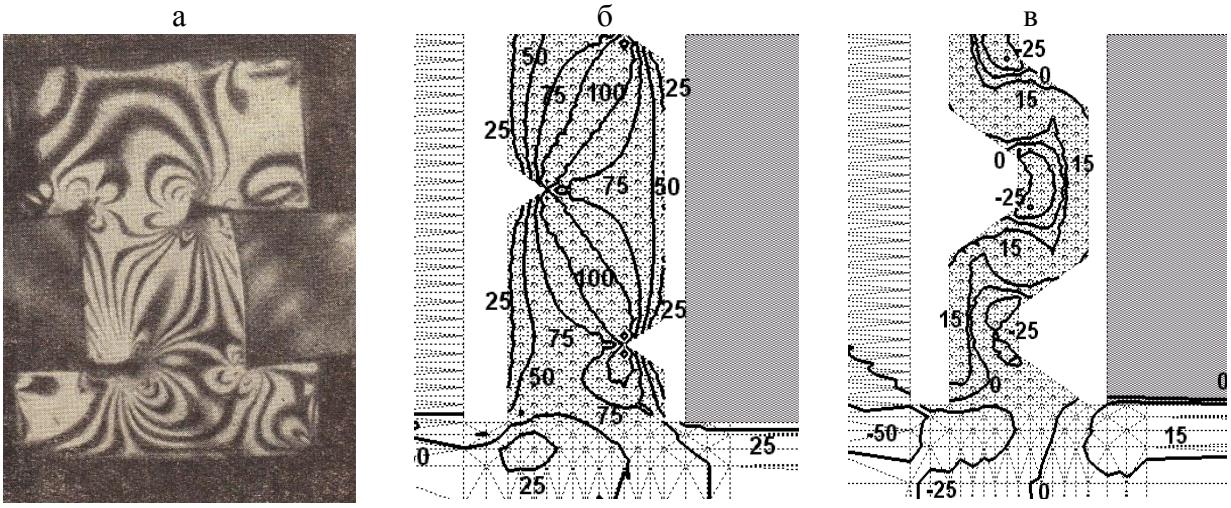


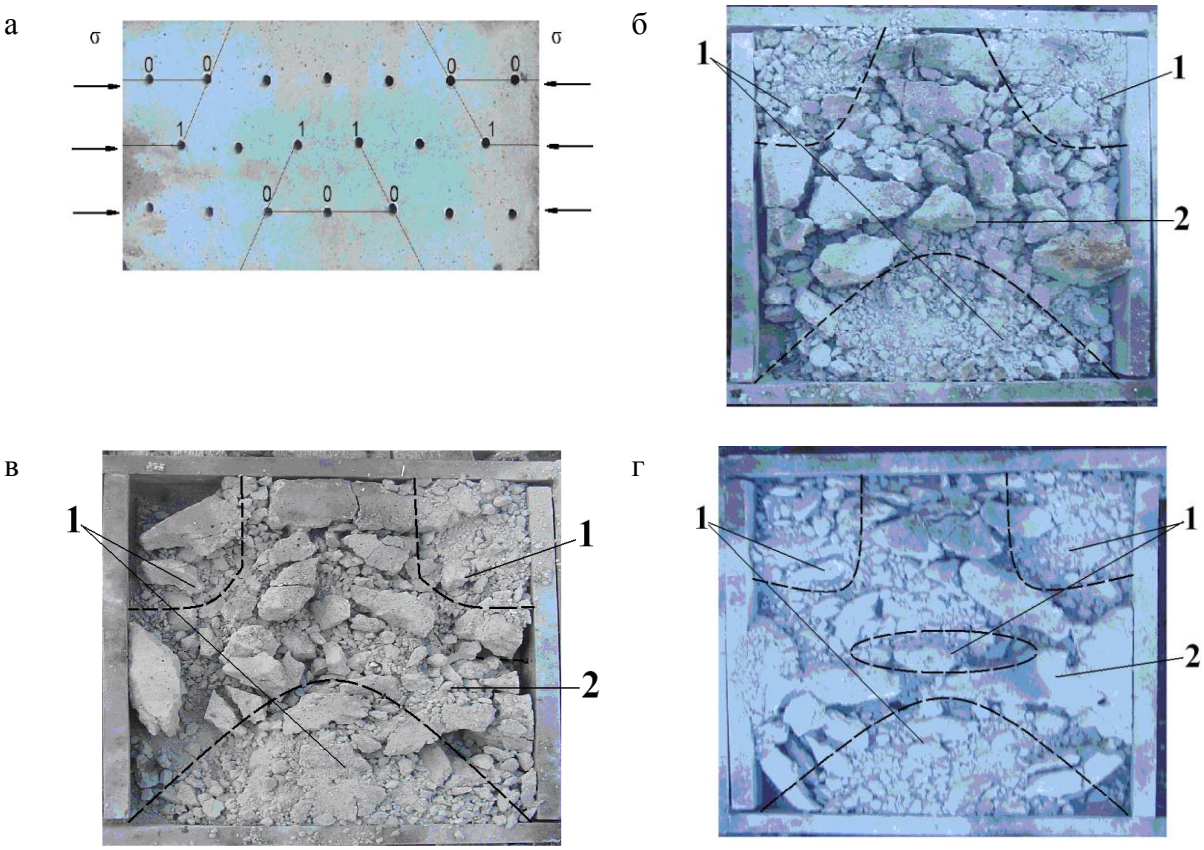
Рис.7. Результаты моделирования НДС технологического блока под действием $\sigma_3 = \gamma H$ различными методами: а - поляризационно–оптический [10], б, в – математический [12– 15]

В данных экспериментах моделировался процесс управляемого самообрушения модели, за счет эффективной интеграции статических напряжений (моделирующие природные напряжения) и техногенных напряжений, вызванных взрывами зарядов ВВ.

В схеме КЗВ «синусоида» за счет первоначального образования ослабляющих полостей взрывом зарядов ВВ одинаковой ступени замедления, расположенных (ассиметрично) с противоположных границ блока в шахматном порядке, происходит формирова-

ние обширных полей касательных динамических напряжений, призванное осуществлять первоначальное образование кластеров микронарушений на первых стадиях предразрушения [12].

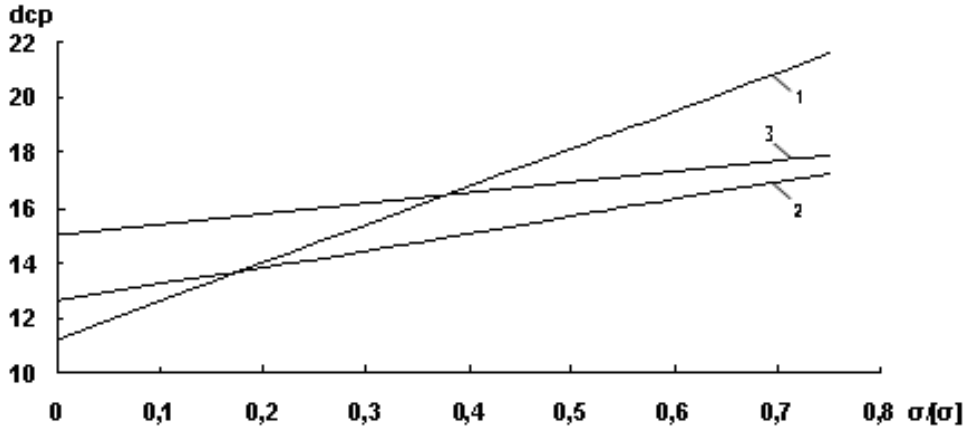
При малых значениях сжимаемой статической нагрузки (рис. 9) [3], процесс предразрушения синусоидальной части модели за счет зарождения и развития микродефектов с последующим формированием макроразрушений малоэффективен (диаметр среднего куска $d_{ср} = 15{,}1 \cdot 10^{-3}$м), на что указывает графическая зависимость 3.



1 – участки модели разрушенные взрывами зарядов ВВ; 0 и 1 ступени замедления;
2 – результат саморазрушения незаряжаемой синусоидальной части массива

Рис. 8. Схема эксперимента и результаты разрушения напряженных моделей: а – схема эксперимента; б, в, г – закономерности разрушения моделей при сжимающей нагрузке $\sigma = 0$; $\sigma = 0{,}35[\sigma]_{сж}$; $\sigma = 0{,}75[\sigma]_{сж}$ соответственно

Однако анализ гранулометрического состава показывает, что степень дробления моделей ($d_{ср}$) без взрывания центрального синусоидального ряда зарядов ВВ с увеличением нагрузки $\sigma_{max} > 0{,}65[\sigma]$ приближается к степени дробления подобных моделей при осуществлении взрывания центрального синусоидального ряда зарядов ВВ (удельный расход ВВ $q = 6{,}12$ кг/м^3) в общей схеме КЗВ (зависимость 2). В данном случае можно предположить, что при увеличении нагрузки на модель, снижается дробящее действие взрыва зарядов ВВ центрального синусоидального ряда. Можно предположить, что энергия взрыва расходуется не на дополнительное дробление, а на разброс дезинтегрированной (диспергированной), за счет процессов предразрушения синусоидальной части массива модели. Известно, что при увеличении сжимающей нагрузки, увеличивается взаимодействие зарядов ВВ, взрываемые одной ступенью замедления, по линии приложения нагрузки. Это указывает на то, что для поддержания дробящего эффекта необходимо избегать указанных случаев, при этом целесообразно дифференцировать (снижать) значения интервалов времени замедления взрыва зарядов ВВ в областях предразрушения с учетом НДС [12].



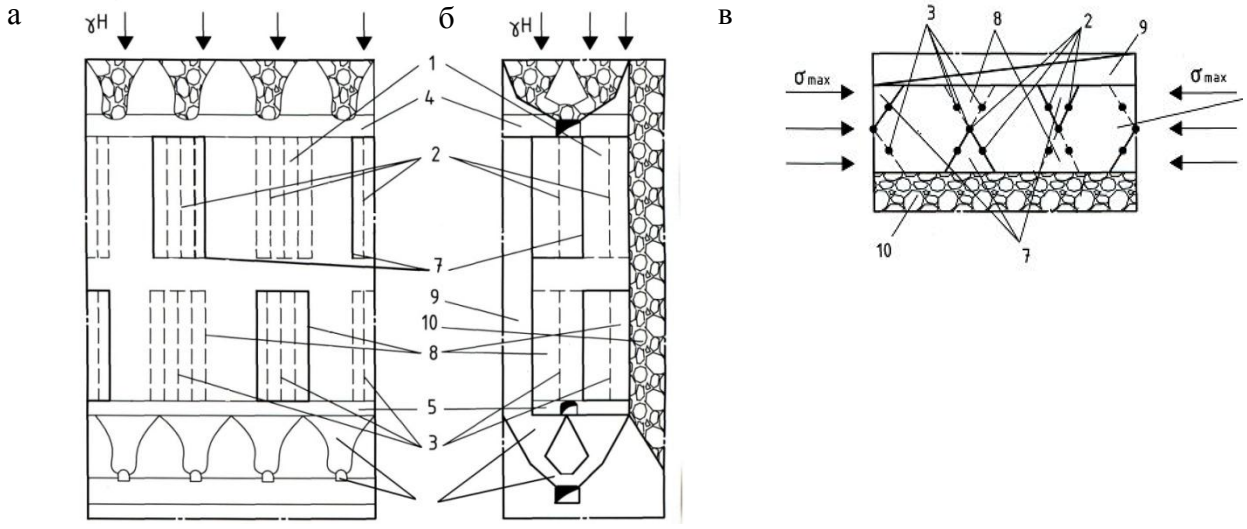
1 – с прямым развальным рядом; 2 – с синусоидальным развальным рядом;
3 – с незаряжаемым синусоидальным рядом

Рис. 9. Зависимости изменения диаметра среднего куска $d_{ср}$, 10^{-3}м, взорванных физических моделей от увеличения отношения одноосной сжимающей нагрузки σ, МПа, к пределу прочности [σ], МПа (коэффициент концентрации напряжений) [3]

Кривая 1 на рисунке 9 показывает зависимость увеличения значения $d_{ср}$ от увеличения сжимающей нагрузки при разрушении физических моделей прямолинейными рядами зарядов ВВ (удельный расход ВВ q = 6,12 кг/м^3), которая моделирует применяемую в настоящее время схему КЗВ при отбойке технологических блоков на железорудных шахтах Сибири. Серия экспериментальных взрывов на физических моделях по схеме КЗВ «синусоида» без взрывания центрального синусоидального ряда зарядов ВВ (удельный расход ВВ q = 3,37 кг/м^3), при сниженном на 45% удельном расходе ВВ, при нагрузках σ_{max} > (0,7÷0,8)[σ] (кривая 3) значения $d_{ср}$ приближаются к значениям, полученным при взрыве всех зарядов ВВ в схеме «синусоида» с удельным расходом q = 6,12 кг/м^3 (кривая 2). На рис. 3 показано, что при σ_{max} > 0,4[σ], значения $d_{ср}$ при взрыве зарядов ВВ схеме КЗВ «синусоида» без взрывания центрального синусоидального ряда (кривая 3) ниже, чем при осуществлении взрывного разрушения физических моделей прямолинейными рядами зарядов ВВ (кривая 1), и это при условии, что удельный расход ВВ снижен почти в 2 раза. В реальной геомеханической ситуации на действующих рудниках в объеме отбиваемого блока (рис. 1) максимальные сжимающие напряжения, действующие с его торцов, уже превосходят половину предела прочности руды при сжатии [1, 2].

Полученные закономерности позволяют сделать вывод, что на базе системы разработки этажного обрушения, возникает возможность создания и определения рациональных технологических параметров ее варианта: системы разработки - этажного управляемого самообрушения [19] , для отбойки основной части технологического блока (панели) в сложных горно-геологических условиях на больших глубинах отработки. При этом обрушение потолочины, формирование подсечного и компенсационного пространства осуществляют по традиционной технологии БВР с учетом НДС массива [1]. На рисунке 10 изображена схема предлагаемого варианта разработки рудных месторождений [27]. Отличие предлагаемого варианта системы разработки от систем этажного самообрушения (система с самообрушением применяется при разработке мощных месторождений, сложенных слабыми или трещиноватыми полезными ископаемыми, способными при обнажении на достаточной площади под действием собственного веса и давления налегающей толщи обрушаться кусками, размеры которых позволяют осуществлять последующие операции очистной выемки [10]) и этажного принудительного обрушения заключается в техническом компромиссе обоих аналогов. Появляется новое качество – самообрушение, которое происходит взрывоподобно, аналогично процессам при массовой взрывной отбойке руд, а не растянутом во времени, что повышает промышленную безопасность предлагае-

мой технологии. Взрывные работы в данном случае используют как средство для создания в технологическом блоке ослабляющих полостей (врубов) в определенной (ассиметричной) комбинации для максимального разрушающего воздействия на рудный массив природных и техногенных полей напряжений различной природы. Предлагаемое геомеханическое воздействие обуславливает создание максимального предразрушения [12] в объеме отбиваемой горной породы, т.е. максимального снижения ее прочностных свойств. Это достигается за счет эффективного взаимодействия природных и техногенных полей напряжений, способствующих дезинтеграции минеральных зерен на микроуровне, с переходом в процесс управляемого самообрушения. Очевидно, что эффективность предлагаемого варианта системы разработки будет возрастать при увеличении объемов самообрушающейся руды по сравнению с объемами технологического блока отбиваемого принудительно, при помощи зарядов ВВ. На основании результатов физического моделирования на моделях из песчано-цементного состава по известной методике [3] при геометрическом подобии в масштабе 1: 160 это соотношение составляет 65/35 , т.е. 65% – объем саморазрушающейся части модели, 35% – объем модели, разрушаемый зарядами ВВ (рисунок 8). При этом увеличение сжимающей нагрузки σ_{max} повышает качество дробления саморазрушающейся части модели, что удовлетворяет требуемому качеству дробления полезного ископаемого предъявляемые процессами доставки и выпуска, с учетом размера кондиционного куска, процента выхода негабарита и др. Данные результаты легли в основу создания и проектирования пилотного варианта разработки рудных месторождений системой этажного управляемого самообрушения (рис. 10) [27].



1 – панель технологического блока; 2 – нисходящие скважины; 3 – восходящие скважины; 4 – верхний, 5 – нижний буровые горизонты; 6 – выработки выпуска и доставки; 7 – ослабляющие полости системы верхнего, 8 – нижнего уровней; 9 – компенсационная камера; 10 – массив зажимающей среды; σ_{max} – максимальные сжимающие напряжения; γH – гравитационные напряжения

Рис. 10. Схема варианта разработки рудных месторождений системой этажного управляемого самообрушения [27]: а – продольный разрез технологического блока вкрест простирания рудного тела; б – поперечный разрез по простиранию рудного тела; в – панель технологического блока в плане

Основная идея нового качественного подхода к преобразованию энергии упругих деформаций для повышения дробящего эффекта взрыва состоит в циклической инициации техногенных динамических явлений (микроударов) в горном массиве. Управление синтезом энергий природных и техногенных напряжений, позволяет высвобождать сумму этих энергий по принципу эмерджентности (появления нового качества процесса с новыми количественными параметрами) с преобразованием интегральной энергии деформаций

горных пород в энергию ее разрушения. Схематично процесс управляемого самообрушения [19] блока в предлагаемой технологии можно объяснить следующим образом. В массиве технологического блока накапливается энергия упругих деформаций, за счет действия исходного поля напряжений (рис. 1). Затем в течение малого промежутка времени, например, взрывным способом, (создавая условие, когда скорость деформации ниже скорости перераспределения напряжений) в массиве обрушаемого блока формируют (подсекают) дополнительные свободные поверхности (ослабляющие полости), асимметрично и ортогонально к действию максимальным сжимающих напряжений, которые инициируют потерю устойчивости системы. Последнее вызывает распространение волны разгрузки в оставшемся массиве блока определенной конфигурации, причем амплитуда волны определяется величиной предварительно запасенной энергии [18]. Разгрузка приводит к взрывоподобному движению и, как следствие, к разрушению среды. Взрывоподобное движение среды при освобождении предварительно запасенной энергии и сопутствующее ему разрушение наблюдается в природе горных ударов. Наблюдаемые процессы аналогичны происходящим при выходе взрывной волны сжатия на свободную поверхность, ее отражения и образования откольных разрушений за счет распространения обратной волны разгрузки. На этом принципе известна лабораторная методика исследования динамики процессов разрушения и разлета разрушенной среды в контролируемых условиях нагружения с помощью электромагнитных способов измерения массовых скоростей среды в материалах, с ярко выраженной способностью к взрывоподобному разрушению при скачкообразном изменении напряженного состояния, например, канифоль, прессованный тиосульфат натрия [18]. Для надежности диспергирования рудного массива на кондиционные отдельности производят взрыв зарядов ВВ в установленных, например, методом математического моделирования областях (с учетом трещиноватости, анизотропии, геологических нарушений и др.), для повышения дробящего эффекта в условиях действия процесса самообрушения.

На период ведения подготовительных и нарезных горных работ, заряжания и монтажа взрывной сети в охраняемых подземных сооружениях необходимо минимизировать уровень предразрушения горного массива за счет создания устойчивых элементов системы разработки (рис. 2). Инициирование эндогенных процессов предразрушения в объеме отбиваемой горной породы начинают первыми ступенями замедления взрывов зарядов ВВ в общей схеме КЗВ «синусоида». При этом начало взрывного воздействия инициирует процесс управляемого самообрушения, за счет создания взрывным способом неустойчивой формы разрушаемого массива и формирования в нем разрушающих напряжений. Оптимизация (для разрушения) геометрических параметров неустойчивой формы целика, формируемой взрывом зарядов ВВ, а также режима взрывного воздействия на этот целик позволит снизить необходимую долю взрывной энергии в общем балансе энергии разрушения целика.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что предлагаемый вариант системы разработки обеспечит приемлемое качество дробления полезного ископаемого со снижением удельного расхода на первичную отбойку в 2 раза, что приведёт к снижению затрат на буровзрывные работы с обеспечением повышения эффективности предлагаемой системы разработки, за счет ресурсосбережения и повышения промышленной и экологической безопасности. Повышение промышленной безопасности достигается за счет снижения объемов применяемых взрывчатых материалов и снижения энергии динамических проявлений горного давления, вызываемых сейсмическим эффектом взрыва [1, 28, 29]. Повышение экологической безопасности достигается за счет снижения залповых выбросов ядовитых газов и пыли на поверхность рудников и поселков при снижении (в 2 раза) массы взрываемых зарядов ВВ [14].

Поэлементная апробация схемы КЗВ «синусоида», составляющая основу предлагаемого варианта, в производственных условиях Шерегешской шахты, анализ и оценка технико-экономических результатов отбойки опытных блоков показали, что за счет внедре-

ния разработанной энергоресурсосберегающей технологии взрывной отбойки напряженных рудных блоков с использованием энергии исходного поля напряжений можно снизить удельный расход ВВ на первичную отбойку на 10-15 % без ухудшения качества дробления. Экономическая эффективность разработанной технологии на Шерегешской шахте составила 1,0 рублей на 1 т отбиваемой руды (в ценах 2000 года) [11].

Внедрение предлагаемых рекомендаций можно осуществить следующим способом. На первом этапе испытаний предлагаемой системы разработки осуществляют внедрение схемы КЗВ «синусоида» в специальный проект на массовый взрыв, с расчетом масс зарядов ВВ, с учетом математического моделирования [3, 11, 15–17], без снижения удельного расхода на первичную отбойку. После получения удовлетворительных результатов выпуска руды, в последующих проектах рекомендуется поэтапное снижение массы зарядов ВВ в установленных, например, методом математического моделирования, зонах предразрушения на 5 – 10 %. При этом необходимо оптимизировать с учетом предварительного моделирования НДС и схемы отбойки параметры элементов системы разработки. Причем для повышения сохранности взрывных полостей в условиях высокого горного давления целесообразно применение скважин увеличенного диаметра (250 мм), вертикальных концентрированных зарядов ВВ для образования ослабляющих врубов в обрушаемом массиве и совершенствования технологии крупномасштабной взрывной отбойки [29]. Результаты экспериментов можно оценить по качеству дробления, определяемому по значению удельного расхода ВВ на вторичное дробление в процессе выпуска блока. Тем самым каждый рудник получит свои количественные параметры БВР и осуществит быстрое освоение нового ресурсосберегающего, безопасного варианта системы разработки полезных ископаемых.

Выводы

Усовершенствованные варианты подземной добычи железной руды системой этажного обрушения, применяемые на подземных рудниках Западно-Сибирского металлургического комплекса, имеют свои недостатки, и в сложившихся горно-технических, геомеханических, экономических и др. условиях обосновывают необходимость смены системы разработки [14]. Предлагаемый вариант геотехнологии позволит предприятию эффективно доработать участки месторождений до их перехода на новую систему разработки. Общий рациональный порядок ведения добычных работ, в рассматриваемых условиях можно представить в следующем виде:

1. Перед проектированием подготовки и отработки месторождения, участка, очистного блока необходим мониторинг НДС отрабатываемого горного массива горных пород, с определением величины и направления действующих в нем напряжений, моделирование его НДС при различных технологических воздействиях (проведение горных выработок, взрывные работы, буровые работы и др.) с учетом физико-механических свойств руд и пород, действия природных и техногенных факторов при данном антропогенном воздействии на конкретные участки литосферы для оперативных коррективов проекта подготовки и отработки технологического блока [1, 2].

2. На период ведения горных работ подготавливаемый к массовому взрыву очистной блок необходимо формировать устойчивой формы, за счет создания элементов системы разработки наиболее устойчивой конфигурации в существующих природных полях ГТН (σ_{max}) и техногенных напряжений от сил подпора МЗС ($\sigma_{мзс}$) [1, 2].

3. Основная идея подхода к математическому моделированию такого сложного явления как короткозамедленное взрывание зарядов взрывчатого вещества при массовой отбойке горной породы заключается в синтезе дискретных состояний, полученных в квазистатическом решении задач в определенные интервалы времени на всем протяжении процесса КЗВ. Квазистатический подход к моделированию взрыва заданием статической нагрузки на стенки взрывной полости и определением критических напряжений является одним из признанных методов, дающих качественную оценку НДС при математическом

моделировании взрыва заряда ВВ в горной породе. При синтезе (суперпозиции) результатов таких решений можно отразить исследуемый процесс в квазидинамической постановке и определение эффективной схемы КЗВ [15 - 17].

4. При $\sigma > 0{,}18[\sigma]_{сж}$, т.е коэффициенте напряженности горных пород k >0,18 рекомендуется применение комбинированной схемы КЗВ «СИНУСОИДА», при которой первыми ступенями замедления зарядов ВВ в общей схеме КЗВ массового взрыва обрушаемый блок выводится из равновесного состояния и формируется такой формы, чтобы за счет синтеза энергий природных ГТН и техногенных напряжений (силы подпора МЗС, взрыв зарядов ВВ и др.) в отбиваемом массиве возникали максимальные по величине и распространению поля критических напряжений, энергетически обеспечивающие процессы предразрушения и управляемого самообрушения до кондиционного куска [3, 6, 11].

5. Идея замены взрывной энергии на природную и техногенную основывается на том, что под интегральным влиянием природных и техногенных механических напряжений, в том числе при ведении БВР, происходит изменение природного напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород с деформированием их в зонах упругости, пластичности и в запредельном состоянии. При этом изменяются силы связей между минеральными агрегатами в горной породе, происходят сдвиги структурных блоков по природным и техногенным трещинам (линеаментам) и, соответственно, уменьшается прочность пород, т.е. ее предразрушение [3, 12].

6. Окончательное разрушение сформировавшегося массива блока с максимальными полями критических напряжений, для повышения дробящего эффекта в условиях действия процесса самообрушения, осуществляют различными типами зарядов ВВ (в зависимости от принимаемой взрывной технологии) с дифференциацией их масс и интервалов замедления (в некоторых случаях снижение до нуля) в соответствии с НДС отбиваемого участка массива [3, 12].

7. Разрушение рудного массива должно осуществляться по технологии БВР с минимальным воздействием взрывной энергии на вмещающие породы, с целью снижения провоцирования динамических событий высоких классов энергии, например, за счет купирования взрываемого массива, снижения массы взрываемого ВВ в ступени замедления и др. [1, 28, 29].

8. При отбойке руды на контакте с обрушенными породами (МЗС) осуществляют управлением параметрами БВР по площади контакта, для обеспечения качественного дробления и формирования границы «отбитая руда - пустая порода» оптимальной (с учетом показателей извлечения) конфигурации и физико-механическими свойствами (плотности, кусковатости и др.) для обеспечения эффективного выпуска отбитого полезного ископаемого при определенном режиме [3,17].

9. Последними ступенями замедления зарядов ВВ массового взрыва границу со следующим очистным блоком формируют устойчивой конфигурации с учетом его НДС согласно пункта 1.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки по контракту № 5.4892.2011

Список литературы

1. Матвеев И.Ф. Управление удароопасностью горного массива изменением параметров взрывной отбойки при разработке железорудных месторождений Сибири [Текст]: Дисс. докт. техн. наук / И.Ф. Матвеев. – Новокузнецк. СибГИУ: 2004. – 324с.

2. Курленя, М.В.Техногенные геомеханические поля напряжений [Текст] / М.В. Курленя, В.М. Серяков, А.А. Еременко. – Новосибирск: Наука, 2005. – 264 с.

3. Волченко Г.Н. Энергоресурсосберегающие технологии взрывной отбойки напряженных пород на рудниках. Моногр. [Текст] / Г.Н. Волченко. Сиб. гос. инд.ун. – Новокузнецк: СибГИУ, 2010. – 238с.

4. Зецер Ю. И. Энергетика внутренних и внешних геосфер [Текст]// Проблемы взаимодействующих геосфер: Сб. научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС, 2009. – с.9 – 18.

5. Гзовский, М.В. Основы тектонофизики [Текст]/ М.В. Гзовский. – М.: Наука, 1975. – 536 с.

6. Волченко Г.Н. Геомеханическое обоснование ресурсосберегающих вариантов разработки рудных месторождений системой этажного принудительного обрушения [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.М. Серяков, В.Н. Фрянов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 4. – с.144–154.

7. А. с. 972905 СССР. МКИ[1] Е21С 37/00. Способ взрывной отбойки полезных ископаемых [Текст] / Ю. М. Карапетян, Б. В. Покровский, Н. Г. Волченко, СМИ — №3254854; заявл. 04. 03. 1981.

8. Капленко Ю. П. Управление напряженным состоянием пород и параметрами отбойки при очистной выемке на глубоких горизонтах подземных рудников [Текст] / Автореф. дисс. док. тех. наук./ Ю. П. Капленко – М.: 1987. – 32 с.

9. Машуков, В.И. Управление энергоемкостью отбойки в напряженных средах при разработке месторождений на больших глубинах [Текст] / В.И. Машуков, В.И. Бояркин, И.В. Машуков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1980. – № 2. – С.100 –106.

10. Зорин А.Н. Механика разрушения горного массива и использование его энергии при добыче полезных ископаемых [Текст] / А.Н. Зорин, Ю.М. Халимендик, В.Г. Колесников. – М.: Недра, 2001. – 385с.

11. Волченко Г. Н. Разработка способов взрывной отбойки рудных блоков с учетом напряженно-деформированного состояния массива [Текст]: Дисс. … канд. тех. наук / Г. Н. Волченко – Новосибирск, ИГД СО РАН – 2003 – 135с.

12. Волченко Г.Н. Исследование влияния предразрушения горных пород на снижение энергоемкости взрывного дробления [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.Н. Фрянов, В.М. Серяков // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ВостНИИ. – 2011.- №1. – с. 19 – 31.

13. Квапил Р. Новые взгляда в теории горного давления и горных ударов [Текст] / Р. Квапил – М.: Недра, 1959. – 108с.

14. Фрейдин А.М. Современные способы разработки рудных залежей с обрушением на больших глубинах [Текст]/ А.М. Фрейдин, А.А. Неверов, С.А. Неверов, П.А. Филиппов. – Новосибирск – ИГД СО РАН, 2008. – 151с.

15. Серяков В. М. Перераспределение напряжений в рудном блоке при отбойке [Текст] // В.М. Серяков, Г.Н. Волченко – ФТПРПИ. – 2003. – № 1. – С. 18-24.

16. Серяков В. М. Геомеханическое обоснование параметров скважинных зарядов при отбойке напряженного массива [Текст] // В. М. Серяков, Г. Н. Волченко, А. В. Серяков – ФТПРПИ. – 2003. – № 5. – С. 23-29.

17. Серяков В. М. Геомеханическое обоснование схем отбойки рудных блоков, учитывающих перераспределение статического поля напряжений при короткозамедленном взрывании [Текст] // В. М. Серяков, Г. Н. Волченко, А. В. Серяков – ФТПРПИ. – 2005. – № 1. – С. 46-52.

18. Адушкин В.В. Подземные взрывы [Текст] / Ин-т динамики геосфер РАН / В.В. Адушкин, А.А. Спивак – М.: Наука, 2007. – 579 с.

19. Влох Н.П., Сашурин А.Д. Управление горным давлением на железорудных рудниках / Н.П. Влох, А.Д. Сашурин. – М.: Недра, 1974. – 184 с.

20. Пат. 2175434 Россия, МКИ[3] F42 D 3/04. Способ разрушения целиков [Текст] / Г. Н. Волченко, Н. Г. Волченко, П. А Филиппов и др. ВостНИГРИ. – 200102245/03; заявл. 28.01.2000; опубл. 27.10.2001, Бюл. №30.- 4 с.: 1ил.

21. А.с. 1289125 СССР, МКИ[1] Е 21 С 41/06. Способ взрывной отбойки полезных ископаемых [Текст] / Г. Н. Волченко, С. Ю. Татаринцев, Б.В. Покровский, А.А. Капранов. ВостНИГРИ. - № 38972771; заявл. 07. 05. 1985, (ДСП).

22. Пат. 2232892 Россия, МКИ[3] E 21 C 41/16. Способ отбойки полезных ископаемых в подземных условиях [Текст]/ Г. Н. Волченко, Н.Г. Волченко, П.А. Филиппов, А.П. Гайдин и др. ВостНИГРИ. - № 2002117603; заявл. 01. 07.2002; опубл. 20.07.2004, бюл. №20. – 12 с.: 3 ил.

23. Дубынин Н.Г. Исследование разрушения руды взрывом [Текст]/Дубынин Н.Г., Труфакин Н.Е. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР. – 1970. – с. 19.

24. Лангефорс У. Современная техника взрывной отбойки горных пород [Текст] /У. Лангефорс, Б. Кильстрем. – М.: Недра. – 1968. – с. 16.

25. Пат. 2103642 Россия, МКИ[1] F 42 B 1/02. Кумулятивный заряд [Текст] / В.Н. Уваров, В.Е. Новиков и др. ВостНИГРИ - № 2000123303; заявл. 02.07. 2000; опубл. 13. 06.2002, бюл. № 1. – 14 с.: 5 ил.

26. А.с. 1552761 СССР, МКИ[1] F 42 B 1/02. Кумулятивный заряд [Текст] / А.П. Махов, Е.М. Кожевников, Г. Н. Волченко, ВостНИГРИ. - №4413819; заявл. 19. 04. 1988, (ДСП).

27. Пат. 2213222 Россия, МКИ[3] E 21 C 41/22. Способ разрушения целиков [Текст] / Г. Н. Волченко, С. В. Фефелов, И.В. Щетинин, С. Г. Замятин и др. ВостНИГРИ. - № 2001107380; заявл. 19. 03.2001; опубл. 27.09.2003, Бюл. №27. – 8 с.: 3 ил.

28. Волченко Г.Н. Способ снижения рисков возникновения аварийных ситуаций в шахте при массовой отбойке напряженных железных руд [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.Н. Фрянов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ВостНИИ. – 2010.- №1. – с. 70 – 74.

29. Волченко Г.Н. Сейсмобезопасная технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудниках Сибири [Текст]/ Г.Н. Волченко, В.Н. Фрянов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – Кемерово, ВостНИИ. – 2010.- №2. – с. 125 – 130.

УДК 531.71

ОСОБЕННОСТИ ТОЛЩИНОМЕТРИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ФАСОННОГО ПРОКАТА

Лобков С.В., Абакумов В.Л., Лилипу К.В., Шолохов А.И.
ЗАО «НИИЦ КузНИУИ»
г. Прокопьевск, Россия

При эксплуатации на опасных производственных объектах металлических изделий или конструкций, изготовленных из стального фасонного проката, например горной крепи, часто возникает необходимость сделать замеры толщины отдельных частей конструкции, которые были подвержены коррозионному износу, с целью оценки их фактической несущей способности. Зачастую толщину одних частей металлоконструкции можно замерить обычным штангенциркулем, например, таких, как уголок или тавр. Однако, замер толщины других отдельных элементов частей конструкции, таких, как стенка двутавра или швеллера, обычным штангенциркулем невозможен из-за конструктивных особенностей данного проката. В этих случаях весьма эффективным является применение акустических (ультразвуковых) толщиномеров, с проведением ультразвуковой толщинометрии.

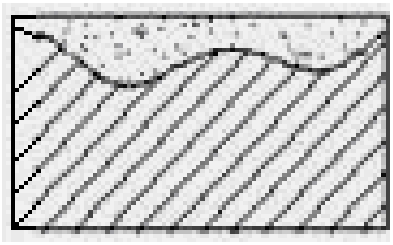
Основными преимуществами ультразвуковой толщинометрии являются высокая производительность труда и точность измерений в широком диапазоне толщин, возможность контроля изделий из различных металлических и неметаллических материалов при одностороннем доступе.

Частным примером таких измерений является проведение толщинометрии двутавровых балок (расстрелов) при обследовании вертикальных стволов шахт. При этом возникает необходимость замеров остаточной толщины полок и стенок двутавра, зачастую экс-

плуатирующихся в весьма агрессивных условиях при высокой обводненности шахтного ствола. И, если замер полки двутавровой балки можно произвести обычным штангенциркулем, то замерить её стенку можно, только применив ультразвуковой толщиномер.

Как показала практика, точность показаний при измерении толщины ультразвуковыми толщиномерами, в основном, зависит от параллельности плоскостей объекта измерений, их шероховатости и чистоты поверхности. Из-за воздействия агрессивной среды на поверхностях расстрелов возникает сплошная неравномерная коррозия (рис. 1а) в сочетании с язвенной (рис. 1б), характеризующейся появлением на поверхности металла отдельных или множественных повреждений, глубина и поперечные размеры которых (от долей миллиметра до нескольких миллиметров) соизмеримы. При этом происходит образование толстого слоя продуктов коррозии, который необходимо удалять перед проведением измерений.

а



б

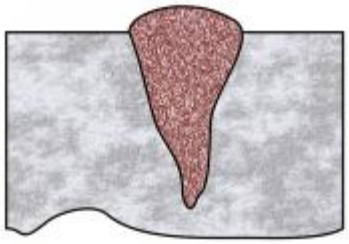


Рис. 1. Пример участка поверхности расстрелов в шахтном стволе:
а – со сплошной неравномерной коррозией, б – с язвенной коррозией

Приведенные ниже иллюстрации поясняют, каким образом эти неблагоприятные факторы влияют на точность измерений.

Как видно из рис. 2а, при проведении ультразвуковой толщинометрии образца, не подверженного коррозионному износу, прямой (зондирующий) сигнал излучается пьезоэлектрическим преобразователем толщиномера, проходит через толщу объекта контроля, отражается от противоположной его параллельной поверхности под углом 180° и принимается приемной частью преобразователя. При этом электронный блок толщиномера измеряет время прохождения сигнала в объекте контроля, пересчитывает в соответствии с заложенной программой, и отображает на дисплее значение толщины объекта контроля. Если же поверхности объекта контроля поражены неравномерной, и к тому же язвенной коррозией (рис. 2б), то качественное проведение контроля такого объекта становится проблематичным, так как коррозионные поражения могут иметь сферическую, либо коническую форму, и зондирующий сигнал отражается под углом, отличным от 180°. Отраженный сигнал при этом может просто не достигнуть преобразователя, либо его достигает только какая-то часть отраженного полезного сигнала, обладающая незначительной энергией. Электронный блок при этом выдает постоянно меняющиеся нестабильные значения, далекие от реальных, и, зачастую, вызывающие недоумение.

Решение проблемы тут неоднозначно. Можно приобрести современный дорогостоящий прибор, к примеру, какой-нибудь электромагнитно-акустический толщиномер. Однако цена такого прибора несоизмеримо выше цены обычных ультразвуковых толщиномеров, и его покупка не всегда экономически оправдана. Опять же, нет 100% гарантии, что купленный за большие деньги прибор будет удовлетворять требуемой точности, так как продавцы приборов не идут на то, чтобы протестировать прибор на нужных вам образцах, а уж, тем более, провести полевое апробирование.

Один из вариантов – вернуться к хорошо нам всем знакомому, довольно точному и простому штангенциркулю. Стоит лишь немного доработать конструкцию губок штангенциркуля, как это показано на рис. 3б, чтобы получить требующийся измерительный инструмент для измерения стенок двутавровых балок или швеллеров.

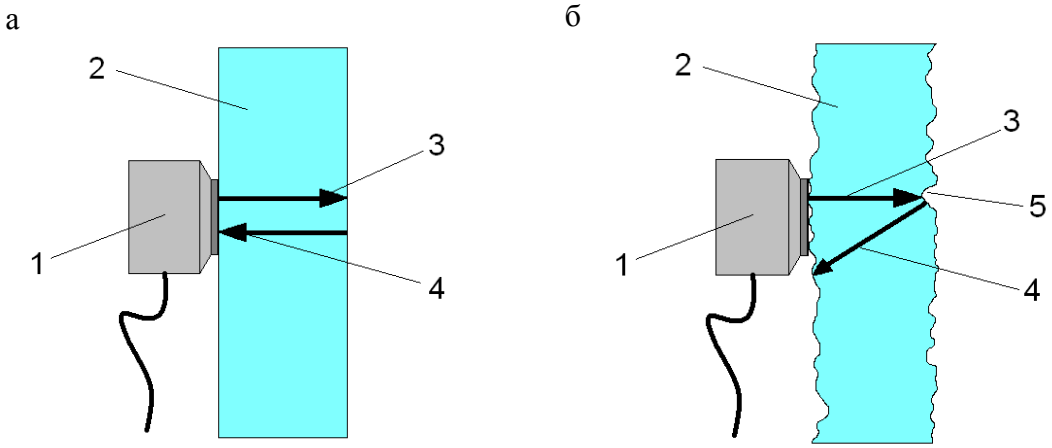


Рис. 2. Распространение прямого (зондирующего) и отраженного сигналов толщиномера в объекте контроля с параллельными поверхностями:
а – непораженными коррозией, б – пораженными коррозией

Усовершенствование конструкции касается лишь изменения формы губок штангенциркуля. Данная конструкция измерительного инструмента позволяет не только провести измерения стенок двутавровых балок и швеллеров, но и оценить глубину поражения металла коррозионными язвами.

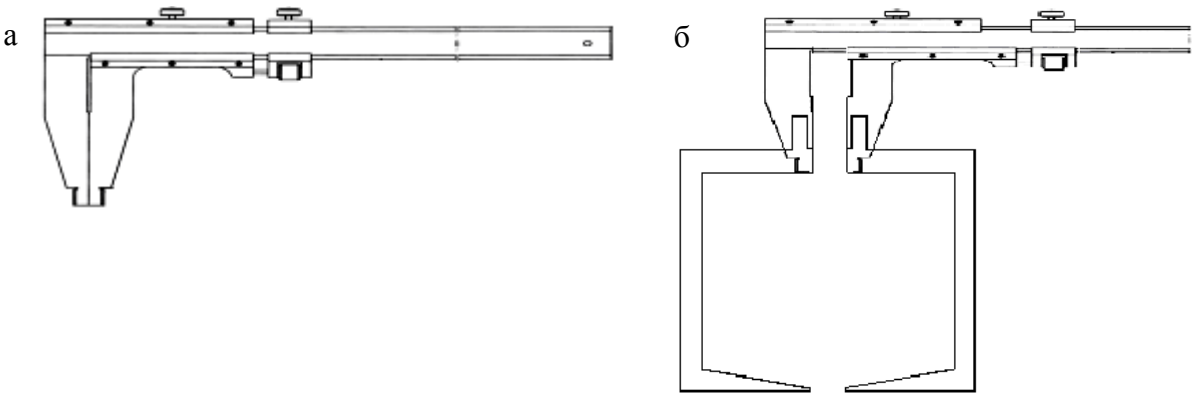


Рис. 3. Варианты штангенциркуля:
а – обычный штангенциркуль, б – усовершенствованный штангенциркуль

Конечно, можно воспользоваться таким измерительным инструментом, как кронциркуль, и даже с нониусной шкалой. Однако анализ рынка показал, что для измерения фасонного проката большого размера (№30-40) такой кронциркуль найти практически невозможно. А усовершенствовать штангенциркуль таким образом практически не составляет большого труда, и любая метрологическая служба предприятия сможет провести его калибровку, обеспечив необходимую точность и погрешность измерений.

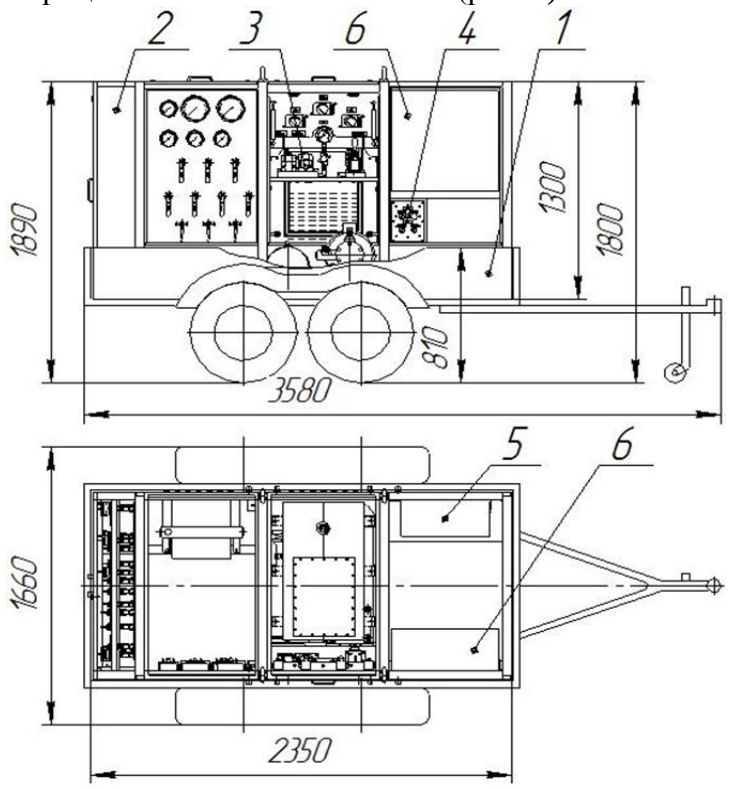
Таким образом, даже при современном уровне развития электроники и цифровой техники, не следует скидывать со счетов методы механических измерений фасонного проката, которые в некоторых случаях превышают по достоверности показания электронных приборов, а в ряде экстремальных ситуаций (высокая/низкая температура и т.п.) могут оказаться просто незаменимыми, обеспечивая необходимое качество измерений.

УДК 621.225

МОБИЛЬНЫЙ ГИДРОСТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Журавлев Р.П., Демидов В.И, Лобков С.В., Митусов Е.Л.
ЗАО «НИИЦ КузНИУИ»
г. Прокопьевск, Россия

Впервые в России разработан и изготовлен гидростенд для испытаний элементов гидрооборудования механизированных крепей в мобильном варианте применения, для транспортировки на прицепе легкового автомобиля (рис. 1).



1 - прицеп «Трейлер» 829800 2,5 В КПП; 2 - корпус; 3 - гидросистема; 4 - панель управления; 5 - шкаф силовой; 6 - шкаф контроллера

Рис. 1. Схема размещения гидростенда на автомобильном прицепе

Основные технические данные и характеристики гидростенда:

Номинальное давление, МПа	32
Производительность насоса, л/мин	18
Максимальное давление, МПа (на объем 1 л)	70
Допустимая температура рабочей жидкости, °С	-20 (для масла) ÷ 60
Рабочая жидкость	водомасляная эмульсия для гидрооборудования мехкрепей, масло минеральное Тп22 ГОСТ 9972-74, в зимнее время - ВМГЗ ТУ38 101.479 86
Объем заливаемой рабочей жидкости, л	100
Условия эксплуатации:	
температура, °С	20 (для масла) ÷ +30
атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.)	66,0÷106,7 (498÷800)
относительная влажность воздуха, при 15°С, %	75÷98
напряжение переменного тока, В	380/220

Режим работы	круглосуточно, в течение не более 5 суток
Установленная электрическая мощность, не более, кВт	12
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ2.1
Исполнение по степени защиты от проникновения пыли и влаги по ГОСТ 14254-96	IP31
Класс точности измерительных приборов (давление, температура, расход)	1
Габариты (на прицепе), мм:	
длина	3580
ширина	1660
высота	2000
Снаряженная масса (с прицепом), не более, кг	1300

Мобильный вариант исполнения гидростенда позволяет оперативно, по заявкам шахт, произвести необходимые гидроиспытания в условиях гидроцеха на промплощадке шахты (стоечных гидроблоков, предохранительных и разгрузочных клапанов, гидрораспределителей, гидроцилиндров, рукавов высокого давления). Необходимость проведения таких испытаний обусловлена требованиями п.5.6.4. РД 05-620-03 [1].

Гидростенд может применяться для проведения различных видов испытаний, в том числе для испытаний в целях сертификации элементов гидрооборудования.

В соответствии с требованиями нормативных документов [2-4] элементы гидрооборудования проверяются на герметичность, прочность, в т.ч., проводятся динамические испытания для рукавов высокого давления.

В гидростенде предусмотрена возможность измерения, записи и хранения в электронном виде следующих параметров:

- давления рабочей жидкости в напорной и сливной магистрали, МПа;
- давления рабочей жидкости на входе и выходе гидролинии испытуемого устройства, МПа;
- температуры рабочей жидкости в напорной и сливной магистрали, ^{0}C;
- длительности протекающих процессов, с, мин;
- расхода рабочей жидкости, л/мин.

В состав системы контроля и управления гидростенда входит программируемый контроллер ОВЕН ПЛК 100, модуль ввода аналоговый МВ110, измеритель-регулятор микропроцессорный одноканальный ТРМ1 и сенсорная панель оператора ВОР.

Информация о приведённых измерениях формируется архивно на USB- flash накопителе в виде файлов с расширением csv. Файлы доступны для просмотра и обработки в программе Excel на компьютере.

Проведенные испытания и исследования режимов работы гидростенда показали его удобство, оперативность и точность измерений при получении необходимой информации о параметрах испытываемых элементов гидрооборудования механизированных крепей.

Список литературы

1. РД 05-620-03 «Методические указания по приведению по проведению экспертизы промышленной безопасности очистных механизированных комплексов». Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России 10.06.03. №82.

2. ГОСТ 6286-73 «Рукава резиновые высокого давления с металлическими оплетками неармированные. Технические условия».

3. ГОСТ 16514 «Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования».

4. ГОСТ 16517 «Гидроаппаратура. Общие технические требования».

УДК 539.3

ДИСКРЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА

Бартышев А.В., Каледин В.О., Штейнбрехер О.А.
Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета
г. Новокузнецк, Россия

Актуальная для обеспечения безопасности очистных работ задача прогнозирования обрушения кровли выработки требует анализа напряженно-деформированного состояния массива вблизи кровли. Породный массив вблизи кровли разгружен от действия сжимающих напряжений, что и предопределяет опасность его разрушения. Поскольку действующие напряжения достаточно малы, эта задача требует более точного моделирования процесса деформирования, чем расчет напряжений на достаточном удалении от кровли выработки или в целиках. Перспективным направлением её решения представляется использование численного решения пространственной задачи теории упругости. Однако до сих пор не удавалось предложить достаточно экономичный алгоритм её решения.

В данной работе используется усовершенствованный вариант метода конечных элементов с использованием итерационного алгоритма на основе неполной факторизации матрицы системы уравнений в перемещениях. Для повышения качества аппроксимации применяются шестигранные серендиповы конечные элементы, обеспечивающие высокую точность численного решения в областях с малым уровнем напряжений, в том числе – у кровли выработки. Разработанный алгоритм реализован в пакете программ «Композит» [1].

Сокращение трудоемкости вычислительного эксперимента достигается за счет встроенного в пакет программ входного языка «Ядро», предназначенного для генерации регулярных числовых массивов данных. Для задания структурной модели расчетной области (углепородного массива с выработкой) на языке «Ядро» формируется три группы входных данных: данные об узлах модели, данные об элементах модели и данные о параметрах задачи. Таким образом, можно легко проводить перестройку дискретной модели при изменении геометрических и физико-механических параметров, а также параметров сетки при оценке погрешности расчета. Количественные характеристики компьютерных программ позволили использовать численную схему с числом степеней свободы порядка 2 млн. неизвестных.

Рассматривался углепородный массив в окрестностях одиночной горной выработки. Кровля выработки совпадает с плоскостью напластовки пород (кровлей пласта). В приведенных ниже расчетах высота выработки принята равной 4м, ширина выработки варьировалась от 4 до 6 м, длина выработки - от 6 до 24 м. Выработка находится на глубине 500 м от дневной поверхности.

С учетом симметрии была построена модель половины выработки (от плоскости симмертии) и окружающей её части горного массива. Ширина расчетной области выбрана в 3 раза больше ширины выработки, длина – равной удвоенной длине выработки. Размер расчетной области по вертикали в 9,5 раз больше высоты выработки, что было необходимо для моделирования структуры пород, содержащей 2 пласта алевролита и песчаника выше угольного пласта и 2 - ниже выработки. Вес вышележащих пород учитывался заданием на верхней грани области сжимающей распределенной силы, равной произведению средней плотности пород, ускорения силы тяжести и глубины залегания. Вес пород в пределах расчетной области учитывался приложением объемных сил тяжести в каждом конечном элементе. Нижняя грань модели жестко закреплена от вертикальных смещений. Кроме того, на боковых гранях модели закреплены перемещения по нормали, что позволяет имитировать боковой отпор горных пород в отсутствие тектонических сил.

Для оценки погрешности численного расчета была проведена серия расчетов с последовательным удвоением сетки. Погрешность рассчитана по формуле Рунге [2]:

$$\Delta \leq \frac{\sigma^{N}-\sigma^{2N}}{1-2^{-p}}, \quad (1)$$

где Δ – относительная погрешность; σ^{N} – значение напряжений в точке; σ^{2N} – значение напряжений в точке при удвоении сетки; p – эффективный порядок сходимости.

Из теории метода конечных элементов известно, что при «гладком» решении погрешность асимптотически уменьшается при сгущении сетки и отвечает следующей оценке:

$$\Delta \leq Ch^{p} = CN^{-p}. \quad (2)$$

Прологарифмировав это выражение, получим:

$$\ln(\Delta) = -p\ln(N) + \ln(C). \quad (3)$$

Фактически полученное изменение напряжений при удвоении сетки аппроксимировалось зависимостью (3). Это позволило определить эффективный порядок сходимости, который и использовался для оценки погрешности по формуле (1).

Для оценки были рассмотрены значения компоненты тензора напряжений σ_z в углепородном массиве на удалении от выработки. На рис. 1 изображена зависимость значений σ_z в углепородном массиве от параметра сетки N. Как видно из рис. 1, график имеет асимптоту, а разность между значениями σ_z между самой разреженной и самой плотной сеткой составляют порядка 2,9%.

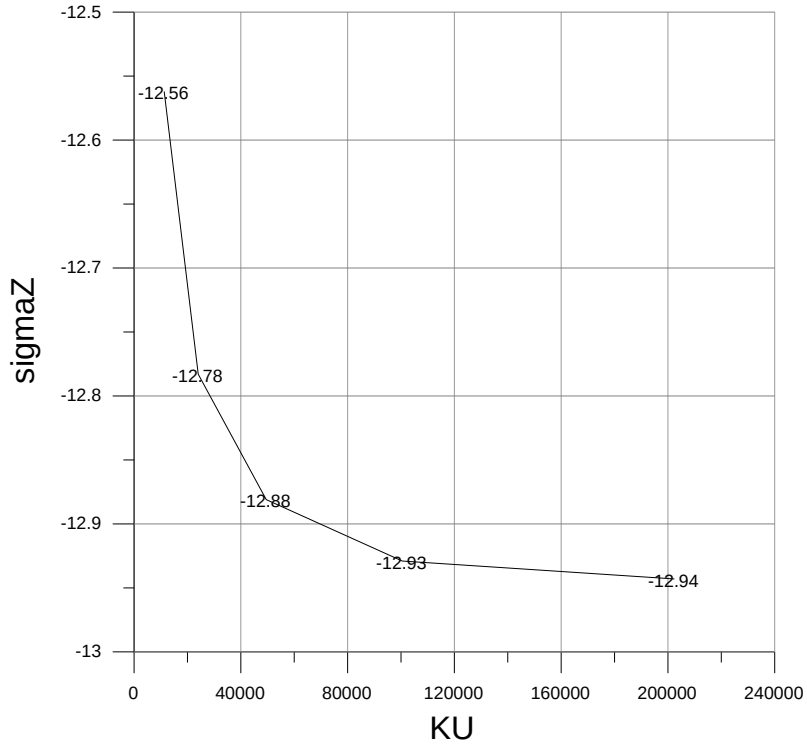


Рис. 1. Зависимость напряжения от коэффициента сгущения сетки

Эффективный порядок сходимости оказался равным 1,2652. Этот результат уточняет теоретическую оценку асимптотического порядка сходимости. Таким образом, подставив полученное значение p в формулу Рунге (1), получим, что погрешность данного расчета не превышает 0,15745%, что достаточно для надежного определения напряжений вблизи кровли.

На рис. 2 изображены поля напряжений σ_z в углепородном массиве в сечениях, перпендикулярных плоскости симметрии выработки.

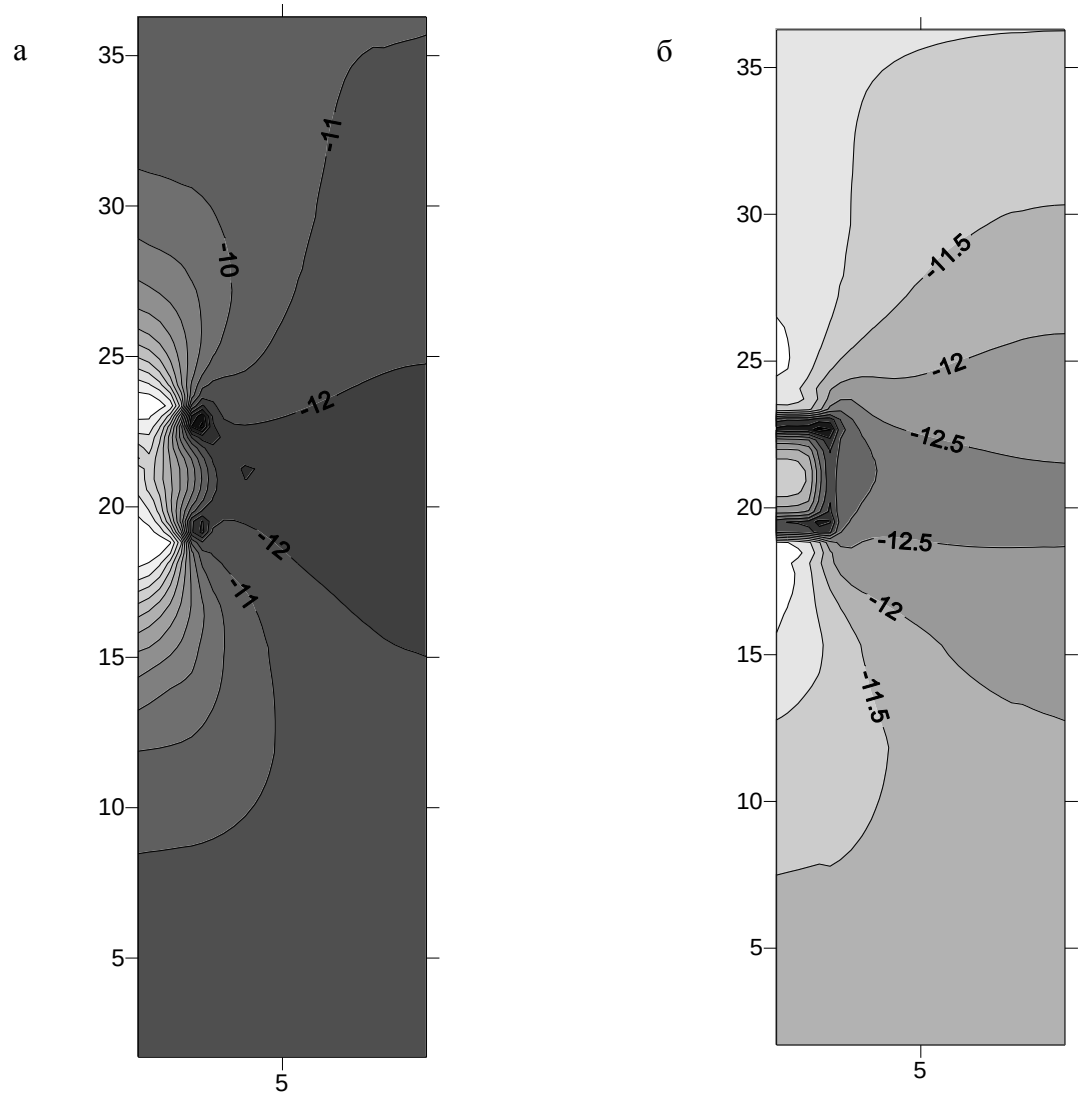


Рис. 2. Поля напряжений σ_z в углепородном массиве:
а - в сечении перпендикулярном плоскости симметрии выработки при длине выработки 5,5 м; б - в сечении перпендикулярном плоскости симметрии выработки на расстоянии 0,5 м от начала выработки

Анализируя эти данные, можно увидеть, что породы оказываются сжатыми по вертикали во всем объеме расчетной области, но при этом вблизи кровли и почвы выработки величина сжимающих напряжений приближается к нулю. Это определяет опасность обрушения кровли. Для более детального анализа необходимы данные эксперимента и имитационного моделирования, учитывающего несплошность разгруженного породного массива.

Список литературы

1. Бурнышева Т.В., Каледин В.О., Равковская И.В., Эптешева С.В. Развитие пакета программ математического моделирования сопряженных задач механики неоднородных конструкций // Вестник Кемеровского государственного университета. № 1(41) 2010. – - С. 3-8.

2. Вержбицкий, В.М. Основы численных методов: учебник для вузов [Текст]/ В.М. Вержбицкий. – М.: Высш. шк., 2002. -840 с.: ил.

УДК 622.831.3

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЛОИСТОГО УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ПОРОД

Корнев Е.С., Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк

Согласно натурным и лабораторным исследованиям физико-технических свойств горных пород и углей Кузнецкого бассейна, проведенных Г.Г. Штумпфом, Ю.А. Рыжковым и др. [1], большое влияние на упругие свойства пород оказывают слоистость, угол наклона и трещиноватость пород.

Модуль упругости E_{II} вдоль слоев в 1,1-1,9 раза больше, чем перпендикулярно $E_{\perp}$, т.е. коэффициент анизотропии по модулю упругости изменяется в диапазоне $\frac{E_{II}}{E_{\perp}} = \frac{E_1}{E_3} = 1{,}1 \div 1{,}9$, а коэффициент Пуассона при испытании пород на сжатие вдоль слоистости в 1,05-1,25 раза больше, чем поперек слоистости.

Прочность породы в значительной степени зависит от направления действия разрушающей ее силы, относительно углов залегания слоев. Предел прочности пород при сжатии перпендикулярно слоистости в основном в 1,6-3,0 раза больше, чем параллельно слоистости. Наименьшей прочностью при сжатии обладают породы при угле падения слоев, других поверхностей ослабления $\alpha = 56 - 60°$. При этих углах наклона одна из плоскостей ослабления совпадает с плоскостью скольжения.

Используя зависимость коэффициента анизотропии по прочности пород (k_α) при сжатии от угла залегания пород (α) (рис. 1, [1]), коэффициент анизотропии по модулю упругости можно определить по формуле

$$\frac{E_{II}}{E_{\perp}} = \frac{E_1}{E_3} = 1{,}1 \cdot (2 - k_\alpha). \qquad (1)$$

График зависимости отношения модулей, вычисленных по формуле (1), от коэффициента анизотропии (k_α) при разных углах залегания слоев (α) приведен на рис. 3, а.

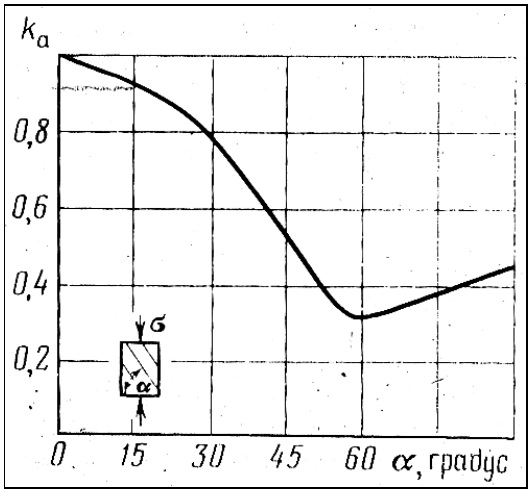


Рис. 1. Зависимость коэффициента анизотропии по прочности пород при сжатии от угла залегания породных слоёв [1]

Для определения модуля упругости в плоскости, параллельной слоистости пород, можно использовать формулу распределения нормального напряжения σ_r в радиальном направлении полярных координат *r*, θ (рис. 2, [2])

$$\sigma_r = -\frac{\nu_1}{1-\nu_1}\cdot\gamma\cdot\left[H - r\cdot Sin(\theta)\right]\cdot Cos^2\theta - \gamma\cdot\left[H - r\cdot Sin(\theta)\right]\cdot Sin^2\theta\ , \qquad (2)$$

где ν_1 – коэффициент Пуассона; γ - объемный вес пород; H – глубина.

Формула (2) при *r*=0 примет вид $\sigma_r = -\frac{\nu_1}{1-\nu_1}\cdot\gamma\cdot H\cdot Cos^2\theta - \gamma\cdot H\cdot Sin^2\theta,$ если $\theta = 0^\circ$, то $\sigma_r = -\frac{\nu_1}{1-\nu_1}\cdot\gamma\cdot H,$ если $\theta = 90^\circ$, тогда $\sigma_r = -\gamma\cdot H.$

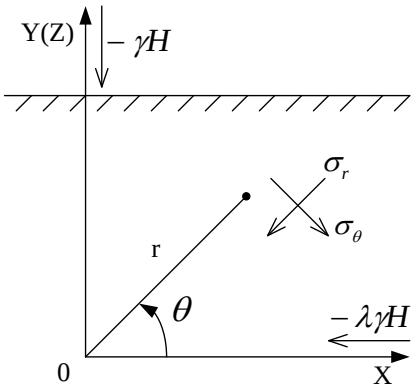


Рис. 2. Нормальное напряжение в полярной системе координат [2]

В гравитационном поле по мере отклонения радиуса вектора от горизонтальной оси OX вдоль этого радиуса возрастает нормальное напряжение σ_r. По результатам лабораторных исследований образцов горных пород установлено, что при увеличении глубины залегания пород возрастают напряжения, плотность и прочность пород [3]. С увеличением плотности пород модуль упругости также увеличивается.

Поэтому в работе принято, что модуль упругости увеличивается пропорционально радиальному давлению σ_r, т.е. можно составить отношение

$$\frac{E_{\alpha\neq 0}}{E_{\alpha=0}} = \frac{E_2}{E_1} = Cos^2\theta + \frac{1-\nu_1}{\nu_1}\cdot Sin^2\theta. \qquad (3)$$

График зависимости отношения модулей, вычисленных по формуле (3), от угла залегания пород приведен на рис. 3, б.

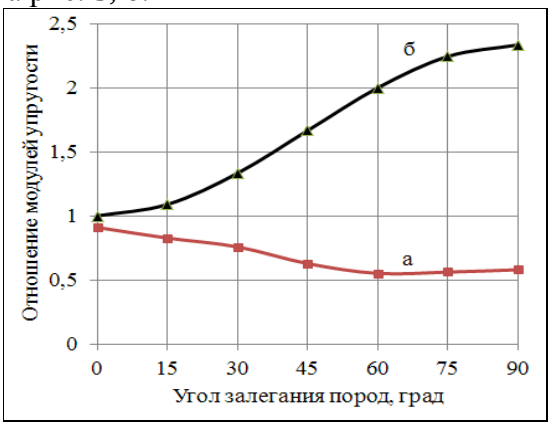


Рис. 3. Зависимости коэффициентов анизотропии от угла залегания пород: а) отношение модулей E_3/E_1; б) отношение модулей E_2/E_1

Изменения прочностных свойств пород также обусловлены их структурно-текстурными элементами – трещиноватостью (кливажом) и другими макродефектами их строения. По данным лабораторных испытаний с увеличением трещиноватости горных пород их прочность при сжатии и растяжении уменьшается в 3-15 раз. По степени ослабления, обусловленной структурно-текстурными элементами, макродефектами строения горные породы Кузбасса разделены на 6 групп (табл. 1), для каждой из которых определен коэффициент структурного ослабления k_c [1]. Модуль упругости пород с учетом коэффициента структурного ослабления определяется по формуле

$$E_2 = E_1 \cdot k_c . \quad (4)$$

Таблица 1

Классификация горных пород по степени ослабления [1]

Группа	Степень ослабления	Характерные поверхности ослабления породы	Коэффициент ослабления k_c
I	Неослабленные	Породы массивные, довольно однородные по составу	1
II	Малоослабленные	Микротрещины; редкие нитевидные и штриховые прослойки; отдельные разрозненные скопления тонкого обугленного детрита и других материалов	0,7-0,9
III	Существенно ослабленные	Тонкие прослойки; кливажные отдельности; мелкие закрытые трещины; трещины залеченные; локальные скопления углистых, глинистых и других материалов	0,4-0,6
IV	Сильноослабленные	Прослойки из углистых, глинистых материалов, трещины, обычно слабо раскрытые; значительные скопления углистых, глинистых материалов	0,1-0,3
V	Весьма сильноослабленные	Трещины раскрытые, тектонические борозды скольжения; зеркала скольжения; отдельности в зонах нарушения	0,01-0,1
VI	Почти полностью несвязные	Породы в зонах крупных геологических нарушений, выветрелые и др.	≤0,01

Для численного моделирования геомеханических процессов слоистого углепородного массива в зоне влияния очистного забоя использовались разрешающие уравнения метода конечных элементов. Схема модели массива горных пород для определения параметров напряженно-деформированного состояния в окрестности прямоугольной выработки приведена на рис. 4.

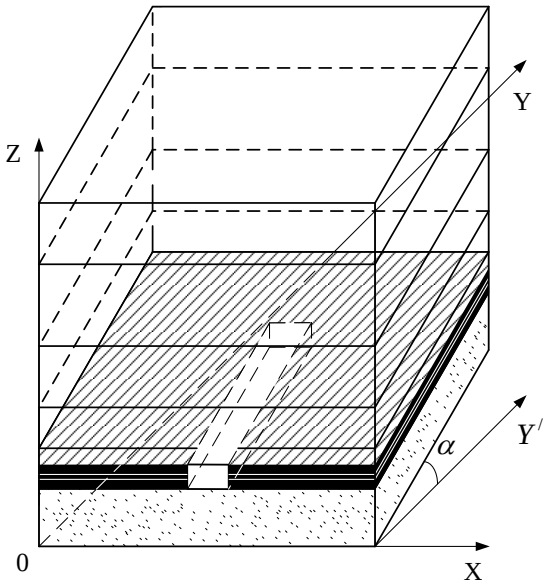


Рис. 4. Схема модели массива горных пород

Моделирование проводилось при следующих горно-геологических условиях: глубина горных работ 100 м, угол залегания угла и пород 15° в плоскости YOZ, выработка принята в виде камеры шириной 10 м, длиной 40 м, пройденной по пласту мощностью 2,7 м. Стратиграфическая колонка с указанием мощности, коэффициента крепости и модуля упругости породных слоев приведена в табл. 2. Коэффициент Пуассона принят равным 0,3 для всех слоев.

Таблица 2

Стратиграфическая колонка модели углепородного массива

Наименование слоя	Номер слоя	Обозначение слоя	Мощность слоя, м	Коэффициент крепости	Модуль упругости, МПа
Аргиллит	i=10		20	1	2000
	i=9		15	4	8000
Песчаник	i=8		20	6	12000
Алевролит	i=7		10	5	10000
Алевролит	i=6		5	5	10000
Аргиллит	i=5		2	4	8000
Уголь	i=4		1,1	1	2000
Уголь	i=3		0,5	1	2000
Уголь	i=2		1,1	1	2000
Песчаник	i=1		7	4	8000

Соотношения модуля упругости и коэффициента Пуассона с учетом анизотропных свойств пород, принятые в моделях массива горных пород, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Соотношения упругих характеристик с учетом анизотропии породных слоев

Модель массива горных пород	Модуль упругости	Коэффициент Пуассона	
Изотропная модель массива горных пород	$E_1 = E_1$ $E_2 = E_1$ $E_3 = E_1$	$\nu_{12} = \nu_1$ $\nu_{23} = \nu_1$ $\nu_{13} = \nu_1$	$\nu_{21} = \nu_1$ $\nu_{32} = \nu_1$ $\nu_{31} = \nu_1$

Трансверсально-изотропная модель массива горных пород	$E_1 = E_1$ $E_2 = E_1$ $E_3 = E_2 = \frac{E_1}{1{,}2}$	$\nu_{12} = \nu_1$ $\nu_{23} = \nu_2 = \nu_1 \cdot 1{,}2$ $\nu_{13} = \nu_2 = \nu_1 \cdot 1{,}2$	$\nu_{21} = \frac{E_2 \nu_{12}}{E_1}$ $\nu_{32} = \frac{E_3 \nu_{23}}{E_2}$ $\nu_{31} = \frac{E_3 \nu_{13}}{E_1}$
Ортотропная модель массива горных пород	$E_1 = E_1$ $E_2 = E_1 \cdot 1{,}1$ $E_3 = \frac{E_1}{1{,}2}$	$\nu_{21} = \nu_1$ $\nu_{32} = \frac{\nu_{21}}{1{,}1}$ $\nu_{13} = \nu_1 \cdot 1{,}2$	$\nu_{12} = \frac{E_1 \nu_{21}}{E_2}$ $\nu_{23} = \frac{E_2 \nu_{32}}{E_3}$ $\nu_{31} = \frac{E_3 \nu_{13}}{E_1}$

На рис. 5 приведены изолинии распределения дополнительных вертикальных смещений пород кровли, обусловленных влиянием выработок, полученные по результатам упругого численного решения МКЭ для изотропной и ортотропной моделей массива горных пород.

а) изотропная модель б) ортотропная модель

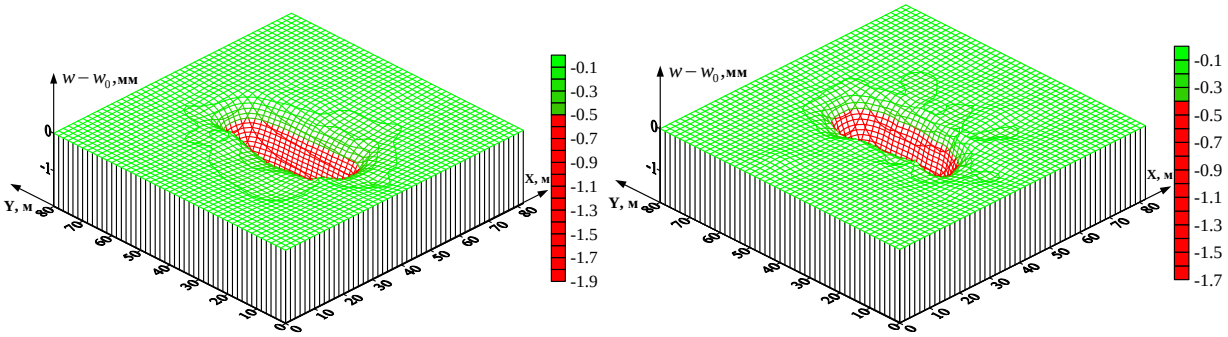


Рис. 5. Пространственное распределение изолиний дополнительных вертикальных смещений в кровле пласта

Из сравнения характера распределения вертикальных смещений можно сделать вывод, что формы и размеры зоны сдвижения, полученные при использовании изотропной и ортотропной моделей массива горных пород, качественно отличаются (рис. 5):

– зона вертикальных смещений при использовании изотропной модели шире аналогичной зоны, полученной при использовании ортотропной модели массива горных пород;

– углы наклона поверхностей сдвижения над выработанным пространством при использовании ортотропной модели больше, чем при использовании изотропной модели массива горных пород, т.е. берега эпюр смещения круче.

Указанные выводы также подтверждаются при сравнении характера распределения вертикальных напряжений в окрестности камеры. На рис. 6 приведены изолинии распределения вертикальных напряжений в окрестности выработанного пространства для изотропной и ортотропной моделей массива горных пород. Для наглядности изображения знаки вертикальных напряжений изменены на противоположные.

Зоны опорного горного давления в вертикальной плоскости XOZ, выделенной в середине камеры (рис. 6), при использовании изотропной модели массива горных пород шире и характеризуются большим максимумом коэффициента концентрации вертикальных

напряжений, по сравнению с аналогичными величинами, полученными при использовании ортотропной модели массива горных пород.

Характерной особенностью распределения вертикальных напряжений в непосредственной кровле пласта является наличие двух максимумов эпюры опорного давления на границах камер, что объясняется влиянием веса зависающих пород кровли над камерой.

а) изотропная модель б) ортотропная модель

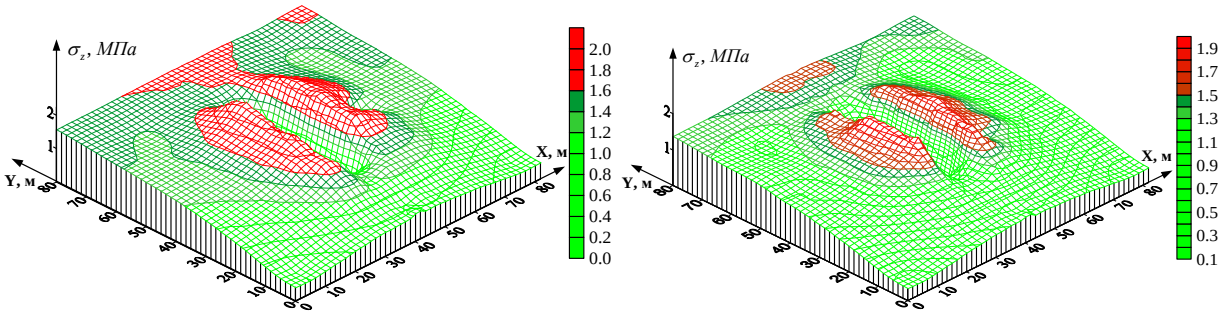


Рис. 6. Пространственное распределение изолиний вертикальных напряжений в кровле пласта

Для количественной оценки влияния типа используемой модели массива горных пород на характер распределения вертикальных смещений и напряжений в окрестности камеры построены графики в виде изолиний по результатам численного моделирования методом конечных элементов с использованием изотропной, трансверсально-изотропной и ортотропной модели массива горных пород (рис. 7-8).

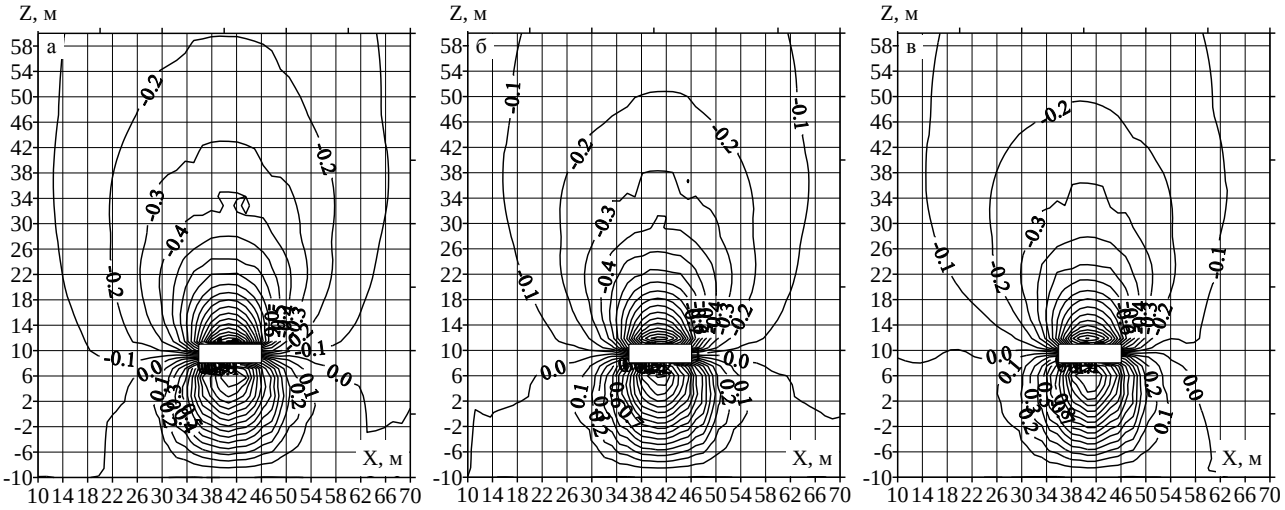


Рис. 7. Графики распределения дополнительных вертикальных смещений в окрестности выработанного пространства: а- изотропный массив горных пород; б - трансверсально-изотропный массив горных пород; в – ортотропный массив горных пород

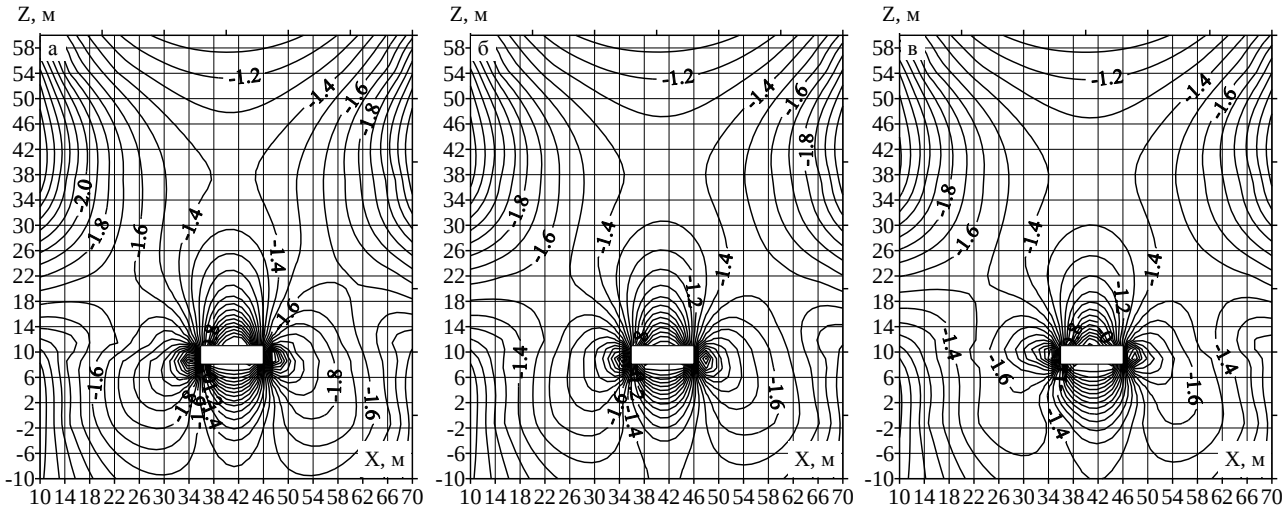


Рис. 8. Графики распределения вертикальных напряжений в окрестности выработанного пространства: а – изотропный массив горных пород; б – трансверсально-изотропный массив горных пород; в – ортотропный массив горных пород

Из сравнения графиков (рис. 7) следует, что формы изолиний для всех трех используемых моделей идентичны. Посредством выбора характерных точек на графиках и сравнения смещений в этих точках установлено, что при последовательном моделировании с использованием изотропной, трансверсально-изотропной и ортотропной модели массива горных пород вертикальные смещения в кровле камеры уменьшаются. В кровле пласта форма изолиний близка к полуэллипсам, а в почве пласта – к усеченным эллипсам. Установлено, что отношение малых осей полуэллипса в кровле пласта равно 1,00:1,17:1,21, а отношение больших осей 1,00:1,21:1,28 для изотропной, трансверсально-изотропной и ортотропной модели углепородного массива соответственно.

По результатам сравнения вертикальных напряжений характерных точек на графиках (рис. 8) установлено отношение коэффициентов концентрации вертикальных напряжений в характерных точках: в боках камеры – 1,00:1,12:1,14, а в почве выработки – 1,00:1,07:1,12 для изотропной, трансверсально-изотропной и ортотропной модели углепородного массива соответственно.

В непосредственной кровле выработки при использовании изотропной модели массива горных пород получены растягивающие вертикальные напряжения (0,24 МПа), т.е. возможно разрушение пород кровли, так как предел прочности пород при растяжении в 8-20 раз меньше предела прочности пород при сжатии. При использовании трансверсально-изотропной модели получены сжимающие вертикальные напряжения, близкие к нулю (-0,05 МПа), при использовании ортотропной модели-сжимающие вертикальные напряжения (-0,28 МПа). В случае наличия сжимающих напряжений в породах кровли вероятность их разрушения не высока.

По результатам численного решения установлено, что при использовании изотропной модели углепородного массива зоны опорного горного давления в вертикальной плоскости XOZ, выделенной в середине камеры, шире и характеризуются большим максимумом коэффициента концентрации вертикальных напряжений, по сравнению с аналогичными величинами, полученными при использовании ортотропной модели углепородного массива. Также следует отметить существенное влияние угла падения пласта в плоскости YOZ: в нижней части пласта в связи с увеличением глубины залегания вертикальные напряжения увеличиваются примерно пропорционально глубине.

Список литературы

1 Штумпф Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М.: Недра, 1994. – 447 с.

2 Динник А.Н. Распределение напряжений вокруг подземных выработок / А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Г.Н. Савин // Труды совещания по управлению горным давлением. – Изд-во АН СССР, 1938.

3 Ильницкая Е.И. Свойства горных пород и методы их определения / Е.И. Ильницкая, Р.И. Тедер, Е.С. Ватолин, М.Ф. Кунтыш. – М.: Недра, 1969. – 392 с.

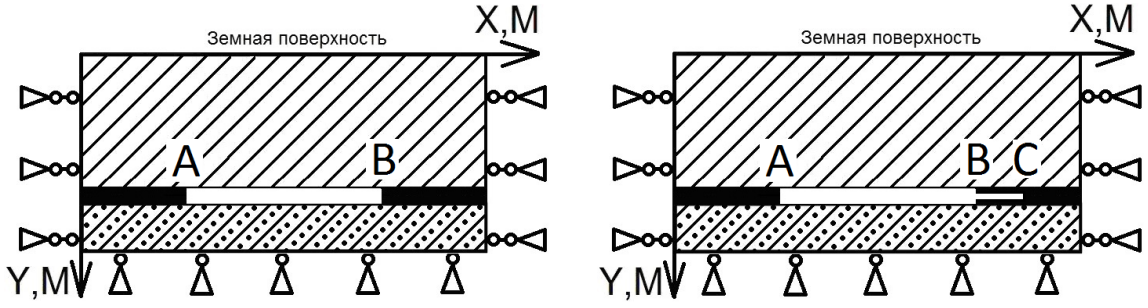
УДК 622:519.635.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЩЕЛЕВОЙ РАЗГРУЗКИ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ

Цветков А.Б., Фрянов В.Н.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

В работе представлены результаты математического моделирования процесса разгрузки пород в окрестности выработки с помощью разгрузочных щелей в краевой части пласта. Разгрузка краевых участков угольного пласта проводится с целью снижения горного давления и перемещения максимума опорного горного давления вглубь угольного массива. Эффективность разгрузки зависит от комплекса горно-геологических условий и параметров разгрузочных щелей. Поэтому для обеспечения эффективной разгрузки пород в окрестности выработки требуется уточнять параметры щелей с учетом заданных горно-геологических условий. В этой связи актуальна разработка системы компьютерного моделирования, которая позволит для заданных геологических условий обосновать параметры щели, обеспечивающие разгрузку. Процесс моделирования щели продемонстрирован с помощью комплекса проблемно-ориентированных программ, который основан на концепции формирования математической модели горного массива из блоков с различными физико-механическими параметрами. При такой технологии построения модели геомассива предполагается, что взаимодействие его структурных частей определяется контактными условиями. Для реализации этой идеи применен метод конечных разностей [2], с помощью которого удалось согласовать условия на контактах блоков.

Исходный массив горной породы представлял собой область прямоугольной формы длиной 360 метров и глубиной 270 метров. Вмещающая толща на глубине 155 метров включала горизонтальный пласт угля мощностью 4 метра. Последовательно исследовались две модели этого горного участка. Расчетная область для каждой модели представлена на рис. 1а и 1б. Сначала была синтезирована модель с выработкой – рис. 1а. После проведения вычислительного эксперимента в первую модель были добавлены разгрузочные щели – рис. 1б. С целью выявления влияния разгрузочных щелей на напряженно-деформированное состояние в окрестности боковых границ выработки результаты, полученные на основе исследования построенных моделей, были сопоставлены между собой.



а б

Рис. 1. Расчетная область Ω:
а – одна выработка, б – выработка с разгрузочными щелями

Модель геомассива в прямоугольной системе координат представлена прямоугольником Ω соответствующих размеров. Расчетная область состояла из трех подобластей $\Omega=\sum\Omega_i$, i=1..3. Каждая подобласть характеризует породы определенного типа. При моделировании было принято, что область Ω_1, это аргиллит, Ω_2 – уголь, Ω_3 – алевролит. Угольный пласт Ω_2 и два породных слоя Ω_1, Ω_3 были получены рассечением расчетной области прямыми y=150 м, y=154 м (рис. 2).

Далее, последовательно в подобластях Ω_2 и Ω_1 были заданы с помощью дополнительных блоков сначала выработка, а затем разгрузочные щели.

В статье применялись следующие обозначения: $u(x,y)$, $v(x,y)$, σ_x, σ_y - горизонтальные, вертикальные перемещения и напряжения соответственно. Физико-механические свойства подобластей определялись величинами: λ_i, μ_i, ρ_i, , где λ_i, μ_i, - постоянные Ламе и ρ_i - плотность Ω_i. Горизонтальные границы задавались уравнениями: $y=H_j$, j=1,2. Построение модели проводилось следующим образом. Для каждого блока прямоугольной формы Ω_i рассматривалась краевая задача теории упругости в следующей постановке. Найти вектор перемещений U=(u,v), u=u(x,y), v=v(x,y), удовлетворяющий внутри Ω_i системе дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \mu_i\left(u''_{xx}+u''_{yy}\right)+\left(\lambda_i+\mu_i\right)\left(u''_{xx}+v''_{xy}\right)=0, \\ \mu_i\left(v''_{xx}+v''_{yy}\right)+\left(\lambda_i+\mu_i\right)\left(u''_{xy}+v''_{yy}\right)+\rho_i g=0 \end{cases} \quad (1)$$

и граничным условиям:

$u(a,y)=0$, $u(b,y)=0$, $u(x,c)=0$, $u(x,d)=0$, $v'_x(a,y)=0$, $v'_x(b,y)=0$; $\sigma_y(x,c)=0$; $v(x,d)=0$.

Краевая задача решалась при условии, что массовые силы направлены вдоль оси ОУ и создавались собственным весом пород. На внутренних границах H_1, H_2 согласовывались напряжения и перемещения. Точками A, B и C на рисунках 1а и 1б отмечены границы выработки и разгрузочных щелей. Границы выработки A, B и разгрузочных щелей C имеют координаты x_A, x_B, x_C соответственно. Для проведения вычислительного эксперимента выбраны следующие структурные параметры модели в метрах: a=0, b=360, c=0, d=270, x_A=125, x_B=235, x_C= 245, H_1 =150, H_2=154.

Физико-механические свойства задавались следующие: ρ_1=2600 кг/м^3, E_1=2,6·10^{4}МПа, ν_1=0,28, ρ_2=1380 кг/м^3, E_2=0,3·10^{4}МПа, ν_2=0,34, ρ_3=2700 кг/м^3, E_3=2,8·10^{4}МПа, ν_3=0,27. Параметры щели: $\rho_щ$=172,5 кг/м^3, $E_щ$=0,37·10^{3}МПа, $\nu_щ$=0,34.

Для решения задачи (1) разработаны программные модули, которые стали частью пакета проблемно-ориентированных программ. Вычислительный эксперимент проводился при 98640 узлах сетки.

Результаты численного решения приведены на рис. 2а и 2б. На вертикальной оси отложена глубина, а по горизонтали протяженность моделируемого участка. Кривыми изображены линии уровня вертикальной компоненты тензора напряжений. Числа на линиях соответствуют величинам напряжений в МПа. Знак минус соответствует сжимающим напряжениям.

На рис. 2а приведены результаты численного эксперимента для одной выработки. Напряжения в диапазоне -4 до -6 МПа отмечены на рисунке штриховкой. Из рисунка видно, что боковые стенки выработки это концентраторы напряжений. В окрестности боковых стенок выработки наблюдаются напряжения, величины которых превышают по модулю -6 МПа. Если они превысят допустимые значения, то это может привести к разрушению пород в окрестности боковых стенок. Над кровлей выработки образуется область

растягивающих напряжений в форме купола. Наличие выработки вызывало разгрузку пород почвы в ее окрестности. Распределение напряжений симметрично относительно границ выработки.

На рис. 2б приведено распределение напряжений при наличии разгрузочной щели в боковой стенке выработки. На рис. 2в и 2г рассмотрена область в окрестности границы В без разгрузки (рис. 2в) и с разгрузкой (рис. 2г). Для большей наглядности заштрихована область напряжений в диапазоне величин -2 МПа до -6 МПа. Из сопоставления рис. 2а-г следует, что наличие разгрузочных щелей создает условия, при которых область концентрации повышенных напряжений смещается от выработки в сторону угольного массива. Это подтверждено распространением заштрихованной области за пределы боковой границы – рис. 2 б,г.

Таким образом, при выбранных параметрах разгрузочной щели область, в которой величины напряжений по модулю превысили -6 МПа, была смещена на 10 метров от боковой границы выработки. Но при наличии разгрузочных щелей область растягивающих напряжений над кровлей выработки увеличилась - рисунок 2б. Возрастание величин положительных напряжений может вызвать рост трещин и расслоение в кровле выработки. Поэтому при устройстве разгрузочных щелей необходимо учитывать возросшую нагрузку на крепь в окрестности опасного по обрушению кровли участка.

Анализ полученных результатов моделирования качественно согласуется с результатами шахтных наблюдений.

Таким образом, разработанный комплекс проблемно-ориентированных программ позволяет на основе численного эксперимента провести исследование воздействия разгрузочных щелей на распределение напряжений в окрестности выработки при помощи алгоритма синтеза математической модели из структурных блоков.

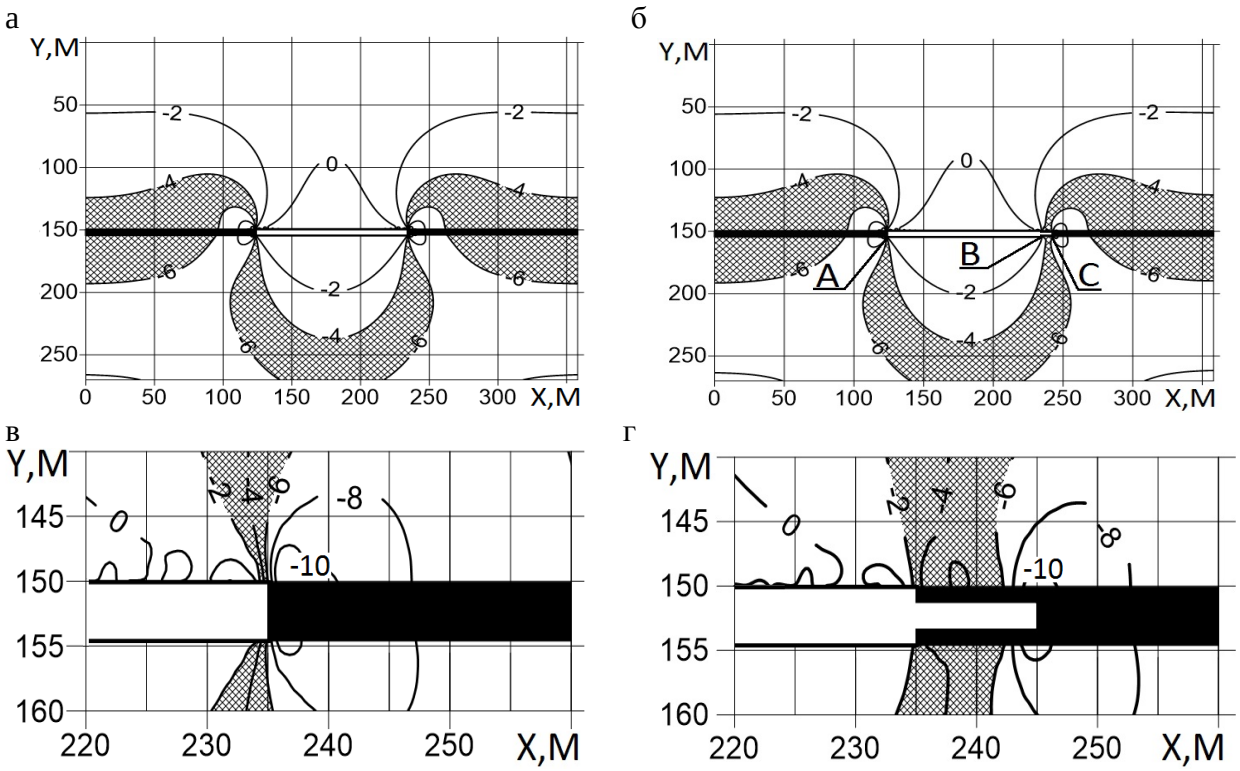


Рис. 2. Вертикальные напряжения МПа:
а – одна выработка; б – выработка с разгрузочными щелями;
в – одна выработка детализация; г – выработка с разгрузочными щелями

Выводы

1. В статье обосновано применение разработанного комплекса проблемно-ориентированных программ для интерпретации наблюдающегося в горном массиве эффекта воздействия разгрузочных щелей на перераспределение напряжений в окрестность выработки, на основе унитарной математической модели, которая в отличие от выбора варианта готового шаблона синтезирована из блоков с различными физико-механическими свойствами.

2. Разработанный комплекс проблемно-ориентированных программ, в отличие от теоретического подхода к выбору параметров, позволил с помощью математического моделирования и вычислительного эксперимента комплексно исследовать разгружающее воздействие разгрузочных щелей на распределение напряжений в массиве горных пород с учетом заданных геологических условий.

3. Проведенное исследование относится к одному из этапов разработки системы компьютерного моделирования на основе комплекса проблемно-ориентированных программ, предназначенной для синтеза математических моделей-кандидатов и адаптации их параметров к реальным условиям на основе данных натурных наблюдений с целью исследования геомеханических процессов в массиве горных пород с системой выработок.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки по контракту №5.3832.2011

Список литературы

1. Фрянов В. Н. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов короткими забоями [Текст] / В. Н. Фрянов, П. В. Егоров, В. А. Ковалев, В. Д. Славников; Акад. горных наук, Кемер. отд-ние. - Кемерово: АГН. Кемер. отд-ние, 1999. - 110 с

2. Рихтмайер Р. Разностные методы решения краевых задач. [Текст] / Р. Рихтмайер, К. Мортон - М.: Мир, 1972. - 414с.

3. Цветков А.Б., Васильев П.В., Петрова О.А. Синтез краевой задачи теории упругости и статического давления для математического моделирования напряженно-деформированного состояния в угольном пласте и вмещающих породах при действии гравитации. [Текст] / А.Б. Цветков, П.В. Васильев, О.А. Петрова. //Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: Горная книга, 2012. – №12. – С. 3-9.

УДК 519.876.5:622.26.261.5

О МОДИФИКАЦИИ СИМПЛЕКС-МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шкредова Н.С., Гаврилов Б.И.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

Для решения задач, связанных с проектированием горных предприятий и развитием горных работ на действующих шахтах и рудниках, необходим правильный выбор их основных параметров для обеспечения эффективности работы шахт и рудников на долгие годы.

Для нахождения правильного решения требуются научные методы, позволяющие оценить последствия каждого решения, заранее отбросить недопустимые варианты и рекомендовать наиболее удачные. Слишком велики потери, связанные с ошибками. Прошли времена, когда правильное решение находилось "методом проб и ошибок", интуитивно. Другой крайностью является то, что с появлением современных ЭВМ, обладающих боль-

шой памятью и высоким быстродействием, многие практические задачи начали решать перебором и сравнением вариантов с помощью ЭВМ. Такой подход не является научным, совершенно не оправдывает себя при решении задач большой размерности и, более того, является абсолютно непригодным для решения непрерывных задач.

В настоящее время для решения инженерных и управленческих задач достаточно полно разработан и продолжает интенсивно развиваться аппарат исследования операций, имеющий многочисленные приложения. Исследование операций - комплексная математическая дисциплина, занимающаяся построением, разработкой и применением математических моделей принятия оптимальных решений. Исследование операций, как средство решения задач, можно рассматривать как науку и как искусство. Правомерность утверждения о научности подхода вытекает из того, что при решении возникающих проблем эффективно используются математические модели и методы. Исследование операций - искусство, поскольку успешное выполнение всех этапов исследования от его начала и до реализации решения, полученного с помощью разработанной математической модели, во многом определяется творческими способностями и интуицией исследователя. Работы по исследованию операций имеют смысл, если они завершаются внедрением результатов исследования в производство.

Исследование операций аккумулирует математические методы, которые используются для принятия решений. В числе этих методов аппарат математического программирования, который включает в себя методы линейного и нелинейного программирования и др.

Линейное программирование - это область математики, разрабатывающая теорию и методы решения задач нахождения экстремума (максимума или минимума) линейной функции многих переменных при наличии линейных ограничений, то есть линейных равенств или неравенств, связывающих эти переменные.

Любую оптимизационную задачу линейного программирования можно сформулировать следующим образом:

$$\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \rightarrow min, \quad (или \quad max)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1,2,...,m;$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1,2,...,n,$$

где c_j , $a_{i\ j}$, b_i - *const.*

Математический аппарат для решения задач линейного программирования достаточно хорошо разработан. Универсальным методом решения задач линейного программирования является симплексный метод (симплекс-метод) и его различные модификации, которые продолжают развиваться. Основное свойство симплексного метода, обуславливающее его эффективность, состоит в простоте вычислений на каждом этапе итерации. В результате достигается достаточное быстродействие, которое в сочетании с возможностями современных ЭВМ позволяет успешно решать задачи линейного программирования большой размерности.

Нелинейное программирование, охватывая весьма широкий круг задач, является одним из основных разделов в теории оптимальных решений. Нелинейное программирование в определенном смысле подобно линейному программированию, в нем отсутствует лишь требование линейности функций.

В общем случае задачу нелинейного программирования можно записать в следующем виде:

$$Z = f(x_1, x_2,..., x_n) \rightarrow min, \qquad (или \ max)$$

при ограничениях:

$$g_j(x_1, x_2,..., x_n) \{\leq, =, \geq\} b_j, \ j = 1,2,...,m;$$
$$x_i \geq 0, \ i = 1, 2,..., n.$$

При этом, следует учитывать, что функции $f(x_1, x_2,..., x_n)$ и $g(x_1,x_2,..., x_n)$, $j=1,2,..., m$ - непрерывно дифференцируемы и хотя бы одна из них нелинейна.

Задачи на экстремум, в которых ограничения, или функция цели, или одновременно и ограничения, и функция цели нелинейны относятся к классу задач нелинейного программирования. Для решения задач нелинейного программирования не существует универсальных алгоритмов, таких как симплекс-метод для решения задач линейного программирования. Эффективные численные методы разработаны лишь для отдельных классов задач нелинейного программирования, включающих задачи, про которые априори известно, что они не являются многоэкстремальными. Поэтому нелинейные модели вообще, а тем более модели большой размерности не применяются так широко, как линейные модели. Однако в этой области наметился определенный прогресс. В настоящее время пришли к выводу о необходимости анализа нелинейных задач, так как математическое программирование охватывает более широкий круг проблем, чем линейное программирование. Многие из нелинейных задач путем преобразований можно свести к задачам линейного программирования и при вычислениях использовать процедуру симплекс-метода. Преобразование также имеет свои минусы - появляется необходимость вводить новые переменные и ограничения, что ведет к увеличению размерности задачи.

При решении практических задач горного дела, возникающих при проектировании шахт и развитии горных работ на действующих шахтах и рудниках, необходимо рассматривать сети горных выработок. Параметры сетей горных выработок по сечениям, скорости воздуха, депрессии и др. могут быть правильно выбраны только на основе оптимизации. Учитывая, что сети горных выработок состоят из большого количества выработок (иногда более 2000), эти задачи имеют большую размерность и относятся к классу задач математического программирования большой размерности. Для решения задач нахождения оптимальных сечений сети горных выработок, рациональных сечений сети горных выработок и рациональной депрессии шахты использовался математический аппарат исследования операций. Разработанная методика достаточно полно изложена в работах [1,2].

Одним из примеров задачи нелинейного программирования большой размерности является задача выбора оптимальных сечений сети горных выработок. Задача формулируется следующим образом.

Найти сечения выработок сети S_i, $i \in I$, при которых сумма затрат на проведение и поддержание выработок минимальна:

$$Z = \sum_{i \in I} f_i(S_i) \rightarrow \min . \quad (1)$$

Суммарная депрессия каждой отдельной цепи из сети выработок не превышает регламентированной общешахтной H_p:

$$\sum_{i \in I_j} g_i (S_i) \leq H_p, \quad j = 1, 2, \ldots, k. \quad (2)$$

Сечения каждой выработки заключены между минимальным и максимальным типоразмерами этой выработки:

$$S^T_{i\min} \leq S_i \leq S^T_{i\max}, \quad i \in I . \quad (3)$$

Кроме того, суммарная депрессия по каждому замкнутому контуру в сети равна нулю (второй закон сетей), где S_i – площадь поперечного сечения выработки i - того звена, м^2;

$$f_i(S_i) = ((a_i + b_i S_i)\beta_i + \tau_i m_i K_{yi} t_i S_i) l_i p_i$$

затраты на проведение и поддержание выработок i - го звена, руб.

Формула выведена в результате обработки экспериментальных данных, где a_i, b_i – постоянные коэффициенты для выработки i – того звена, устанавливающие стоимость

проведения 1 п.м. выработки; β_i – коэффициент, учитывающий период работы шахты; τ_i -стоимость поддержания 1 м^2 выработки i – того звена в свету в единицу времени, руб.; m_i – мощность разрабатываемого пласта, м; K_{yi} –коэффициент, характеризующий устойчивость окружающих пород; t_i – срок службы выработки i – того звена, лет; l_i – длина выработки i - того звена, м; p_i – количество параллельных выработок в i-том звене.

Депрессия выработки i – того звена определяется по формуле:

$$g_i(S_i) = \frac{\alpha_i N_i l_i Q_i^2}{S_i^{2,5} p_i^2} \quad ,$$

где α_i - коэффициент аэродинамического сопротивления выработки i – того звена: N_i - коэффициент, характеризующий форму сечения выработки; Q_i - количество воздуха, протекающее через выработку i –того звена, м^3/с; $S^T_{i\min}, S^T_{i\max}$ - соответственно минимальный и максимальный типоразмеры сечений выработки i –того звена, м^2.

Для расчетов на ЭВМ, в результате линеаризациии и замены переменных задача (1)-(3) авторами была преобразована к следующей задаче линейного программирования:

для N независимых переменных $x_1, x_2, \ldots, x_N$

$$Z = a_{01} x_1 + a_{02} x_2 + \ldots + a_{0N} x_N \rightarrow min \qquad (4)$$

при одновременном выполнении главных ограничений

$$x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0,\ \ldots,\ x_N \geq 0 \qquad (5)$$

и $M = m1 + m2 + m3$ дополнительных ограничений, из которых m1 ограничений имеют вид

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \ldots + a_{iN} x_N \leq b_i ; \quad (b_i \geq 0), \quad i = 1, \ldots, m1 ; \qquad (6)$$

m2 ограничений имеют вид

$$a_{j1} x_1 + a_{j2} x_2 + \ldots + a_{jN} x_N \geq b_j ; \quad (b_j \geq 0), \quad j = m1 + 1, \ldots, m1 + m2; \qquad (7)$$

и m3 ограничений имеют вид

$$a_{k1} x_1 + a_{k2} x_2 + \ldots + a_{kN} x_N = b_k ; \quad (b_k = 0), \quad k = m1 + m2 + 1, \ldots, m1 + m2 + m3. \qquad (8)$$

Как отмечалось выше, основное свойство симплекс-метода, обуславливающее его эффективность, состоит в простоте вычислений на каждом этапе итерации. В результате достигается достаточное быстродействие, которое в сочетании с возможностями современных ЭВМ позволяет успешно решать задачи линейного программирования большой размерности. Задача (5)-(8) относится к классу задач линейного программирования большой размерности. Для уменьшения размерности задачи была разработана модификация алгоритма симплекс-метода, адаптированная к решению задач большой размерности. Все вспомогательные ограничения сгруппированы в три группы по знаку ≤, ≥, =. Для расчетов задача (4)-(8) представляется виде матрицы коэффициентов A, структура которой приведена на рис.1. Вывод вспомогательных переменных из базиса для групп *m2* и *m3* производится по специальным разработанным алгоритмам, что позволяет упростить процедуру нахождения начального базиса (первого опорного плана). Кроме того, реализация симплекс-метода требует хранить в памяти ЭВМ лишь элементы базисной матрицы (рис.1), тогда как обычный табличный метод предполагает хранение всей симплекс-таблицы.

$$A = \begin{Vmatrix} 0 & a_{01} & a_{02} & \ldots & a_{0N} \\ b_1 & -a_{11} & -a_{12} & \ldots & -a_{1N} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ b_{m1} & -a_{m1\,1} & -a_{m1\,2} & \ldots & -a_{m1\,N} \\ b_{m1+1} & -a_{m1+1,1} & -a_{m1+1,2} & \ldots & -a_{m1+1,N} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ b_{m1+m2} & -a_{m1+m2,1} & -a_{m1+m2,2} & \ldots & -a_{m1+m2,N} \\ b_{m1+m2+1} & -a_{m1+m2+1,1} & -a_{m1+m2+1,2} & \ldots & -a_{m1+m2+1,2} \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ b_{m1+m2+m3} & -a_{m1+m2+m3,1} & -a_{m1+m2+m3,2} & \ldots & -a_{m1+m2+m3,N} \end{Vmatrix}$$

Рис. 1

где *A* - вещественный двумерный массив размеров *(M+2, N+1) , M = m1+ m2+ m3.*

Согласно методике разработан алгоритм и составлена программа, реализующая алгоритм линейного программирования в среде DELPHI [3], которая является подпрограммой для комплекса программ, реализующих на ЭВМ алгоритмы решения задач выбора оптимальных и рациональных параметров шахт: определения оптимальных сечений сети горных выработок, определение рациональных сечений сети горных выработок, нахождение рациональной депрессии [4-6]. Это позволяет оперативно находить более эффективные решения по вскрытию, подготовке и разработке месторождений полезных ископаемых при проектировании шахт, а также для планирования горных работ на действующих шахтах.

Список литературы

1. Шкредова Н.С. Экономико-математическая модель оптимизации некоторых параметров шахт./Н.С. Шкредова //Краевые задачи и математическое моделирование. Сб.статей 9-й Всероссийской научной конференции/НФИ ГОУ ВПО "КемГУ"-Новокузнецк, 2008 - С 110-112.

2. Гаврилов Б.И., Шкредова Н.С. Методика комплексной оптимизации сечений горных выработок и депрессии шахты. / Б.И. Гаврилов, Н.С. Шкредова// Сб.науч. статей: Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. - Новокузнецк: СибГИУ, 2012.-С. 169-173.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011613066. Обучающая программа решения общей задачи линейного программирования /Н.С.Шкредова, Б.И.Гаврилов. - Дата регистр. 18.04.2011.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011613067.

5. Алгоритм нахождения оптимальных сечений сети горных выработок шахт /Н.С.Шкредова, Б.И.Гаврилов. - Дата регистр. 18.04.2011.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611709. Алгоритм нахождения рациональных сечений сети горных выработок путем исследования системы ограничений на совместность /Н.С.Шкредова, Б.И.Гаврилов. - Дата регистр. 31.01.2013.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013611710. Алгоритм нахождения рациональной депрессии при проектировании шахт. /Н.С.Шкредова, Б.И.Гаврилов. - Дата регистр. 31.01.2013

УДК 519.642

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЗОНДИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Важенцева Н.В., Зеркаль С.М.
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет
г. Новосибирск, Россия

Введение

Вычислительная (компьютерная) томография – это междисциплинарное научное направление, возникшее в 60-70-ых годах прошлого столетия. Метод вычислительной томографии направлен на исследование внутренней структуры различных объектов, по сравнению с известными методами интроскопии этот метод обладает заметно более высо-

ким пространственным и контрастным разрешением. Применение метода вычислительной томографии позволяет изучать внутреннюю структуру объекта, не подвергая его существенным изменениям. Томографические задачи - суть обратной задачи математической физики и им присущи математические трудности, связанные с понятием корректности (проблема существования и не единственность решения, сильная зависимость его к изменениям в исходных данных). Для решения таких задач необходимо применение метода регуляризации (А.Н. Тихонов, М.М. Лаврентьев) [1]. Построение вычислительных алгоритмов в этой связи представляется важным и актуальным [2-4]. В работе рассматривается ситуация, когда томографические измерения в полном объеме произвести не удается, кроме того присутствуют сложности, определяемые избирательной чувствительностью исследуемого объекта к лучам зондирующего излучения. По используемому зондирующему излучению и области применения различают рентгеновскую, оптическую, акустическую, сейсмическую, ЯМР томографии, а также промышленную, медицинскую и геотомографию.

К настоящему времени метод вычислительной томографии глубоко проник во многие области человеческого знания, при этом достигнутые успехи, конечно, от области к области сильно отличаются. Так в области медицины томография достигла высочайших успехов, что отмечено Нобелевской премией, и это, естественно, определяется и условиями эксперимента и объектом исследования, в то время как ограничения, связанные с исследуемыми объектами и специфика выполнения измерений, например в геотомографии, создают объективные трудности для достижения высоких результатов. Важнейшей особенностью геотомографии, использующей, как правило, в качестве зондирующего излучения сейсмический или акустический сигнал, является кривизна лучевой траектории, обусловленная неоднородным плотностным распределением в исследуемой среде (в то время как в рентгеновской томографии лучи представляют собой отрезки прямой, соединяющей источник и приемник зондирующего сигнала). В этой связи возникает проблема адаптации математического аппарата, разработанного для традиционной рентгеновской томографии к условиям геотомографии, отличающейся как расстояниями между источником и приемником (приемниками), так и линейными размерами объекта исследования. Следует отметить, что при небольших расстояниях источник-приемник (база измерения), например, в условиях инженерной сейсмики, применяемой в строительстве при подготовке строительных площадок и в горном деле при доразведке, мониторинге изменения месторождений в процессе их эксплуатации и диагностики состояния горных подземных сооружений, реальные лучи могут быть аппроксимированы, в ряде ситуаций, отрезками прямой (так называемый случай однородной референтной среды [7]), что делает возможным использование традиционных томографических методик. Кроме того при исследовании глубоких осадочных бассейнов, где скорость имеет явно выраженный градиент по глубине, возможно выделение в функции скорости линейной составляющей от глубины, и лучевые траектории могут быть аппроксимированы дугами окружностей, которые, в свою очередь, допускают при соответствующей замене переменной в функционале Ферма (при кинематических исследованиях) переход к интегрированию вдоль отрезка прямой, что обеспечивает возможность использования традиционного математического аппарата вычислительной томографии [5]. Типичным для геотомографии является отсутствие полноты томографических измерений, обусловленной невозможностью исследовать объект со всех требуемых направлений и наличие непрозрачных или слабо прозрачных для зондирующего сигнала включений в исследуемую среду (ослабленные трещиноватые зоны, сильно отражающие высокоплотные тела и т.д. [9, 11, 12]). Примером такой ситуации служит межскваженная томография, когда и источники, и приемники располагаются на двух параллельных прямых, и изучается среда, расположенная в образовавшейся полосе (преобразование Радона в полосе) [8]. Облегченным вариантом межскваженной томографии является расположение указанных прямых под углом, например, расходящиеся горные выработки, имеющие общую точку (вершина угла) [10], либо вертикальные шахты,

соединенные прямой на «дневной» поверхности, образующие букву «П» [1]. Использование методов пополнения недостающих проекционных данных способствует перспективе применения томографической диагностики в условиях горного дела для осуществления мониторинга состояния подземных сооружений вышележащего и подстилающего горного пространства.

Постановка задачи и построение решения

В томографическом эксперименте принята следующая система измерений, а именно, исследуемый объект облучают пучком проникающего излучения или индуцируют собственные излучения объекта, измеряют прошедшее через объект излучение, рассеянное излучение или индуцированное в нем излучение, затем объект исследования или пара источник-приемник поворачиваются на некоторый угол, и измерения повторяются. При этом возможна как параллельная схема снятия томографических (проекционных) данных, так и веерная. В первом случае каждому источнику соответствует один приемник, а во втором сигнал от одного источника регистрируется линейкой приемников. Измеряемые функционалы носят интегральный характер, то есть являются интегралами вдоль линии, соединяющей источник и приемник, а подынтегральная функция, например, коэффициент поглощения, медленность (показатель преломления), являются искомыми характеристиками. В классической, традиционной томографии в распоряжение исследователя предоставляются полные результаты измерений, то есть, нет ограничений на угол поворота системы измерений, а объект исследования является чувствительным для всех лучевых траекторий. Однако при решении практических задач очень часто невозможно выполнить полные измерения, а специфика объектов исследования (тонкие трещины, отслоения, поверхности склеивания и т.п.) не позволяет использовать нормально проходящие к простиранию этих объектов лучи, и только тангенциальные (касательные) являются информативными. Задача томографической диагностики в таких условиях рассматривается в данной работе.

Решение задачи строится на основе пополнения проекционных данных с использование аналога теоремы Пэли-Винера (условие Кавальери). Подробное описание алгоритма приведено в работе [6].

Результаты численного моделирования

Для томографической реконструкции использовался математический фантом, изображённый рис.1,*а*. Данный фантом приближает ситуацию при диагностике трещин и отслоений, в плане сокращения информативных лучей в проекциях, обусловленного относительно малым «раскрытием» дефектов в сравнении с томографируемым пространством.

В качестве меры близости восстановленного изображения к истинному использовалась нормированная среднеквадратичная ошибка:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(f_i^0 - f_i\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(f_i^0\right)^2}} \cdot 100\%,$$

где f_i^0 и f_i – значения математического фантома и томограммы в i-ом узле, соответственно.

Примеры полученных томограмм приведены на рис.1(*б, в, г, д)*. Количество проекций, использованных при вычислениях, равнялось 256. На рис.1(*б,в)* шум в проекционных данных отсутствует, величина угла φ_0 – 60°. На рис.4,*г,д* шум составляет 5% от максимального значения проекции, величина угла φ_0 – 100°.

Предложенный алгоритм томографической реконструкции позволяет с приемлемой точностью восстанавливать объект исследования по проекционным данным, известным только в ограниченном диапазоне углов сканирования.

Заключение

Основные научные и практические результаты работы состоят в следующем:

1. Проведённые в работе исследования показали, что на основе аналога теоремы Пэли-Винера могут быть построены алгоритмы, позволяющие улучшить качество реконструкции по проекционным данным, заключённым в ограниченном диапазоне углов. В то же время они зависят от меньшего числа параметров, для задания которых требуется дополнительная априорная информация.

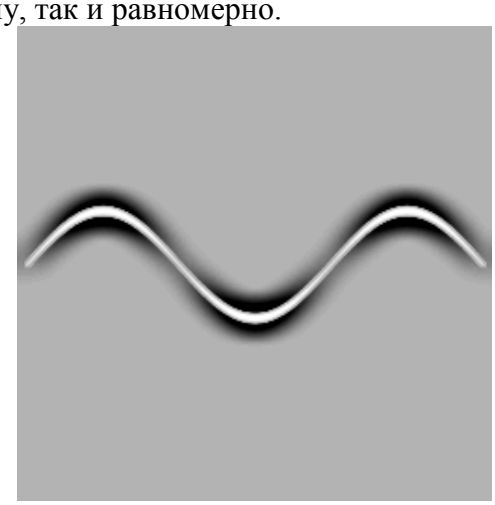
2. Были исследованы особенности использования и веерной системами наблюдений, при этом была выявлена зависимость эффективности использования этих систем в зависимости от параметров объекта исследования (симметричность, сложность конструкции: наличие границ перехода восстанавливаемой характеристики). Количество ракурсов, как и следовало ожидать, существенно влияет на качество решения. Угол, в котором были известны проекционные данные, варьировался от 30º до 180º для плоско-параллельной системы наблюдения и от 30º до 360º для веерной системы наблюдений. Также была исследована устойчивость алгоритма к случайным равномерно распределенным помехам, уровень шума составлял от 0% до 15% от локального значения в векторе измерений. Шум более 20% приводит к значительному снижению точности восстановления объекта.

3. На основе разработанного алгоритма создано программное обеспечение, позволяющее решать прикладные задачи моделирования различных дефектов и проекционных данных от них (решение прямой задачи), с дальнейшей реконструкцией (решением обратной задачи) различными классическими алгоритмами по пополненным проекционным данным.

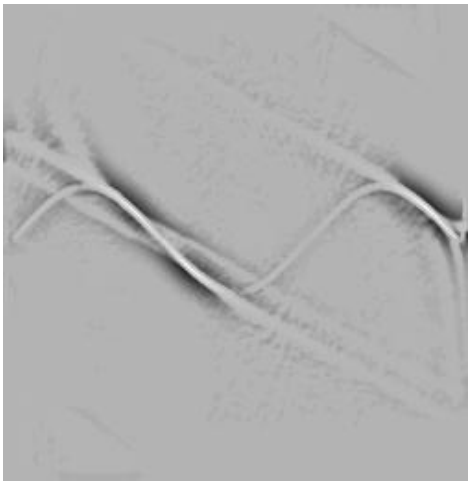
4. Разработанное математическое обеспечение решения томографической задачи с неполными данными объединено в программный комплекс «Палладиум». Данный комплекс позволяет решать прикладные задачи томографического диагностирования различных дефектов при неполных проекционных данных в условиях неразрушающего контроля промышленных изделий и производственных конструкций, медицинских исследованиях, оптической и сейсмо-акустической томографий (в том числе при диагностике объектов горного дела), допускающих линеаризацию лучевых траекторий.

5. Была разработана рабочая модель геометрии сложного дефекта с толщиной диагностируемого пространства (по дефекту), варьирующейся от 1% до 0.01% от диаметра испытуемого объекта, при этом была исследуема разрешающая способность алгоритма, помехоустойчивость к искажениям в векторе измерений случайным шумом, распределенным как по нормальному закону, так и равномерно.

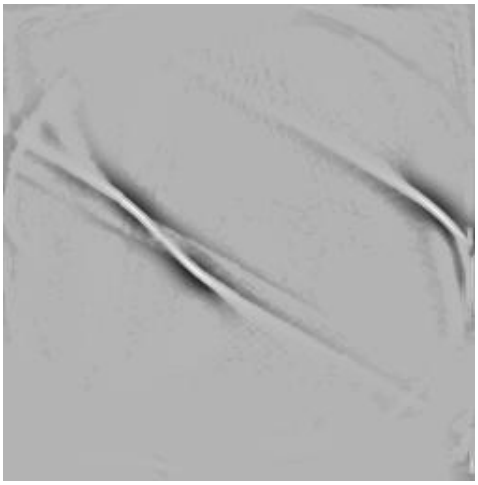
а



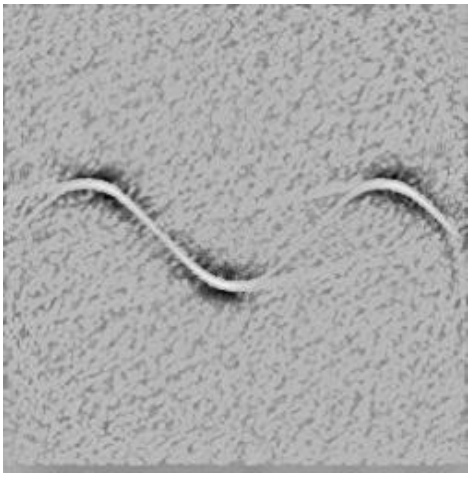
б



в



г



д

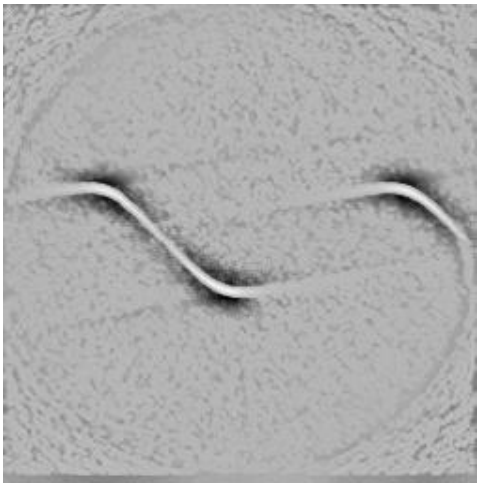


Рис. 1. а - математический фантом; б - д – томограммы; б, г – восстановление по пополненным данным; в, д - восстановление по неполным данным

В данной работе решение поставленной томографической задачи продемонстрировано в численном эксперименте для специального объекта повышенной сложности, демонстрирующего возможности разработанного метода, что никоим образом не ограничивает его применимость.

Без ограничения общности алгоритм ориентирован на трансмиссионный случай, но может быть также использован в условиях эмиссионной томографии, что характерно при диагностике низкотемпературной плазмы, и может быть использован в металлургии. Также, разработанный метод пополнения проекционных данных является перспективным для использования в геотомографии в случае однородных референтных сред и в условиях линеризации функции скорости (скоростное распределение зондирующего сигнала в исследуемой среде) возле линейной функции глубины в кинематической сейсмотомографии. Всё сказанное о сейсмической томографии полностью переносится на акустическую томографию. Для инженерной сейсмики (акустики) типичным является использование невзрывных источников зондирующего сигнала, а система наблюдений (расположение источников и приемников) может располагаться как на «дневной» поверхности, так и использовать возможности подземных горных сооружений [1].

Список литературы

1. Lavrentiev M. M., Zerkal S. M., Trofimov O. E. Computer Modelling in Tomography and Ill-Posed Problems. InverseandIll-PosedProblemsSeries, TheNetherlands: VSP, 2001. 128 p.

2. Филонин О.В. Малоракурсная томография в неразрушающем контроле материалов и изделий / О.В. Филонин // Материалы Всероссийской научно-технической конференции по радиоэлектронике. - Самара, 2003. – С. 88-90.

3. Артемьев В.М. Рекуррентная реконструкция изображений в рентгеновской томографии / В.М. Артемьев, А.О. Наумов, Г.Р. Тиллак // 15-я Московская научно-техническая конференция "Неразрушающий контроль и диагностика". – М. Июнь–июль. 1999.

4. Арефьев М.Г. Разработка алгоритма реконструкции томографического изображения для повышения точности определения дефектов и снижения затрат на проведение контроля / М.Г. Арефьев, Ю.А. Каксис, В.Я. Маклашевский // Контроль. Диагностика. – 1999. – JST 8. – С. 23-27.

5. Зеркаль С.М.Томографическая диагностика скоростного распределения в сейсмических средах // Автометрия. – 2008. – Т. 44, № 1.– С. 82–91.

6. Важенцева Н.В., А.В. Лихачёв Сравнение алгоритмов томографии, использующих условие Кавальери, в задачах с ограниченным углом обзора объекта // Автометрия.– Новосибирск. - 2012. – Т. 48, № 6. – С. 35–45.

7. Гольдин С.В. К теории лучевой сейсмической томографии. Часть II. Обратные задачи для однородных референтных сред // Геол. и геофиз. – 1996. – Т. 37, № 9. – С. 14–25.

8. Гольдин С.В. К теории лучевой сейсмической томографии. Часть I. Преобразование Радона в полосе и его обращение // Геол. и геофиз. – 1996. – Т. 37, № 5. – С. 3–18.

9. Зеркаль С.М., Хогоев Е.А. Итерационная технология сейсмотомографической диагностики на основе кинематики рефрагированных волн // Доклады РАН. №4 (401). – 2005. С. 526–528.

10. Сейсмическая томография. Под ред. Т. Нолета. М.: Мир. – 1990. – 415 С.

11. Лаврентьев М.М., Бронников А.В., Воскобойников Ю.Е., Зеркаль С.М., Хогоев Е.А. Сейсмическая томография сред с квазилинейным изменением скорости, содержащих поглощающие включения // Изв. РАН. Сер. «Физика Земли». – 1995. – №6. – С. 26-31.

12. Зеркаль С.М. Определение непрозрачных зон в Земле методом компьютерной томографии в кинематической постановке // Док. АН СССР. – 1991. – Т.317, №2. – С. 330–333.

СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ

УДК 661.62(517.17)

ЭКСПРЕСС-МЕТОД РАНЖИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО ИНТЕГРАЛЬНОМУ ИНДИКАТОРУ РИСКА

Новоселов С.В.
Международная академия наук экологии и безопасности
г. Кемерово, Россия

Как известно в практике для оценки процессов и объектов применяются различные показатели измерений, которые могут быть представлены в абсолютной, относительной, натуральной, стоимостной и других формах. Как правило, для сравнения и оценки сложных и разнородных процессов объектов невозможно использовать абсолютные и натуральные формы, поэтому очень часто приходится прибегать к индексному методу. В принципе, все экологические показатели можно привести к индексному виду и при использовании средств автоматизированных вычислений, на основе разработанных информационных баз, которые позволят одномоментно решать задачи оценки и поиска оптимального решения, с помощью надстройки «поиск решения» в среде Excel. Кроме того, например индексам токсичности будут присвоены коэффициенты значимости, что повысит достоверность оценки и возможности сравнения разноразмерных показателей в системном виде.

Следовательно, можно сформировать интегральный критерий экологического качества (риска) территории в предположении, что любой *i-ый* количественный или качественный индикатор экосистемы может быть описан несколькими дискретными состояниями (1,2,…,j…,n). Каждому состоянию любого индикатора экосистемы можно поставить в соответствие некоторое значение оценки выбросов (сбросов, отходов) - b_{ij}. Тогда ***обобщенным критерием качества экосистемы (или ее элемента) может быть безразмерный показатель*** $0 \leq q_i \leq 1$, вычисляемый следующим образом:

$$q_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_{ij}\varphi(i)}{\sum_{i=1}^{m} b_{ij}^{max}\varphi(i)} \rightarrow min,$$

где b_{ij}^{max}- максимальное базисное значение i-того *индикатора* экосистемы (в пределах ПДК); $\varphi(i)$- функция, нормализующая вес индикатора экосистемы.

Согласно выше изложенного, можно принять любые индикаторы оценки качества экосистемы. В табл.1 приведен алгоритм оценки риска экосистемы.

Табл.1. Методика оценка экологического риска экосистемы

Индикатор оценки экосистемы	Натуральная оценка выбросов(сбросов, отходов) b_{ij}	Уровень значимости индикатора φ_i (от 0 до 1)	Приведенная оценка $b_{ij}\varphi_i$	Индикатор качества(риска) экосистемы	
				q_i	1- q_i
снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	b_{11}	φ_1	$b_{11}\varphi_1$		
снижение сбросов загрязняющих веществ в поверхностные водоемы и подземные горизонты	b_{21}	φ_2	$b_{21}\varphi_2$		
размещение отходов	b_{31}	φ_3	$b_{31}\varphi_3$		
……..	……..	……..	…….	…….	……
	$\sum b_{ij}$	$\sum \varphi_i$	$\sum b_{ij}\varphi_i$	1,0	

Вопросы определения экологического ущерба имеют ряд проблемных моментов как в плане учета видов загрязнения, так и в плане их математического аппарата применяемого для расчетов. В лучшем случае, мы можем определить лишь укрупненный экологический ущерб для окружающей среды от известных науке вредных веществ. Укрупненную схему оценки выбросов загрязняющих веществ в экосистему территории, можно представить в следующем виде, см. рис.1

Рис.1. Укрупненная схема оценки выбросов загрязняющих веществ в экосистему территории

Данная схема показывает всю сложность решения задач достоверного определения и количественной оценки антропогенного загрязнения на рассматриваемой территории. Так как с абсолютной достоверностью (всегда есть погрешность) невозможно учесть даже фактические выбросы и сбросы в окружающую среду – всегда есть ошибки первого и второго рода (либо в параметрах, либо в направлении). Создать всеобъемлющую единую систему мониторинга всех существующих антропогенных загрязнений на территории очень сложно, да и практически невозможно. Поэтому, для оперативного принятия управленческих решений, логично создать для оценки упрощенно-укрупненные системы мониторинга экосистем и БЖД (безопасности жизнедеятельности) учитывающие достоверно наибо-

лее объемные и токсичные антропогенные загрязнения окружающей среды территории. Этому будут способствовать экспресс-методы определения ситуации в аспекте экологии и безопасности жизнедеятельности.

Конечно же, во главе угла учета эффективности природоохранной деятельности используются узаконенные нормативные акты, но для локальных целей, возможно применение и экспресс-методик, где это приемлемо (экспертиза, проектирование, прогноз и т.п.). Для оценок по экспресс-методикам, необходимо будет определять интегральный индикатор риска территории, как в аспекте экологического загрязнения, так и в аспекте безопасности жизнедеятельности. Наиболее сложной будет задача создания информационных баз по определенным индикаторам и поддержание их в актуальном состоянии. Блок схема определения интегрального индикатора риска территории представлена на рис.2:

Рис.2. Блок схема экспресс-метода определения интегрального индикатора риска территории

В принципе возможно решение задачи оптимизации производства продукции в тех или иных отраслях региона, с учетом основного ограничения - экологической емкости региона (если она будет достоверна определена на рассматриваемый период времени), а также определить степень воздействия на нее, установив критические уровни антропогенной нагрузки на территории.

Кроме того, по индексному методу можно ранжировать по фактору выбросов загрязняющих веществ как отдельные отрасли, так и предприятия региона. Для этого необходима только систематизированная информация (что представляет определенную сложность) как по объемам выбросов, так и по объемам производства продукции, а для более достоверных расчетов – учет концентрации выбросов и их характер по коэффициентам значимости.

Резюмируя по экспресс-методике, можно констатировать, что при определенной необходимости (для управленческих целей), возможно создать достаточно репрезентативную информационную базу для автоматизированных расчетов - как для региона в целом, так и для его отдельных территорий и отраслей, а при детализации возможны оценки и для конкретных компаний. Информационные электронные таблицы ранжирования субъектов экономической деятельности по индексам экологического риска могут способствовать решению как оперативно- тактических задач, так и стратегических задач (в случае разработки прогнозов). При систематизации выбросов(сбросов)загрязняющих веществ на территориях по уровню риска (значимости) можно получить наиболее достоверную оценку экологического состояния Кемеровской области в целом, так и детальной оценки отдельных экономических субъектов. В перспективе на этой основе, возможно реализовать в Кемеровской области создание системы онлайн–мониторинга экологического состояния Кузбасса.

УДК 622.33.003:658.012(571.17)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ) В ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ

Новоселов С.В.
Международная академия наук экологии и безопасности
г. Кемерово, Россия

С развитием общей теории систем и накоплением практического опыта ***методы системного анализа*** получают теоретическую базу и быстро развиваются на основе соответствующего комплекса понятий и научной методологии. Теоретический и познавательный подходы в исследовании экономических систем содействуют четкому определению основных классов объектов, к которым целесообразно применять методологию системного анализа, и дают основание для выработки единых принципов формализации самых разнородных объектов и явлений. Некоторые ученые утверждают, что экономической системой, принято считать реально существующий объект, *предприятие, фирму, организацию* любой формы собственности, параметры которых рассматриваются и исследуются с экономических позиций, а для оценки качества их функциональности используются экономические критерии. В свою очередь, автор делая уточнение, считает, что ***экономической системой*** можно также считать реально существующий объект, ***и более высшей иерархии*** чем, предприятие, фирма, организация, а именно***: отрасли, производственные комплексы, региональные производственно-хозяйственные образования и также экономики стран,*** с последующем выходом на мировой уровень иерархии, параметры которых, рассматриваются и исследуются с экономических позиций, а для оценки качества их функциональности используются экономические критерии, и кроме того, раз они являются системами, то логический вывод - ***для их оценки приемлемы также системные критерии***, характеризующие состояние систем или критерии применяемые при системном подходе (системном анализе).

Относительно темы статьи, можно утверждать, что общепризнанной, узаконенной классификации ТЭК нет, хотя в некоторых публикациях имеются высказывания, предпо-

лагающие дихотомическое деление на энергоэффективные и энергоемкие ТЭК, на ресурсоемкие и энергосберегающие ТЭК, на энергодефицитные и энергоизбыточные ТЭК, на экологичные и антропогенные ТЭК, но всего этого мало, для проведения емкого научного исследования (системного анализа) современного регионального ТЭК. Для того чтобы, дать **классификацию сложных экономических систем** таких как **региональные топливно-энергетические комплексы**, необходимо рассмотреть существующие классификации современных экономических систем и логическим путем, вычленить и сформировать соответствующую требованиям общей теории систем - классификацию ТЭК по их типам.

Как известно, существуют различные подходы классификации экономических систем (моделей экономических систем), например по типу формаций, различаемых по способу производства и формам собственности: чистый капитализм (рыночная экономика), командная экономика (плановая экономика), смешанная система, традиционная экономика, переходная экономика, которые достаточно описаны в различных учебниках по экономике. Это высший уровень классификации *формаций развития общества*, и для классификации ТЭК этот уровень не совсем подходит, а вот уже в некоторых из этих формаций, могут присутствовать топливно-энергетические комплексы как элементы. Поэтому ограничивая экономические модели высшей иерархии, можно перейти к классификации сложных экономических систем *с позиций их организационно-технологического аспекта (технологического уклада, технологической парадигмы),* и решить задачу присутствия в них ТЭК в большинстве случаев, как одного из базовых элементов.

Согласно паспорта специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством», и специальности 08.00.01 «Экономическая теория», экономические системы (объекты исследования) можно подразделить: национальные, отраслевые, региональные и отдельные экономические системы, сложившиеся и формирующиеся в результате институциональных преобразований в первичных и агрегированных звеньях промышленности (предприятия, хозяйственные ассоциации, финансово-промышленные объединения топливно-энергетического, машиностроительного, металлургического и др. комплексов народного хозяйства). Согласно данных положений классификация ТЭК может рассматриваться с различных позиций иерархии федеративного и отраслевого устройства, так и с позиций финансово-экономической и технологической эффективности функционирования данных сложных экономических систем.

При контент-анализе и синтезе различных классификаций сложных экономических систем, автор разработал следующую их классификацию (рис.1):

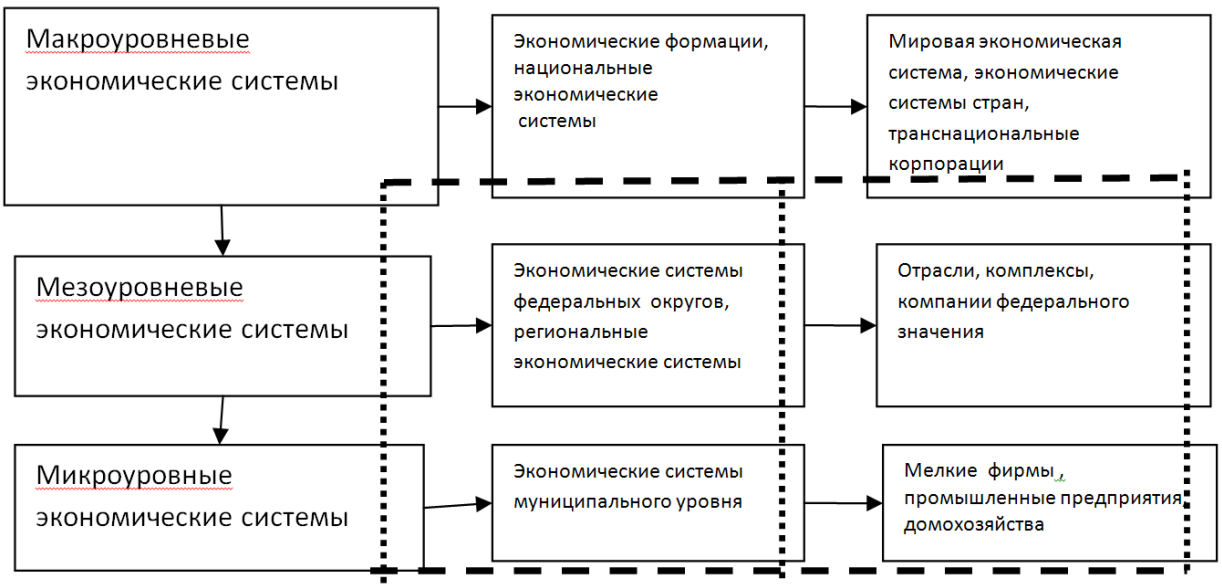


Рис.1. Классификационные уровни экономических систем

Конечно, возможны и другие классификации по различным признакам (например, по энтропии и др.), и это зависит от целей исследователя. Рассматривая сложные экономические системы, понятно, что им также присуща терминология и свойства, которые определяет дисциплина - общая теория систем. В свою очередь, рассматривая региональные ТЭКи, как экономические системы им необходимо определить терминологическую конкретику и специфику, в соответствии с чем, определяется задача классификации региональных ТЭК России, т.е. их идентификации, только после чего можно разработать эффективные стратегии его развития .

Проблемы экономического анализа определяются ограниченностью рассматриваемых процессов и объектов во времени и пространстве, а также достоверностью измерений и информации:

во-первых, используемые критерии (показатели) оценок разрозненны, и они не отражают действительного вектора развития анализируемой (оцениваемой) сложной экономической системы;

во-вторых, некоторые существующие методики не дают достоверного прогноза экономической системы, не только на стратегическую перспективу, но и на краткосрочный период.

в-третьих, все методики анализа хозяйственной деятельности основаны на исследовании бухгалтерского баланса предприятий(компаний), которому свойственны ограничения:

1. Баланс историчен по своей природе.
2. Баланс есть свод моментных данных на конец отчетного периода и в силу этого не отражает адекватно состояние средств организации в течении отчетного периода.
3. Баланс не достаточно полно отражает прибыль.
4. Баланс не отражает ряд других важных факторов влияющих на финансовое положение предприятия(экономической системы), а именно: политические, общеэкономические изменения, организационные трансформации.
5. Баланс не отражает реальную рыночную стоимость.

Поэтому, для госменеджмента и топменеджмента, нужна более достоверная информация (отчеты, прогнозы, программы), минимизирующая, вышеопределенные проблемы, что и направляет экономическую мысль на поиск инновационных методов системной оценки экономических систем, учитывающих их входы и выходы, процесс функционирования и стратегического развития, с учетом его качества, а главное - оценки результата деятельности системы как в оперативном, тактическом, так и стратегическом плане.

УДК 33:622.3

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ И ОПЛАТЫ ТРУДА

Нифонтов А.И., Кушнеров Ю.П.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия

По мнению ведущих российских ученых-трудовиков оплата труда призвана обеспечить решение как минимум двух крупных жизненно важных проблем: а) воспроизводства рабочей силы у человека; б) мотивации к труду, а значит заинтересованность работников в результативности функционирования своих организаций, развитие экономики регионов, страны и общества в целом.

Воспроизводственная функция оплаты труда – свойство, способность и возможность заработной платы компенсировать затраты (физические, умственные, интеллектуальные и др.), которые имели в процессе труда работника.

Стимулирующая (мотивационная) функции оплаты труда – это ее свойство, способность и возможность направлять интересы работников на достижение требуемых результатов труда за счет обеспечения:

– безопасных условий труда;

– взаимосвязи размеров заработной платы и его трудового вклада.

Согласно сложившемуся мнению содержание заработной платы должно решать ряд принципиальных проблем:

– отставание МРОТ от ПМ;

– низкие размеры заработной платы, тормозящие процесс воспроизводства рабочей силы;

– слабая зависимость размеров платы труда от фактического трудового вклада работника, содержащая его мотивацию в производительном и качественном труде;

– недооценка организации оплаты труда;

– уравниловка в оплате труда;

– низкая доля оплаты труда в совокупном доходе работника;

– несовершенство или отсутствие механизмов формирования фонда заработной платы предприятия.

Учитывая специфику горного производства, характеризующуюся повышенной опасностью ведения горных работ в подземных условиях, высоким риском управления производственными процессами, необходимо добавить к приведенному перечню:

– обеспечение безопасных условий труда;

– освоение и внедрение смешанной формы и бестарифной системы при производстве монопродукта;

– разработку фондообразующих показателей, характеризующих интенсивность использования горновыемочной и горнопроходческой техники, учитываемых или определяющих уровень заработной платы работников занятых на процессах «очистные работы» и «проведение горных выработок»;

– разработку нормативов формирования заработной платы работников и фонда заработной платы предприятия.

Решение вышеобозначенных проблем в организации заработной платы позволит повысить уровень мотивации работников в полноте реализации своего производственного потенциала, сблизить интересы наемных работников и собственников, работодателей и собственников. Для выполнения этих функций в организации заработной платы необходимо определить показатели, определяющие напряженность и интенсивность труда работников в достижении намеченных целей, обосновать и предложить методику формирования модели смешанной формы и бестарифной системы, выработать предложения и методику формирования фонда заработной платы с определением источника и нормативов отчислений для предприятия, технологического процесса и работников.

Важным вопросом, требующим решения, на который обратил внимание Председатель Правительства РФ В.В. Путин на совещании, проводимом в формате видеоконференции 17 мая 2010 года в связи с аварией на шахте «Распадская», является определение базовой (постоянной) и переменной частей заработной платы и оптимального соотношения между этими составляющими.

Современная управленческая и экономическая наука и практика предлагает достаточно большое количество различных отечественных и зарубежных методик определения пропорций между заработной платой различных категорий работников, работающих в различных условиях, на различных технологических процессах, обеспечивающих выпуск продукции (добычу полезных ископаемы), ресурсное обеспечение (подготовка готовых к выемке запасов), их обслуживание (прочие подземные работы и работы на поверхности шахт).

В ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» с 1998 года до 2007 года получил распространение метод дифференциации заработной платы работников, с использованием системы грейдов. В переводе с английского grade означает «степень, уровень, класс, ранг».

Однако переход на систему грейдов требует установления показателей, определяющих перечень профессий, должностей, квалификационных групп относимых к конкретному грейду от разряда тарифной сетки предприятия. В соответствии с Отраслевым (тарифным) соглашением предприятие (компании) самостоятельно устанавливает систему оплату труда, следовательно, схему и показатели отнесения работников к тарифному разряду можно осуществлять при отнесении данной категории к грейдам.

Система грейдов предполагает:

– определение показателей положенных в основу отнесения определенной профессии к конкретному грейду или разряду тарифной сетки предприятия;

– установление соответствия отнесения различных профессий, различных технологических процессов с одинаковыми профессиональными характеристиками к разным уровням грейдов;

– разработку дифференцированного ряда уровней заработной платы по профессиям для рабочих и окладов для руководителей и специалистов в зависимости от результатов деятельности за отчетный период с учетом компетентности и приоритета работников в достижении конкретных результатов;

– внедрение бестарифной системы оплаты труда.

Как отмечалось выше, постоянная часть заработной платы рекомендуется устанавливать не менее 70% от общей заработной платы работника.

Определение размера заработной платы должно быть тесно связано с источником его возмещения, т.е. с объемом продаж. В этом случае возможны два варианта расчета:

– норматив формирования фонда заработной платы в процентах от объема реализации продукции, тыс. руб.

– норматив формирования фонда заработной платы от цены реализации единицы продукции (одна тонна угольной продукции) с последующей дифференциацией.

При первом варианте определяется общая сумма фонда заработной платы, которая по каким-либо показателям должна быть распределена между технологическими процессами, их структурными подразделениями, отдельными категориями работников. Конечно, можно принять вариант, когда размер фонда заработной платы, начисленной по предприятию в целом, должны возмещать в полном размере независимо от наличия источника и в этом есть логика. Второй вариант, по нашему мнению, является более предпочтительным.

Наиболее полно характеризует результаты производственно-хозяйственной деятельности угледобывающего предприятия интегральный показатель – время работы очистного комбайна по добыче угля. Этот показатель включает в себя параметры отрабатываемых пластов, техническую оснащенность очистных забоев, организацию труда и производства, а главное, обеспечивает приоритеты интенсивных методов ведения горного производства и рыночные взаимоотношения между работником и работодателем.

Анализ производственно-хозяйственной деятельности угледобывающих предприятий показывает, что используемые методы прогнозирования объемов производства, численности, фонда заработной платы, затрат на производство и реализацию продукции продолжают формироваться по принципам планово-регулируемой экономики.

Кроме того, настоятельным требованием текущего времени является безусловное возмещение каждым предприятием затрат на простое воспроизводство производственных мощностей в том числе оплату труда за счет источников, полученных от реализации угольной продукции. В свою очередь, это возможно, если деятельность угледобывающего предприятия, его технологических процессов, структурных подразделений, отдельных категорий работников ППП будет оцениваться с учетом равнонапряженности труда по достигнутым производственным показателям.

На основе проведенных исследований методов управления затратами, систем стимулирования труда и организации работ на разных уровнях технологической схемы угольных шахт было установлено, что эффективность работы всех участников технологических процессов шахт зависит от эффективности работы очистного КМЗ. Это обусловлено тем, что процессы в технологическом цикле выполняются последовательно и любой участник технологического процесса не может выполнять свои функции, если не работает очистной забой. Поэтому в условиях самоокупаемости производственных затрат важно определить приоритетные показатели очистного забоя. Они должны быть легко воспринимаемыми, наиболее полно отражать их влияние на улучшение экономического состояния предприятий и оценивать равнонапряженность работы техники при добыче угля.

Такими основополагающими показателями являются нормативы часовой добычи угля и времени работы комбайна в комплексно-механизированном забое (КМЗ) по добыче угля в течение суток.

Список литературы

1. Мотивация и стимулирование трудовой деятельности: Учебник / Под ред. Кибаева. – М.: Инфра-М, 2009.

2. Управление персоналом организации: Учебник / Под ред. Кибаева. – М.: Инфра-М, 2009.

УДК 65.016.8: 622.012

ОЦЕНКА РИСКА БАНКРОТСТВА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Черникова О.П., Никитина С.А.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

В условиях рыночных отношений при наличии конкуренции и возникновении непредсказуемых ситуаций финансово-хозяйственная деятельность предприятия невозможна без рисков. Появление рисков связано с самой сущностью рыночных отношений, которые всегда сопряжены с неопределенностью достижения конечных результатов предпринимательства. С одной стороны, риск - это опасность наступления непредсказуемых и нежелательных для субъекта предпринимательской деятельности последствий его действий, которые могут привести предприятие к краху, с другой стороны, наличие рисков является стимулирующим фактором развития предпринимательства.

На любом предприятии возникают риски связанные с его производственной и финансовой деятельностью, но наиболее опасным из них является риск банкротства, так как при его наступлении предприятие теряет возможность дальнейшего функционирования и в дальнейшем, как правило, разоряется. Поэтому оценка и прогнозирование риска банкротства с целью предотвращения финансового краха предприятия становятся необходимыми.

В настоящее время многие предприятия не придают достаточного значения оценке и прогнозированию финансового состояния. В результате чего процедуры банкротства вводятся на поздней стадии, когда финансовый кризис достиг своего развития и финансовое оздоровление уже невозможно. Таким образом, проблема предотвращения банкротства и разработка комплексной методики оценки и прогнозирования риска банкротства являются весьма актуальными задачами как для экономической науки, так и для практики.

В работе был проведен анализ технико-экономических (табл. 1) и финансовых (табл. 2) показателей работы одной из шахт компании ОАО ОУК «Южкузбассуголь» за 2010 год. По рассматриваемому предприятию в 2010 году фактическая добыча угля составила 842,8 тыс.т, что на 488,2 тыс.т меньше плановой и составляет 63,3% по отношению к

плану и 83,6% к уровню 2009 года. Фактическая среднесуточная добыча всего по шахте составляет 2509 т, что на 1217 т меньше плановой и составляет 67,3% по отношению к плану и 89% к уровню 2009 года. Фактическая нагрузка на очистной забой составляет 3044 т, что на 1367 т меньше плановой и составляет 69% по отношению к плану и 101,4% к уровню 2009 года.

Таблица 1

Основные итоги работы горного предприятия за 12 месяцев 2010 года

Показатели	12 мес. 2009 г.	12 месяцев 2010 года				+/- к 12 мес. 2009г.
		план	факт	%	+,-	
Добыча угля – всего, тыс.т	1008,1	1331,0	842,8	63,3	-488,2	-165,3
Среднесуточная добыча, т/сут	2819	3726	2509	67,3	-1217	-310
Нагрузка на очистной забой, т	3001	4411	3044	69,0	-1367	43
Среднедействующее кол-во оч.заб.	0,8	0,8	0,7	87,5	-0,1	-0,1
Подготовительные работы, м	4408	6924	5980	86,4	-944,0	1572
Численность ППП , чел.	1353	1299	1340	103,2	41	-13
в т.ч. рабочих, чел.	1125	1070	1108	103,6	38	-17
Производительность труда рабочих, т/месс.	74,7	103,7	63,4	61,1	-40,3	-11,3
Фонд заработной платы ППП, тыс.руб.	342217	389391	398891	102,4	9500	56674
Среднемесячная зарплата ППП, руб.	21870	24980	24807	99,3	-173,5	2937
Затраты на добычу угля, тыс.руб.	1338704	1462100	1579825	108,1	117725	241121
Себестоимость 1 тонны угля, руб./т	1327,89	1098,45	1874,52	170,65	776,07	547
Прибыль, тыс.руб.	1091663,8	1398500	702960,6	50,26	-695539,4	-388703,2

Фактическая протяженность проведения подготовительных горных выработок за 2010 год – 5980 м, что на 944 м меньше плана и составляет 86,4% по отношению к плану и 135,7% к уровню 2009 года.

Наблюдается уменьшение численности ППП за 2010 г. на 13 чел. по сравнению с 2009 г., а рабочих на 17 чел. Фактическая производительность труда рабочих – 63,4 т/мес., что на 40,3 т/мес. меньше плановой и составляет 61,1% по отношению к плану и 84,9% к уровню 2009 года. Фактическая среднемесячная заработная плата ППП за 2010 год составила 24807 руб., что на 13,4% выше уровня заработной платы за 2009 г.

Общая сумма затрат на добычу угля за 2010 год составляет 1579825 тыс.руб., что на 117725 тыс.руб. больше плановой и составляет 108,1% по отношению к плану и 118% к уровню 2009 года. Фактическая полная себестоимость 1 т угля – 1874,52 руб./т, что на 776,07 руб./т больше плановой и составляет 170,65% по отношению к плану и 141,2% к уровню прошлого года. Фактическая цена 1 т угля в 2010 г. составляла 2600 руб./т.

Фактическая прибыль в 2010 году составила 702960,6 тыс.руб., что ниже показателя 2009 года на 388703,2 тыс.руб. и ниже планового значения на 695539,4 тыс.руб.

Таблица 2

Основные методики прогнозирования банкротства и результаты расчета финансовых показателей по рассматриваемому предприятию

<table>
<tr><th>Наименование методики прогнозирования банкротства</th><th>Содержание методики, результаты расчетов</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1.Пятифакторная модель Альтмана</td><td>$Z = 1,2\ К_{об} + 1,4\ К_{нп} + 3,3\ К_{р} + 0,6\ К_{п} + 1,0\ К_{ом}$
где $К_{об}$ — доля оборотных средств в активах;
$К_{нп}$ — рентабельность активов, исчисленная по нераспределенной прибыли;
$К_{р}$ — рентабельность активов, исчисленная по прибыли до уплаты процентов;
$К_{п}$ —отношение рыночной стоимости акционерного капитала к краткосрочным обязательствам;
$К_{ом}$ — отношение выручки от реализации продукции к сумме активов.
Степень вероятности банкротства:
<table>
<tr><th>Значение Z-счета</th><th>Вероятность банкротства</th></tr>
<tr><td>1,8 и меньше</td><td>Очень высокая</td></tr>
<tr><td>От 1,81 до 2,7</td><td>Высокая</td></tr>
<tr><td>От 2,71 до 2,9</td><td>Существует возможность</td></tr>
<tr><td>3,0 и выше</td><td>Очень низкая</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Достоинства: в первом приближении можно разделить предприятия на потенциальных банкротов и не банкротов; точность расчетов зависит от прогнозируемого периода времени: 1 год - 95%, 2 года - 83%.
Недостатки: - область применения ограничена (только крупные компании с котирующимися акциями); не учитывает влияние рентабельности; по содержанию это показатель рентабельности капитала (активов)</td></tr>
<tr><td>Результаты расчета по рассматриваемой шахте:
Z=1,2*0,066+1,4*0,036+3,3*0,5370+0,6*0+1,0*1,7038 = 3,6055
Z > 3 – степень вероятности банкротства очень низкая.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2.Модель Таффлера</td><td>$Z = 0,53.x_1 + 0,13x_2 + 0,18x_3 + 0,16x_4$
где x_1 - прибыль от реализации/краткосрочные обязательства;
x_2 - оборотные активы/сумма обязательств;
x_3 - краткосрочные обязательства/сумма активов;
x_4 - выручка/сумма активов.
Если Z >0,3, то у предприятия хорошие долгосрочные перспективы.
Если Z<0,2, то высока вероятность банкротства.</td></tr>
<tr><td>Достоинства: позволяет отслеживать деятельность компании во времени (моменты упадка и возрождения)
Недостатки: область применения ограничена (только для компаний, акции которых котируются на рынке); точность расчетов зависит от исходной информации при построении модели</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3.Модель Лиса</td><td>Z = 0,063X1 + 0,092X2 + 0,057X3 + 0,001X4
где X1 - оборотные активы / сумма активов;
X2 - прибыль от реализации / сумма активов;
X3 - чистая прибыль / сумма активов;
X4 - собственный капитал / заемный капитал.
Если Z < 0,037 - вероятность банкротства высокая;
Если Z > 0,037 - вероятность банкротства невелика.</td></tr>
<tr><td>Достоинства: введен коэффициент соотношения собственных и заем-</td></tr>
</table>

Наименование методики прогнозирования банкротства	Содержание методики, результаты расчетов
	ных средств Недостатки: введенный коэффициент практически не оказывает влияния на значение итогового показателя
	Результаты расчета по рассматриваемой шахте: Z = 0,063*0,0655 + 0,092*0,5370 + 0,057*0,5192 + 0,001*0 = 0,0831 Z > 0,037 - вероятность банкротства невелика.
4.Гордон Л. В. Спрингейт	Z = 1,03X1 + 3,07X2 + 0,66X3 + 0,4X4 где X1 = Оборотные активы / Баланс; X2 = (Прибыль до налогообложения + Проценты к уплате) / Баланс; X3 = Прибыль до налогообложения / Краткосрочные обязательства; X4 = Выручка (нетто) от реализации / Баланс Если Z < 0,862 – критическое значение; Если Z > 0,862 – устойчивое положение.
	Недостатки: влияние второго коэффициента в расчетах значительно перекрывает влияние остальных
	Результаты расчета по рассматриваемой шахте: Z = 1,03*0,0655 + 3,07*0,5192 + 0,66*0,5192 + 0,4*1,7038 = 2,6854 Z > 0,862 – устойчивое положение.
5.Модель О.П. Зайцевой	K = 0,25X1 + 0,1X2 + 0,2X3 + 0,25X4+ 0,1X5 + 0,1X6 где, X1 - отношение чистого убытка к собственному капиталу; X2 - отношение кредиторской и дебиторской задолженности; X3 - отношение краткосрочных обязательств и наиболее ликвидных активов; X4 - отношение чистого убытка к объему реализации продукции; X5 - отношение заемного капитала к собственным источникам финансирования; X6 -– отношение общей величины активов предприятия к выручке. Нормативное значение: X1 = 0; X2 = 1; X3 = 7; X4 = 0; X5 = 0,7; X6 = X6прошлого года. Для определения вероятности банкротства необходимо сравнить фактическое значение Кфакт с нормативным значением Kn, которое рассчитывается по формуле: Kn = 0,25 * 0 + 0,1 * 1 + 0,2 * 7 + 0,25 * 0 + 0,1 * 0,7 + 0,1 * X6 Если Кфакт > Kn - высока вероятность банкротства предприятия; Кфакт < Kn - вероятность банкротства незначительна.
	У рассматриваемой шахты отсутствуют собственные средства, поэтому расчет коэффициента X_5 невозможен, и, следовательно, модель О.П. Зайцевой не может быть использована для оценки риска банкротства предприятия.
6.Депалян Ж. (метод credit-men)	N = 25R1 + 25R2 + 10R3 + 20R4 + 20R5 где, R1 - Коэффициент быстрой ликвидности; R2 - Коэффициент кредитоспособности; R3 - Коэффициент иммобилизации собственного капитала; R4 - Коэффициент оборачиваемости запасов; R5 - Коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности. Если N=100, то финансовая ситуация предприятия нормальная, если N>100, то ситуация хорошая,

<table>
<tr><td>Наименование методики прогнозирования банкротства</td><td>Содержание методики, результаты расчетов</td></tr>
<tr><td></td><td>если N<100, то ситуация на предприятии вызывает беспокойство.</td></tr>
<tr><td></td><td>Недостатки: самое большое влияние имеет коэффициент оборачиваемости дебиторской задолженности, при нулевых значениях двух коэффициентов ситуация считается хорошей</td></tr>
<tr><td></td><td>Результаты расчета по рассматриваемой шахте:
N = 25*0,2316 + 25*0 + 10*0 + 20*19,5729 + 20*294,9645 = 6296,538
N>100 – ситуация хорошая.</td></tr>
<tr><td>7.Система показателей У. Бивера для диагностики банкротства</td><td>
<table>
<tr><td rowspan="2">Показатель</td><td rowspan="2">Формула</td><td colspan="3">Значение показателей</td></tr>
<tr><td>благополучного предприятия</td><td>за 5 лет до банкбанкротства</td><td>за 1 год до банкротства</td></tr>
<tr><td>Коэффициент Бивера</td><td>ЧП – Ам/До+Ко</td><td>0,40-0,45</td><td>0,17</td><td>-0,15</td></tr>
<tr><td>Рентабельность активов</td><td>ЧП/Ак*100%</td><td>6-8</td><td>4</td><td>-22</td></tr>
<tr><td>Финансовый Леверидж</td><td>До+Ко/Ак</td><td>≥37</td><td>≥50</td><td>≥80</td></tr>
<tr><td>Коэффициент покрытия активов чистым оборотным капиталом</td><td>Ск – Внк/Ак</td><td>0,4</td><td>≥0,3</td><td>0,06</td></tr>
<tr><td>Коэффициент покрытия</td><td>Обак/Ко</td><td>≥3,2</td><td>≥2</td><td>≥1</td></tr>
</table>
Условные обозначения:
ЧП - чистая прибыль; Ам - амортизация; До - долгосрочные обязательства; Ко - краткосрочные обязательства; Ак - активы; Ск - собственный капитал; Внк - внеоборотный капитал; Обак - оборотные активы.</td></tr>
<tr><td></td><td>Достоинства: позволяет определять "рейтинг риска банкротства"; прогноз банкротства не только по количеству, но и по временному характеру
Недостатки: не содержит итогового вывода об оценке состояния предприятия</td></tr>
<tr><td></td><td>Результаты расчета по рассматриваемой шахте:
Коэффициент Бивера = 0,3767 – для благополучного предприятия
Рентабельность активов = 0,5192 - за 1 год до банкротства
Финансовый Леверидж = 1 – для благополучного предприятия
Коэффициент покрытия активов чистым оборотным капиталом = -0,9344 – за 1 год до банкротства
Коэффициент покрытия = 0,0655 - за 1 год до банкротства.</td></tr>
</table>

Для рассматриваемого предприятия авторы пытались выявить неблагоприятные тенденции его развития и выбрать метод оценки банкротства. В табл. 2 рассчитан ряд финансовых показателей, входящих в разные методики прогнозирования банкротства.

Согласно проведенным расчетам по всем представленным методикам диагностики, у шахты хорошие перспективы, вероятность банкротства очень низка. И это у предприятия, которое систематически не выполняет план по основным технико-экономическим показа-

телям. И только в системе показателей У. Бивера три коэффициента (рентабельность активов, коэффициент покрытия активов чистым оборотным капиталом и коэффициент покрытия) соответствуют состоянию предприятия за 1 год до банкротства.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение указанных методик диагностики банкротства не позволяет с достаточной степенью достоверности выявить неблагоприятные тенденции в производственно-хозяйственной деятельности предприятий.

По мнению авторов, это связано с тем, что несмотря на явные недостатки в деятельности предприятия, в отчетном периоде им получена прибыль в размере 702960,6 тыс.руб., при этом существующие методики прогнозирования банкротства учитывают только размер прибыли, но не учитывают ее «качество».

Качество прибыли — это обобщенная характеристика структуры источников формирования прибыли организации. Как отмечают А.Д. Шеремет, А. Ф. Ионова, Н.Н. Селезнева и их сторонники, операционная прибыль может иметь высокое качество лишь в том случае, когда она формируется факторами экономическими. «Качественная» прибыль горного предприятия должна увеличиваться за счет роста объемов добываемой и реализуемой на рынке продукции и снижения себестоимости добычи 1 т угля.

При этом размер прибыли рассматриваемого предприятия в первую очередь определяется высокой ценой реализации угольной продукции, следовательно, полученная шахтой прибыль имеет низкое «качество».

Реалистичность оценки деятельности предприятия значительно возрастает при увеличении количества исследуемых отчетных периодов. Это позволяет дать некоторые рекомендации для формулировки выводов о качестве прибыли (табл. 3).

Таблица 3

Оценка качества прибыли предприятия

Показатели	Отчетные периоды, в которых выполняются условия уравнений			
	полностью выполняются в трех последних периодах	выполняются в двух последних периодах	выполняются в последнем периоде, в предшествующих не выполняются	не выполняются в предпоследнем периоде
Устойчивость коэффициента валовой прибыли предприятия	Структура элементов, формирующих валовую прибыль, постоянно улучшается. Качество валовой прибыли высокое	Структура элементов, формирующих валовую прибыль, улучшается, но возможно ее ухудшение в следующем периоде. Валовая прибыль качественная	Структура элементов, формирующих валовую прибыль, улучшилась, но высока вероятность ее ухудшения в следующем периоде. Качество валовой прибыли низкое	Изменения в структуре элементов, формирующих валовую прибыль, непредсказуемы. Качество валовой прибыли низкое
Устойчивость темпов прироста валовой прибыли предприятия	Темпы прироста валовой прибыли устойчивы. Качество валовой прибыли высокое	Темпы прироста валовой прибыли имеют позитивную динамику, но возможно их снижение в следующем периоде. Валовая прибыль качественная	Темпы прироста валовой прибыли неустойчивы. Качество валовой прибыли низкое	Темпы прироста валовой прибыли неустойчивы. Качество валовой прибыли низкое

Показатели	Отчетные периоды, в которых выполняются условия уравнений			
	полностью выполняются в трех последних периодах	выполняются в двух последних периодах	выполняются в последнем периоде, в предшествующих не выполняются	не выполняются в предпоследнем периоде
Устойчивость темпов прироста прибыли до налогообложения предприятия	Темпы прироста прибыли до налогообложения устойчивы (стабильны). Качество прибыли до налогообложения высокое	Темпы прироста прибыли до налогообложения имеют позитивную динамику (стабилизируются), но возможно их снижение в следующем периоде. Прибыль до налогообложения качественная	Темпы прироста прибыли до налогообложения не устойчивы и непредсказуемы. Качество прибыли до налогообложения низкое	Темпы прироста прибыли до налогообложения не устойчивы и непредсказуемы. Качество прибыли до налогообложения низкое
Устойчивость коэффициента чистой прибыли предприятия	Структура элементов, формирующих чистую прибыль, постоянно улучшается (стабильна). Качество чистой прибыли высокое	Структура элементов, формирующих чистую прибыль, улучшается (стабилизируется), но возможно ее ухудшение в следующем периоде. Чистая прибыль качественная	Структура элементов, формирующих чистую прибыль, улучшилась, однако высока вероятность ее ухудшения в следующем периоде. Качество чистой прибыли низкое	Изменения в структуре элементов, формирующих чистую прибыль, непредсказуемы. Качество чистой прибыли низкое
Устойчивость темпов прироста чистой прибыли предприятия	Темпы прироста чистой прибыли устойчивы (стабильны). Качество чистой прибыли высокое	Темпы прироста чистой прибыли имеют позитивную динамику (стабилизируются), но возможно их снижение в следующем периоде	Темпы прироста чистой прибыли неустойчивы. Качество чистой прибыли низкое	Темпы прироста чистой прибыли неустойчивы. Качество чистой прибыли низкое

На основе показателей финансовых результатов деятельности рассматриваемого предприятия в 2008 — 2010 гг. произведена оценка качества прибыли Результаты расчетов и основные оценки представлены в табл. 4.

По результатам расчета можно сделать вывод о том, что в 2008—2010 гг. качество всех показателей прибыли рассматриваемого предприятия было низким (в особенности в 2010 г.). Поэтому для более точной диагностики риска банкротства горного предприятия авторы рекомендуют разработку комплексной методики прогнозирования, включающей показатели «качества» прибыли предприятия.

Таблица 4

Количественные показатели качества прибыли рассматриваемой шахты в 2008 - 2010 гг.

Показатель	Методика и результаты расчета по рассматриваемому предприятию
Устойчивость коэффициента (нормы) валовой прибыли предприятия	$К_{ВПt} >... К_{ВП3} > К_{ВП2} > К_{ВП1} > К_{ВП0}$ где $К_{ВПt}$ - коэффициент валовой прибыли в последнем периоде; $К_{ВП3}$, $К_{ВП2}$, $К_{ВП1}$, $К_{ВП0}$ - коэффициенты валовой прибыли предшествующих периодов. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: 0,31 (2010 г.) < 0,45 (2009 г.) > 0,13 (2008 г.) На протяжении 2008—2010 гг. качество валовой прибыли оставалось низким (при тенденции в 2009 г. к повышению). В 2010 г. значение Квп резко снизилось. Рост объемов продаж сократился. Прирост выручки от реализации достигается за счет цены на продукцию. Существенно возросла себестоимость продукции. Ухудшилась структура источников формирования валовой прибыли. Качество валовой прибыли низкое
Индикатор качества валовой прибыли предприятия	$Т_{ВПt} >= Т_{Bt} > Т_{Ct}$ при $Т_{Bt} > Т_{ПЦt}$ где $Т_{ВПt}$ - темп прироста валовой прибыли предприятия в анализируемом периоде; $Т_{Bt}$ - темп прироста выручки от реализации продукции в анализируемом периоде; $Т_{Ct}$ — темп прироста себестоимости продукции в анализируемом периоде; $Т_{ПЦt}$ — темп прироста цен в экономике страны в анализируемом периоде. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: -34,63 < -5,88 < 18,01 при -5,88 < 1. В 2010 г. качество валовой прибыли резко ухудшилось: темпы ее прироста оказались отрицательными; темпы прироста валовой прибыли не покрыли темпы прироста цен. Качество валовой прибыли низкое
Устойчивость темпов прироста валовой прибыли предприятия	$Т_{ВПt} >=...>= Т_{ВП3} >= Т_{ВП2} >= Т_{ВП1} > 0$ Результаты расчета по рассматриваемой шахте: -34,63 (2010 г.) < 442,09 (2009 г.) > 0. Темпы прироста валовой прибыли на протяжении 2008 - 2010 гг. крайне неустойчивы. Качество валовой прибыли низкое.
Показатель соотношения прибыли от продаж и прибыли до налогообложения предприятия	$1 >= К_{Ппнt} >= 0,51$ где $К_{Ппнt}$ - показатель соотношения прибыли от продаж и прибыли до налогообложения предприятия анализируемого периода. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: 1 < 1,034 > 0,51. В 2010 г. показатель составил 1,034, прибыль от основной деятельности в значительных размерах направлялась на покрытие отрицательного сальдо прочих доходов и расходов. Прибыль до налогообложения некачественна, т.к. несоблюдение неравенства
Устойчивость темпов прироста прибыли до налогообложения предприятия	$Т_{Пнt} >= ... >= Т_{Пн3} >= Т_{Пн2} >= Т_{Пн1} > 0$ где $Т_{Пн3}$, $Т_{Пн2}$, $Т_{Пн1}$ - темпы прироста прибыли до налогообложения в предшествующих периодах. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: -71,32 (2010 г.) < 53,91 (2009 г.) > 0. Темпы прироста прибыли от продаж неустойчивы, резкий спад пришелся на 2010 г.
Устойчивость коэффициента чистой прибыли предприятия	$К_{ЧПt} >= ... >= К_{ЧП3} >= К_{ЧП2} >= К_{ЧП1} > 0$ где $К_{ЧП3}$, $К_{ЧП2}$, $К_{ЧП1}$ - значения коэффициента чистой прибыльности предприятия в предшествующих периодах. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: 0,30 (2010 г.) < 0,44 (2009 г.) > 0,12 (2008г.) > 0. Коэффициент чистой

Показатель	Методика и результаты расчета по рассматриваемому предприятию
	прибыльности предприятия крайне неустойчив. Качество чистой прибыли низкое
Устойчивость темпов прироста чистой прибыли предприятия	$К_{Пчt} >= К_{Пч3} >= К_{Пч2} >= К_{Пч1} > 0$ где $К_{Пч3} >= К_{Пч2} >= К_{Пч1}$ - значения показателя соотношения чистой прибыли и прибыли до налогообложения предприятия в предшествующих периодах. Результаты расчета по рассматриваемой шахте: -35,6 (2010 г.) < 474,11 (2009 г.) > 0. Темпы прироста чистой прибыли предприятия крайне неустойчивы. Качество чистой прибыли низкое

УДК 332.1

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ИЗДЕРЖЕК В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ УГЛЯ

Дубовик Ю.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Задача рационального использования ресурсов является актуальной как для мировой, так и для российской экономики. Это обусловлено рядом причин. Во-первых, наблюдается рост потребления энергоносителей. Во-вторых, сокращение запасов традиционных энергоресурсов. В-третьих, имеют место неблагоприятные экологические изменения. В-четвертых, сохраняется зависимость национальной экономики от сырьевого сектора.

Рациональное использование минеральных ресурсов решает ряд экономических и социальных задач, в том числе повышение энергетической и экологической безопасности российской экономики и энергетики в соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года [1]; увеличение добычи угля, что обеспечивает возможность роста в других отраслях, являющихся потребителями данной продукции, и рост ВВП в-целом; снижение потребности в увеличении затрат на геологоразведку; обеспечение занятости, заработной платы и социальной стабильности в регионах, экономика которых традиционно связана с добычей полезных ископаемых. Например, в Кузбассе разведанные запасы угля сокращаются, а экономика региона по-прежнему сильно зависит от угольной промышленности даже при существующей тенденции к диверсификации экономики.

В условиях Российской экономики местная ресурсная обеспеченность не стимулирует недропользователей к максимально возможному извлечению полезного ископаемого. Потери угля при подземной разработке месторождений в среднем в Кузбассе составляют около 50 %. Недропользователи, как правило, не имеют экономических стимулов для более полного извлечения полезного ископаемого, так как инвестиции в угледобычу являются источником повышенного риска.

Спецификой горнодобывающих предприятий являются не только высокие капитальные затраты, но и большой временной разрыв между моментом вложения средств и их окупаемостью (5 лет и более). В течение этого времени могут изменяться инфляция, цены на уголь, железнодорожные тарифы, цены на электроэнергию, оборудование и материалы, уровень реальной заработной платы и т.д. Экономическая целесообразность отработки участков месторождений зависит от изменения рыночной конъюнктуры.

Кроме этого, важным фактором риска является зависимость от природного фактора, что обусловлено неточными сведениями о запасах полезного ископаемого в недрах, что влияет на оценку затрат и экономической эффективности проекта, а также геомеханическими и газодинамическими процессами, происходящими в массиве горных пород, ко-

торые могут наряду с человеческим фактором провоцировать возникновение аварийных ситуаций, приводящих к остановке или снижению добычи и увеличению затрат.

В таких условиях стремление недропользователя к более высокой рентабельности оправдано потребностью компенсировать возможные неблагоприятные проявления горно-геологических факторов и изменения рыночной конъюнктуры. [2]

В ситуации экономического кризиса данные проблемы усугубляются. При этом дополнительным фактором неопределенности и источником риска является недостаток информации об экономической эффективности различных вариантов снижения потерь.

В-общем, можно определить следующие основные технологические возможности снижения потерь: оптимизация размещения целиков, оптимизация последовательности отработки пластов, выбор систем разработки с минимальными потерями, техническое перевооружение, выемка угля с полной или частичной закладкой выработанного пространства. При реализации этих направлений может наблюдаться не только увеличение, но и в некоторых случаях уменьшение части затрат. Иногда, например, при оптимизации размещения целиков, может вовсе не наблюдаться изменения затрат. Однако эти направления не находят практического применения из-за недостатка информации об экономической эффективности различных вариантов освоения горного отвода, что препятствует принятию объективных и экономически обоснованных решений об увеличении коэффициента извлечения полезного ископаемого.

Определение оптимальных величин объема добычи и коэффициента извлечения полезного ископаемого является актуальной научной задачей. Для этого предлагается распространить концепцию предельных или маржинальных издержек на экономический анализ деятельности угледобывающих предприятий на различных стадиях их функционирования.

Маржинальные (предельные) издержки какой-либо деятельности – это дополнительные издержки, понесенные в результате осуществления дополнительной единицы этой деятельности или изменение общих издержек в результате производства дополнительной единицы продукции [3], т.е.

$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q},$$

где MC – предельные (маржинальные) издержки, ΔTC – прирост затрат, связанных с увеличением выпуска продукции, ΔQ – увеличение выпуска продукции.

Как правило, при малых объемах производства и незагруженных производственных мощностях наблюдается снижение предельных издержек за счет снижения постоянных затрат в себестоимости единицы продукции. После достижения запланированной производственной мощности предельные издержки возрастают, что объясняется теорией предельной производительности Дж.Кларка. Сформулированный им закон убывающей предельной полезности состоит в том, что если один из факторов производства остается неизменным, прирост других факторов дает все меньший и меньший прирост продукции, что впоследствии приводит к возрастанию затрат. Этим объясняется U-образная форма кривой предельных издержек (рис. 1). Ограничением данного закона является неизменность применяемой технологии и, соответственно, при различных технологических решениях, кривая предельных издержек будет смещаться (например, кривые MC_1, MC_2, MC_n на рисунке). При этом из альтернативных вариантов в каждой точке можно выбрать оптимальный (MC).

В ситуации горнодобывающего предприятия количественно неизменным фактором является соответствующий участок месторождения, на который определенное предприятие имеет лицензию. При наличии экономически обоснованной необходимости можно привлекать дополнительно человеческие ресурсы и капитал. Объем полезного ископаемого в недрах является стабильным. Соответственно, определенный объем добычи можно

связать с коэффициентом извлечения полезного ископаемого, а последний – с предельными издержками добычи угля (рис. 1).

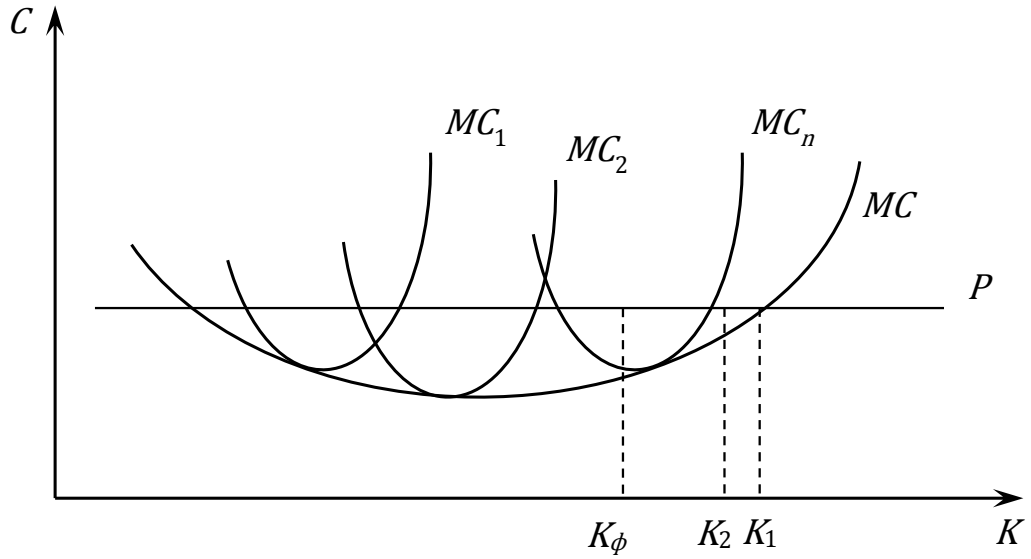


Рис. 1 – Кривые предельных затрат (MC, MC_1, MC_2, MC_n) в зависимости от коэффициента извлечения полезного ископаемого (K)

С точки зрения недропользователя, увеличение коэффициента извлечения полезного ископаемого целесообразно до тех пор, пока затраты на 1 т, а именно предельные затраты, оказываются меньше рыночной цены угля, т.е. увеличение добычи позволяет получить дополнительную прибыль. Поэтому, недропользователь может максимизировать прибыль при том объеме производства, когда цена полезного ископаемого (P) равна предельным издержкам (точка K_1 в безрисковой ситуации или K_2 с учетом фактора риска). Предположим, в условиях неопределенности и недостатка информации, принимается решение о выборе варианта освоения горного отвода, соответствующего коэффициенту извлечения K_ϕ. В этом случае разность между K_2 и K_ϕ указывает на экономически обоснованную возможность увеличения коэффициента извлечения полезного ископаемого.

Реализация данного подхода на практике является трудоемкой и требует разработки соответствующей методологии, которая будет учитывать следующие особенности горных предприятий: высокие капитальные затраты; повышенный уровень риска; наличие многих альтернативных вариантов освоения месторождения, сочетающие в себе различные комбинации технологических решений и последовательности отработки участков горного отвода.

Список литературы

1. Энергетическая стратегия на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г.

2. Дубовик Ю.В. Факторы риска и неопределенности при оценке экономической целесообразности отработки участков месторождений // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов : сб. науч. статей / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2012. – С. 166-169.

3. Кругман П. Основы экономикс: учебник для вузов: пер. с англ. / П.Кругман, Р.Веллс, М.Олни. – СПб: Питер, 2011. – 880 с.

УДК 331.21:622.272

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Гринкевич О.В., Иванников А.Е., Фролова А.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Ведущая роль в Кузбассе принадлежит промышленному комплексу по добыче и переработке угля, железных руд и разнообразного нерудного сырья для металлургии и стройиндустрии. В бассейне эксплуатируются 58 шахт и 36 угольных разрезов.

Одной из ведущих угольных компаний на сегодняшний день является ОАО «ОУК Южкузбассуголь». Компания Южкузбассуголь - сложный технологический комплекс по добыче и переработке угля, который объединяет 8 шахт, две обогатительные фабрики и специализированные вспомогательные предприятия.

В 2012 году в ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» добыто 10 739, 4 тыс. тонн угля, в том числе коксующегося угля – 8 468,4 тыс. тонн, энергетического угля – 2 271 тыс. тонн. Произведено 4 553,8 тыс. тонн концентрата, в том числе концентрата коксующихся марок.

Что касается проведения подготовительных выработок по компании, то за 2012 год шахтами было пройдено 53291 м, что на 1364 м меньше оперативного плана. Попутная добыча из проходческих забоев составила 1793,4 тыс. т, а это 16,7 % от общего объема добычи.

Шахта «Осинниковская», входящая в состав ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» добывает дефицитные коксующиеся угли марок Ж и КЖ, являющиеся высококачественным сырьем для получения металлургического кокса. В табл. 1 приведены показатели работы шахты за 2012 год.

Таблица 1

Добыча угля на шахте «Осинниковская»

Месяц	Добыча угля на шахте за 2012 год			
	план, тыс. т	факт, тыс. т	+/- к плану, тыс. т	% выполнения
январь	118,0	130,5	+12,5	110,6 %
февраль	120,0	140,1	+20,1	116,8 %
март	118,0	141,0	+23,0	119,4 %
апрель	123,0	134,7	+11,7	109,5 %
май	126,0	128,7	+2,7	102,1 %
июнь	124,0	140,2	+16,2	113,1 %
июль	124,0	112,7	-11,3	90,9 %
август	124,0	116,9	-7,1	94,3 %
сентябрь	123,0	135,7	+12,7	110,4 %
октябрь	44,0	56,8	+12,8	129,0 %
ноябрь	15,0	16,5	+1,5	109,7 %
декабрь	52,0	56,8	+4,8	109,2 %
Итого:	**1211,0**	**1310,6**	**+99,6**	**108,2 %**

Шахтой был выполнен оперативный план проведения горных выработок +426 м (110% выполнения плана) (табл. 2).

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что годовой план по удельному объему проходки выработок был выполнен на 102%. Показатель является положительным, но в современных рыночных условиях есть необходимость в поддержании опережающей подготовки готовых к выемке запасов, взамен отрабатываемых, так как эффективное раз-

витие горно-подготовительных подсистем обеспечивает не только поддержание, но и увеличение действующего производственного потенциала угледобывающих предприятий.

Таблица 2

Проведение горных выработок на шахте «Осинниковская»

Месяц	Проведение горных выработок за 2012 год												
	всех выработок, м					в т.ч. вскрывающих, м				комбайнами, м			
	план	факт	+/- к пл.	% вып.	+/- к 2011 г.	план	факт	+/- к пл.	+/- 2011 г.	план	факт	+/- к пл.	+/- к 2011 г.
январь	275	276	+1	100	-437	235	224	-11	-489	275	276	+1	-437
февраль	345	363	+18	105	-448	345	363	+18	-448	620	639	+19	-448
март	337	368	+31	109	-273	337	368	+31	-273	337	368	+31	-273
апрель	320	375	+55	117	-135	320	375	+55	-135	320	375	+55	-135
май	310	345	+35	111	-25	310	345	+35	-25	310	345	+35	-25
июнь	360	396	+36	110	-205	360	396	+36	-205	360	396	+36	-205
июль	360	397	+37	110	-223	360	397	+37	-223	360	397	+37	-223
август	310	360	+50	116	-321	290	340	+50	-194	310	360	+50	-321
сентябрь	320	470	+150	147	-208	290	448	+158	-63	320	470	+150	-193
октябрь	630	631	+1	100	+491	590	631	+41	+551	630	631	+1	+491
ноябрь	495	496	+1	100	+416	415	445	+30	+365	495	496	+1	+416
декабрь	90	101	+11	112	-27	90	101	+11	+5	45	49	+4	-79
Итого:	**4152**	**4578**	**+426**	**110**	**-1345**	**3942**	**4433**	**+491**	**-659**	**4107**	**4528**	**+419**	**-1382**

Заработная плата имеет большое значение и для работника, и для работодателя. Для работников зарплата – это основной источник доходов, средство воспроизводства рабочей силы и повышения уровня благосостояния. Для работодателя заработная плата работников – это затрачиваемые им средства на привлечение по найму рабочей силы, что составляет одну из основных статей издержек в себестоимости производимой продукции.

Таблица 3

Удельный объем проходки выработок на шахте «Осинниковская»

Месяц	Удельный объем проходки выработок за 2012 год, м/1000 т	
	план	факт
январь	2,33	2,11
февраль	2,87	2,59
март	2,86	2,61
апрель	2,60	2,78
май	2,46	2,68
июнь	2,90	2,82
июль	2,90	3,52
август	2,50	3,08
сентябрь	2,60	3,46
октябрь	14,32	11,11
ноябрь	33,00	30,06
декабрь	1,73	1,78
Итого:	**3,42**	**3,49**

С одной стороны, работодатель заинтересован в снижении удельных затрат рабочей силы на единицу продукции, с другой стороны, заинтересован в повышении ее качества, а значит в увеличении расходов на ее содержание, если это позволит увеличить прибыль предприятия за счет поощрения трудовой инициативы работников. Уровень оплаты труда влияет на поведение работника и работодателя, что предполагает необходимость

регулирования этих отношений на основе реализации функций и механизма заработной платы.

Стимулирующая функция заработной платы важна с позиции руководства предприятием: нужно побуждать работника к трудовой активности, к максимальной отдаче, повышению эффективности труда. Невыполнение этого условия подрывает трудовую основу заработной платы, ведет к ослаблению ее стимулирующей функции, гасит инициативу и трудовые усилия человека. Реализация стимулирующей функции осуществляется руководством предприятия через конкретные формы и системы заработной платы, основанные на оценке результатов труда и связи размера фонда заработной платы с эффективностью деятельности предприятия.

На сегодняшний день одной из основных причин недостаточной эффективности проведения горно-подготовительных выработок является существующая система оплаты труда работников, занятых на процессе «Подготовительные работы».

Данная система оплаты труда не предусматривает зависимости заработной платы от протяженности проведения подготовительных выработок, таким образом, не обеспечивая заинтересованности работников в своевременной подготовке готовых к выемке запасов угля, она утратила одно из самых главных своих свойств, т.е. стимулирование проходчиков к высокопроизводительному труду отсутствует.

Соответственно, для получения максимальной заработной платы, объем проведения выработки не превышает заданного норматива и работники, достигая поставленных задач, никак не заинтересованы работать больше.

Мера, качество, напряженность и интенсивность труда на подготовительных работах должны соответствовать его оплате.

Проблемами внедрения экономических методов управления горно-подготовительными работами угольных шахт занимались многие ученые горняки и экономисты: Нифонтов А.И., Кушнеров Ю.П., Михеев О.В., Черникова О.П.

В свое время на кафедре экономики и управления горным производством совместно с ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» балы разработана методика формирования фонда оплаты труда на процессе «Подготовительные работы». Главная составляющая данной методики предполагает более тесную взаимосвязь заработной платы работников, занятых на этом процессе, с объемом готовых к выемке запасов.

Оценка фактической работы подготовительных бригад по проведению выработок производится по нормативу заработной платы за 1 м проведения в зависимости от уровня выполнения оптимальной скорости проходки:

$$ЗП_{прох} = \frac{Р_i \cdot С_ф}{Ч_{прох.ф}}, \text{ руб./мес.} \cdot \text{ чел.}$$

где $ЗП_{прох}$ – заработная плата одного проходчика в зависимости от уровня выполнения оптимальной скорости проходки, руб./мес.· чел.; $Р_i$ – норматив заработной платы за 1 м проведения выработки, руб./м; $С_ф$ – фактическая протяженность (скорость проведения) пройденных выработок за месяц, м/мес.; $Ч_{прох.ф}$ – фактическая численность проходчиков в бригаде, чел.

При этом фактический фонд заработной платы проходчиков за отчетный период определяется по формуле:

$$ФЗП_{прох} = ЗП_{прох} \times Ч_{прох.ф}, \text{ руб./мес.}$$

Данная методика позволяет осуществлять действенный контроль за подготовкой готовых к выемке запасов угля на уровне планирования и фактической работы и стимулирования горнопроходческих коллективов за повышение производительности труда.

Исходя из этой ситуации, для увеличения показателей проведения горных выработок, производительности труда проходчиков, а также сокращения сроков подготовки выемочных участков необходимо продолжить совершенствование существующей системы оплаты труда работников, занятых на процессе «Подготовительные работы».

Разработанная методика незаслуженно забыта, а при скоростной проходке она очень актуальна, так как она является залогом стабильной работы шахты на перспективу.

На шахте «Осинниковская» имеется большой потенциал для увеличения количества скоростных проходок, тем самым ускоряя подготовку лав и увеличивая объемы проведения выработок.

УДК 330.142.212

ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СКЛАДСКОГО ЗАПАСА ПРЕДПРИЯТИЙ

Евса Я.М.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Товар, лежащий на складе без движения или практически без движения, является проблемой многих компаний. Политика управления запасами заключается в оптимизации величины и ассортимента складских запасов для поддержания планового, максимально возможного уровня продаж. Последующий оперативный контроль за инвестиционным ресурсом в созданных запасах позволяет определять где сосредоточены средства компании и разрабатывать необходимые меры по их высвобождению, а также минимизировать затраты по обслуживанию запасов и обеспечивать эффективный контроль за их движением.

Эффективность работы системы управления запасами во много зависит от того, насколько точно предсказан спрос на ресурс и, следовательно, насколько правильно проведено нормирование запасов. Существует ряд методов оптимизации ассортимента и величины запасов, которые могут применяться в сфере деятельности любого предприятия:

1. ABC-анализ - метод, позволяющий классифицировать ресурсы фирмы по степени их важности. Существует множество методов выделения групп в ABC-анализе, таких как эмпирический метод, метод суммы и метод касательных, метод петли, метод многоугольника, дифференциальный метод. Самым простым методом является эмпирический, деление на группы в котором осуществляется, как правило, с использованием принципа Парето, согласно которому:

- A - совокупность номенклатурных позиций, обеспечивающих 80% реализации со склада. Это очень важные товары, они всегда должны присутствовать в ассортименте. Если в качестве параметра в анализе использовался объем реализации, то в данную группу входят лидеры реализации по количеству. Если в качестве параметра в анализе использовалась торговая наценка, то в данную группу входят наиболее прибыльные товары;
- B - совокупность номенклатурных позиций, обеспечивающих 15% продаж со склада. Это товары средней степени важности;
- C - совокупность номенклатурных позиций, обеспечивающих 5% продаж со склада. Это наименее важные товары, претенденты на исключение из ассортимента или товары-новинки. По данной номенклатуре остаток на складе должен быть минимален, а к закупу нужно подходить с особым вниманием.

Таким образом, по ABC-анализу надёжный контроль 20% позиций на 80% позволяет контролировать систему, будь то запасы сырья и комплектующих.

2. XYZ-анализ - метод, позволяющий классифицировать номенклатурные позиции по стабильности их потребления и высокой точностью прогноза срока потребления. С помощью этого метода можно определить товары, имеющие постоянный спрос, товары, продажи которых подвержены колебаниям (сезонность) и, товары, потребность в которых носит случайный характер. Основная идея XYZ-анализа состоит в группировании объектов анализа по мере однородности анализируемых параметров. При сравнении рядов меж-

ду собой используют коэффициент вариации, он позволяет оценить насколько сильно значения параметра отличаются от среднеарифметического. Рекомендуемое распределение:

- X - совокупность номенклатурных позиций, характеризующихся стабильной величиной потребления и высокой точностью прогноза срока потребления (коэффициент вариации не превышает 10%).
- Y - совокупность номенклатурных позиций, потребность в которых характеризуется известными тенденциями (например, сезонные колебания) и средней точностью прогнозирования изменения потребности (коэффициент вариации составляет 10-25%).
- Z - совокупность номенклатурных позиций, величину потребления по которым прогнозировать невозможно (коэффициент вариации превышает 25%).

3. Сочетание методов ABC и XYZ-анализа. Если ABC-анализ позволяет оценить вклад в структуру сбыта, то XYZ-анализ позволяет оценить характер динамики сбыта. Оба метода функционально дополняют друг друга. Совмещение ABC с XYZ позволяет разбить запасы на девять блоков (табл. 1), каждый из которых имеет две характеристики: стоимость продаж и точность прогнозирования потребности на ни**х.**

Таблица 1

Объединение результатов ABC и XYZ-классификаций

Категории	X	Y	Z	Увеличение контроля за потребностью (от CZ к AX)
A	AX	AY	AZ	
B	BX	BY	BZ	
C	CX	CY	CZ	
Уменьшение точности прогнозирования (от AX к CZ)				

Наиболее выгодными являются товарные группы AX, BX, AY. Группы товаров, нуждающиеся в специальных мероприятиях по повышению их эффективности - BY, CY. Группа неприбыльных и плохо оборачиваемых товаров BZ и CZ требуют активных действий - проведения исследования причин непопулярности товаров этой категории у потребителей и выработка дальнейшей стратегии: это может быть изменение ценовой политики, расширение или сокращение ассортимента, работа с поставщиками.

4. Излишне созданные запасы по каждой номенклатурной позиции позволяет выявить коэффициент оборачиваемости запасов, который увязывает величину продажи с величиной среднего запаса. Деление остатка металлопродукции на складе по степени ликвидности производится на основании группировки по коэффициенту оборачиваемости. Детальный анализ всех имеющихся запасов на предмет их ликвидности показывает на возможность реализации неэффективных ресурсов как резерва пополнения оборотного фонда.

Методы ABC и XYZ-анализа, также как и их сочетание, имеют ограниченное применение, так как критерием для анализа являются фактические продажи, а не фактическая величина запаса товаров на складе. Деление складских остатков по степени ликвидности на основании группировки по коэффициентам оборачиваемости же наоборот учитывает лишь совокупную величину продаж, но не сам характер продаж.

Устранить недостатки существующих прикладных методов анализа складских запасов позволит реализация совмещенного анализа по ABC/XYZ и ликвидности остатка. Данный метод будет достаточно трудоемким и потребует реализации с использованием программного продукта. В результате будут выделены классы складской продукции:

- класс 1 – рабочий запас, по которому необходим тщательный контроль за достаточным для обеспечения максимально возможного уровня продаж наличием на складе;
- класс 2 – рабочий запас, по которому закупки должны быть обоснованы анализом продаж, появляется тенденция переизбытка запаса на складе;

- класс 3 – стоп-лист для менеджеров по закупу, анализ на возможность реализации в дальнейшем;
- класс 4 - номенклатурные позиции, по которым должны быть предприняты меры по ликвидации остатка.

УДК 658.15

ПОВЫШЕНИЕ ЛИКВИДНОСТИ И ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЮЖНЫЙ КУЗБАСС»

Калюкина К.Е., Зиганшина Е.А.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Ликвидность и платежеспособность являются важнейшими характеристиками финансово - экономической деятельности предприятия в условиях рыночной экономики. Если предприятие ликвидно и платежеспособно, оно имеет преимущество перед другими хозяйствующими субъектами того же профиля в привлечении инвестиций, получении кредитов, в выборе поставщиков и в подборе квалифицированных кадров. Наконец, оно не вступает в конфликт с государством и обществом, так как своевременно выполняет свои обязательства перед ними.

Под ликвидностью предприятия чаще всего понимается наличие у него оборотных средств в размере, теоретически достаточном для погашения краткосрочных обязательств (хотя бы и с нарушением сроков погашения, предусмотренных контрактами). При такой трактовке понятие «ликвидность» непосредственно связано с понятием собственных оборотных средств или, как часто еще называют этот показатель, «чистого оборотного капитала», «работающего капитала», который определяется разностью между текущими активами и текущими пассивами (краткосрочными обязательствами). Считается, что компания ликвидна, если величина чистого оборотного капитала положительна. Этот показатель не содержит информации о качестве текущих активов и пассивов. Данная концепция трактовки ликвидности базируется на идее движения фондов и связана с приходами и расходами (поступлениями и выплатами) за определенные периоды времени, которые фиксируются в бухгалтерском учете.

Платежеспособность же рассматривается через призму наличия у компании денежных средств и их эквивалентов, достаточных для расчетов по своим обязательствам в каждый рассматриваемый период времени. Соответственно, основными признаками платежеспособности является отсутствие просроченной кредиторской задолженности и наличие в достаточном объеме средств на расчетном счете. Таким образом, понятие ликвидность характеризует потенциальную способность компании рассчитываться по своим обязательствам, а понятие платежеспособность – реальную возможность выполнять свои обязательства.

Если ликвидность связана с движением фондов, то платежеспособность – с движением денежных средств. Движение фондов и движение денежных средств взаимосвязаны. Эта связь реализуется в общем случае через функцию времени трансформации активов в непосредственно средства платежа.

Оценка ликвидности компании производится преимущественно на основе прошлых данных, содержащихся в ее бухгалтерском балансе. Ликвидность компании зависит, с одной стороны, от наличия платежных требований к ней, с другой стороны, от наличия у нее потенциальных платежных ресурсов. Таким образом, если потенциальные платежные средства компании в каждый момент времени превышают ее платежные обязательства, то она может считаться ликвидной [1].

Угольная компания «Южный Кузбасс» образована в 1993 году в результате объединения нескольких угледобывающих и перерабатывающих производств. Сегодня ОАО УК «Южный Кузбасс» входит в состав холдинга «Мечел-Майнинг», который, в свою очередь, является частью группы «Мечел», являющейся третьей по объемам добычи угля компанией в России и крупнейшим производителем коксующегося угля (входит в пятерку мировых лидеров). На конец 2012 года Общество имело 4 филиала:

1. Филиал открытого акционерного общества «Угольная компания «Южный Кузбасс» - «Томусинское автотранспортное управление».

2. Филиал открытого акционерного общества «Угольная компания «Южный Кузбасс» - Управление по обогащению и переработке угля.

3. Филиал открытого акционерного общества «Угольная компания «Южный Кузбасс» - Управление по открытой добыче угля.

4. Филиал открытого акционерного общества «Угольная компания «Южный Кузбасс» - Управление по подземной добыче угля.

Основными видами деятельности ОАО "Южный Кузбасс" являются:

- обогащение каменного угля;
- добыча каменного угля открытым способом;
- добыча каменного угля подземным способом;
- деятельность в области электросвязи;
- деятельность автомобильного грузового транспорта;
- аренда прочих машин и оборудования;
- производство строительных работ;
- разборка и снос зданий; производство земляных работ;
- обеспечение продукцией производственно-технического назначения предприятий, входящих в состав угольной компании «Южный Кузбасс» (дочерних обществ).

Оценка ликвидности и платежеспособности предприятия начинается с **анализа ликвидности бухгалтерского баланса.** От степени ликвидности баланса зависит платежеспособность предприятия. Основной признак ликвидности – формальное превышение стоимости оборотных активов над краткосрочными пассивами. И чем больше это превышение, тем более благоприятное финансовое состояние имеет предприятие с позиции ликвидности.

В 2009 году итоги группы II по активу и пассиву не совпадают, это означает, что текущая ликвидность в недалеком будущем имеет тенденцию к понижению. Несовпадение итогов по активу и пассиву III группы свидетельствует о проблемах платежеспособности в интервале от 6 месяцев до года. Несовпадение же итогов по активу и пассиву IV группы показывает, что внеоборотные активы сформированы за счет заемных источников, что отрицательно характеризует производственные возможности. А1> П1, это свидетельствует о платежеспособности организации на момент составления баланса. У организации достаточно для покрытия наиболее срочных обязательств абсолютно и наиболее ликвидных активов.

В 2010 и 2011 годах не совпадает лишь одно неравенство, это итоги по активу и пассиву III группы. У предприятия проблемы с платежеспособностью в интервале от полугода до года. Совпадение итогов по активу и пассиву I группы свидетельствует о том, что у предприятия достаточно наиболее ликвидных активов для покрытия наиболее срочных обязательств. А2> П2 - быстро реализуемые активы превышают краткосрочные пассивы и организация может быть платежеспособной в недалеком будущем с учетом своевременных расчетов с кредиторами, получения средств от продажи продукции в кредит. А4<П4, свидетельствует о соблюдении минимального условия финансовой устойчивости организации, наличия у нее собственных оборотных средств.

Важнейшей характеристикой экономической деятельности предприятия независимо от его организационно-правовой формы является его **финансовое состояние**. Анализ финансового состояния определяет конкурентоспособность предприятия, его потенциал в

деловом сотрудничестве, оценивает, в какой степени гарантированы экономические интересы самого предприятия и его партнеров по финансовым и другим отношениям. Основными источниками информации о финансовом состоянии являются форма N 1 "Бухгалтерский баланс" и приложения к нему.

Учитывая многообразие финансовых процессов, множественность показателей финансового состояния, различия в уровне их критических оценок, складывающуюся степень отклонения от них фактических значений коэффициентов и возникающие в связи с этим сложности в общей оценке финансового состояния организации, целесообразно такую оценку проводить по балльной методике. Ее суть заключается в классификации организаций по уровню финансового риска на основе оценки системы показателей финансового состояния в определённое количество баллов, то есть любая анализируемая организация может быть отнесена к определенному классу в зависимости от «набранного» количества баллов, исходя из фактических значений ее финансовых коэффициентов.

К началу 2009 года ОАО «Южный Кузбасс» относилось к третьему классу - это организации, финансовое состояние которых можно оценить как среднее. При анализе их бухгалтерского баланса обнаруживается слабость отдельных финансовых показателей. У них либо платежеспособность находится на границе минимально допустимого уровня, а финансовая устойчивость нормальная, либо, наоборот, - неустойчивое финансовое состояние из-за преобладания заемных источников финансирования, но есть некоторая текущая платежеспособность. При взаимоотношениях с такими организациями вряд ли существует угроза потери средств, но выполнение обязательств в срок представляется сомнительным.

В течение года коэффициент текущей ликвидности оставался почти на одном уровне и составлял 1,49, уменьшилась доля оборотных средств в активах, она составила 0,37. Коэффициент капитализации снизился и составил 1,33. Эти изменения не существенно повлияли на финансовое состояние предприятия, к концу года оно также относилось к третьему классу.

К началу 2010 года предприятие также относилось к третьему классу. В течение года увеличился коэффициент текущей ликвидности и составил 8,08, доля оборотных средств в активах увеличилась до 0,78. Коэффициент капитализации продолжал расти и составил 1,78. Эти изменения не существенно повлияли на финансовое состояние предприятия, к концу года оно также относилось к третьему классу.

К началу 2011 года предприятие относилось к третьему классу. В течение года уменьшился коэффициент текущей ликвидности и составил 3,24, увеличилась доля оборотных средств в активах до 0,82. Коэффициент капитализации снизился и составил 1,33. Эти изменения повлияли на финансовое состояние предприятия, к концу года оно стало относиться ко второму классу – это организации с нормальным финансовым состоянием. Их финансовые показатели в целом находятся очень близко к оптимальным, но по отдельным коэффициентам допущено некоторое отставание. У этих организаций, как правило, неоптимальное соотношение собственных и заемных источников финансирования в пользу заемного капитала. Причем наблюдается опережающий прирост кредиторской задолженности по сравнению с приростом других заемных источников, а также по сравнению с приростом дебиторской задолженности. Это обычно рентабельные организации.

Оценка финансовой устойчивости ОАО «Южный Кузбасс» и ее факторный анализ выявили, что за анализируемый период интегральная оценка финансовой устойчивости сократилась на 0,308, что свидетельствует об ухудшении финансового положения предприятия. Отрицательный результат изменчивости, находящийся ближе к 1, свидетельствует о том, что большинство показателей изменялись в динамике несоответствующим динамическому нормативу образа, в результате снижение интегральной оценки устойчивости и низкому показателю изменчивости, деятельность предприятия признается нестабильной. Подтверждением является оценка финансово – экономической стабильности, которая составляет всего лишь 0,04, а это 4 % от возможных 100 %.

Снижение устойчивости на 0,308 обусловлено, в основном, отрицательным влиянием динамики таких показателей, как: основные средства, запасы, дебиторская задолженность, денежные средства, капитал и резервы, кредиторская задолженность, выручка, себестоимость. При этом наибольшее отрицательное влияние оказала динамика кредиторской задолженности, из-за которой финансовая устойчивость снизилась на 0,135 или 16,7 % и динамика выручки, из-за которой задолженность упала на 0,096 или на 11,9 %.

В целях повышения ликвидности и платежеспособности предприятия предлагается осуществление следующих мероприятий:

1. Переуступка права требования дебиторской задолженности (факторинг).

Факторинг- это выкуп платежных требований у поставщика товаров (услуг). При этом речь идет, как правило, о краткосрочных требованиях. Цель факторинга – устранение риска, являющегося неотъемлемой частью любой кредитной операции. В странах с развитой рыночной экономикой серьёзное внимание уделяется соблюдению сроков платежей. Деятельность факторинговых компаний и банковских факторинговых отделов как раз призвана решить проблемы рисков и сроков платежей в отношениях между поставщиками и покупателями и придать этим отношениям большую устойчивость. В последние годы широкое распространение получил конфиденциальный факторинг, который ограничивается выполнением только некоторых операций: уступка права на получение денег, оплата долгов и т.п. Он является формой предоставления поставщику-клиенту факторинга-кредита под отгруженные товары, а покупателю-клиенту факторинга-платёжного кредита. За проведение факторинговых операций клиенты вносят предусмотренную в договоре плату, которая по своему экономическому содержанию является процентом за кредит.

ОАО «Южный Кузбасс» переуступит 20 % дебиторской задолженности (719114 тыс. рублей), при этом дисконт составит 10% от этой суммы и будет равен 71911,4 тыс. рублей. Соответственно, переуступаемая сумма, за вычетом дисконта, будет получена в виде наиболее ликвидных активов, то есть денежных средств и денежных эквивалентов. После выполнения мероприятия показатели платежеспособности, которые находились в пределах нормы, либо улучшились, либо остались на уровне. Предприятие не приобрело абсолютную ликвидность, но увеличились наиболее ликвидные активы, а медленно реализуемые активы уменьшились.

2. Контроль налога на добавленную стоимость.

В соответствии с правилами бухгалтерского учета в строке 220 бухгалтерского баланса отражаются 2 вида НДС:

- входной НДС по приобретаемым ценностям, который пока нельзя предъявить к вычету, так как не выполняются условия для вычета (приобретенное основное средство не поставлено на учет, полученные материалы пока не сопровождаются счетом-фактурой);

- входной НДС по приобретаемым ценностям, который невозможно предъявить к вычету, так как условия для вычета нарушены (приобретенные ценности используются во вспомогательной деятельности, корректировочные счета фактуры подписаны только главным бухгалтером).

Таким образом, наличие в строке 220 бухгалтерского баланса суммы НДС, свидетельствует о неоптимальном документообороте, в том числе об отсутствии контроля за полученными счетами-фактурами. После устранения этих недостатков входной НДС будет сразу предъявляться к вычету. Вычет по этому налогу – это сокращение налоговых обязательств перед бюджетом, т.е. сохранение имеющихся в наличии денежных средств.

3. Реструктуризация кредиторской задолженности.

Организация, имеющая значительную краткосрочную задолженность, которая мешает нормальному функционированию и производственной деятельности, вправе предложить кредиторам заключить соглашение о реструктуризации долга в виде изменения сроков погашения этого долга. Таким образом, при согласии кредиторов, задолженность перейдет из категории краткосрочных обязательств в долгосрочные: А1> П1; А2 > П2; А3< П3; А4 < П4.

4. Увеличение уровня использования производственной мощности.

Эффект от данного мероприятия основан на эффекте производственного рычага. Для расчета эффекта и прироста прибыли необходимо рассмотреть структуру себестоимости на основе приложения к бухгалтерскому балансу:

- условно – постоянные расходы (35,02% или 6913167,5 тыс. рублей);
- условно – переменные расходы (64,98 % или 12827460 тыс. рублей).

Таким образом, при увеличении объемов добычи угля на 5 % условно – постоянные затраты останутся неизменными и увеличение на 5 % произойдет только по условно – переменным расходам. С учетом сложившейся в 2011 году структуры оборотных активов, дополнительная выручка будет разделена между дебиторской задолженностью и денежными средствами в традиционно – сложившейся пропорцией между ними: 31,49 % от дополнительной выручки будет получено в виде денежных средств, а остаток – в виде прироста дебиторской задолженности.

Прирост себестоимости в виде условно – переменных расходов представляет собой увеличение задолженности перед поставщиками за полученные у них ценностей, работы услуг.

Полученная предприятием дополнительная прибыль будет распределяться между чистой прибылью и задолженностью перед бюджетом по налогам и сборам. Таким образом, кредиторская задолженность по налоговым платежам составит – 306085,8 тыс. рублей (20% от валовой прибыли), а сумма в виде 1224343,2 тыс. рублей пойдет на увеличение чистой прибыли организации.

После реализации всех мероприятий предприятие не приобрело абсолютную ликвидность, но уменьшило свои краткосрочные и увеличило долгосрочные пассивы.

Список литературы

1. Ковалев В.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: учебник /Ковалев В.В., Волкова О.Н. – М: Проспект, 2007.

УДК 620.9:658

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕГИОНА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Смирнова М.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Обеспеченность топливно-энергетическими ресурсами являет собой основу экономического развития любого региона. Невозможно представить себе производственный процесс, не требующий затрат энергии. Топливо необходимо человечеству не только для использования в производственной деятельности, но и для удовлетворения элементарных потребностей в сфере ЖКХ. В этом смысле топливно-энергетические ресурсы являют собой основу для обеспечения безопасного существования и дальнейшего развития системы любого уровня: начиная от муниципального образования и заканчивая страной в целом.

Топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) - это совокупность природных и производственных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности [1].

ТЭР обладают ограниченной мобильностью - являясь изначально компонентами природной среды, они не могут быть перемещены в пространстве (месторождения топливных полезных ископаемых), однако, будучи извлеченными из нее, они могут быть пе-

ремещены.. Именно ограниченная мобильность ТЭР обосновывает актуальность вопросов обеспечения экономических систем подобным видом ресурса.

В наиболее общем виде, под обеспечением ТЭР понимается процесс формирования совокупности внутренних и внешних ресурсов и условий, необходимых для становления и устойчивого функционирования экономической системы и составляющих ее элементов, достижение соответствия структуры и масштабности основных видов ТЭР решаемым на каждом этапе развития экономической системы задачам. Трактуя обеспечение ТЭР как процесс, можно формализовать его хронологическую структуру в рамках схемы, представленной на рис. 1.

Представленная хронологическая структура включает в себя ряд этапов, реализуемых различными субъектами. На первом этапе происходит определение потребностей региона в ТЭР. Указанная задача решается в рамках прогнозирования и планирования регионального экономического развития с учетом существующих тенденций, перспектив и угроз. Субъектом этого процесса являются органы государственной власти региона, они осуществляют управление обеспечением ТЭР. Понимая экономику региона как управляемую систему, а также в контексте применения системного подхода к данному вопросу, необходимо рассмотреть содержание понятия «управление обеспечением ТЭР». В данном случае предлагается сузить данное Е.В. Добролежа определение понятия «управление ресурсным обеспечением экономики региона» [2] до предмета исследования и под управлением обеспечения ТЭР понимать выработку и реализацию целенаправленных управляющих воздействий на ТЭР региона, что включает сбор, передачу и обработку необходимой информации, принятие и реализацию соответствующих решений, основными целями которых является повышение эффективности их использования в кратко-, средне- и долгосрочном периодах.

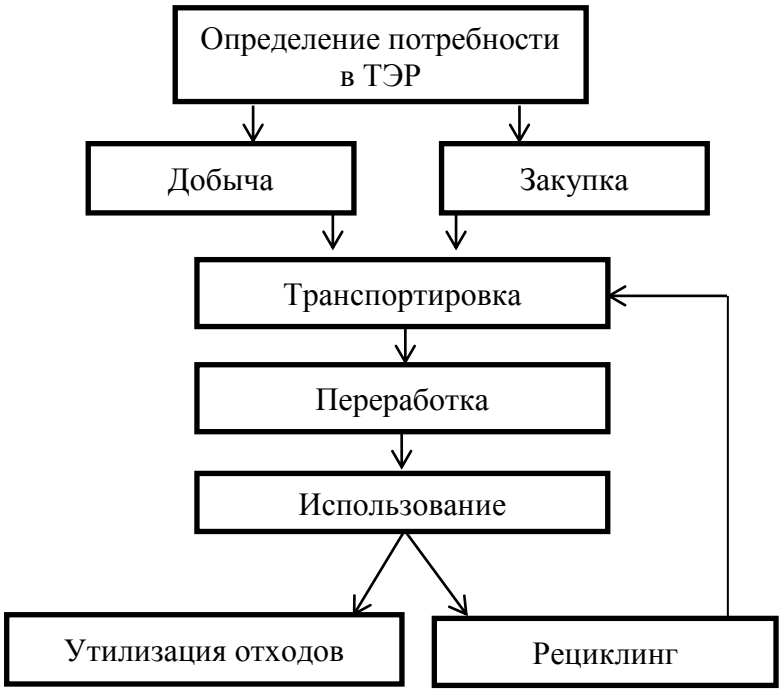


Рис. 1. Хронологическая схема процесса обеспечения ТЭР

В концепции стратегического менеджмента существует два основных метода удовлетворения потребностей системы в ресурсах – это либо изыскание внутренних резервов, либо привлечение их извне. В контексте обеспечения ТЭР – это либо добыча, либо закупка соответствующих ресурсов. На данном этапе должна быть решена задача экономической оценки обоих вариантов обеспечения ТЭР. При наличии соответствующего природ-

но-ресурсного потенциала и должной специализации экономики региона добыча может оказаться выгоднее покупки, однако возможна и противоположная ситуация.

На следующем этапе осуществляется транспортировка ТЭР к местам их переработки и потребления. Учитывая ограниченную мобильность ТЭР, особое значение в ходе транспортировки придется соответствующей инфраструктуре. Так, перекачка природного газа и нефти в больших объемах невозможна без трубопроводов, перевозка угля осуществляется только при наличии железных дорог или морского транспорта и т.д. Таким образом, большое значение в процессах обеспечения ТЭР региона имеет транспортная инфраструктура.

В дальнейшем, при необходимости, осуществляется переработка ресурса и его использование. Результатом процесса является образование отходов, которые либо подлежат утилизации, либо могут быть повторно использованы в качестве ресурса, что отсылает нас к началу алгоритма.

Анализ представленной выше хронологической структуры позволяет сделать вывод о том, что системное представление о рассматриваемом процессе предполагает наличие широкого круга участников (элементов системы), а также разнообразных связей между ними.

Графическая интерпретация обеспечения региона ТЭР с позиций системного подхода представлена на рис. 2. В структуре подобной системы можно выявить две основные группы элементов – субъекты управления и совокупность объектов управления. Субъектами управления обеспечением региона ТЭР являются органы государственной власти субъекта, которые разрабатывают направления государственной политики в указанной области и осуществляют регулирование этих процессов. Субъектами управления также являются органы местного самоуправления, также наделенные полномочиями по регулированию указанной сферы общественных отношений.

Следует отметить, что к кругу субъектов управления необходимо отнести саморегулируемые организации, союзы и ассоциации предприятий – производителей, перевозчиков, потребителей ТЭР, так как своими решениями они способны влиять на положение дел в отрасли.

Основные цели управления обеспечением региона ТЭР включают в себя:

во-первых, достижение соответствия между ресурсным обеспечением и структурой экономики региона с учетом вектора ее динамики;

во-вторых, обеспечение полноты задействования внутренних возобновляемых ресурсов при существующих социально-экономических и экологических ограничениях [2].

Объект управления представляет собой существующие центры производства ТЭР, каналы их распределения и центры потребления. Совокупность каналов распределения и составляющие их организации объединяются понятием «элементы инфраструктуры», под которым понимается множество институтов и субъектов, способствующих эффективному распределению указанного экономического блага.

Связь между субъектом и объектом управления осуществляется за счет применения методов управления, таких как нормотворчество, экономическое стимулирование в виде налоговых льгот, ускоренной амортизации оборудования, льготное кредитование, субсидирование, контроль и мониторинг и т.д.

Необходимо также отметить тот факт, что система обеспечения региона ТЭР не является замкнутой. По своей сути, она является элементом более крупной системы, существующей в масштабах государства. Исходя из этого, нельзя пренебрегать влиянием внешней среды на рассматриваемую систему. Во-первых, со стороны федеральных органов государственной власти оказываются регулятивные воздействия, оказываемые в рамках осуществления государственной экономической, региональной, отраслевой политики. Во-вторых, на практике потоки ТЭР не ограничиваются отдельно взятым регионом. Иными словами, существует ввоз и вывоз ТЭР, который также вносит свои коррективы с систему обеспечения.

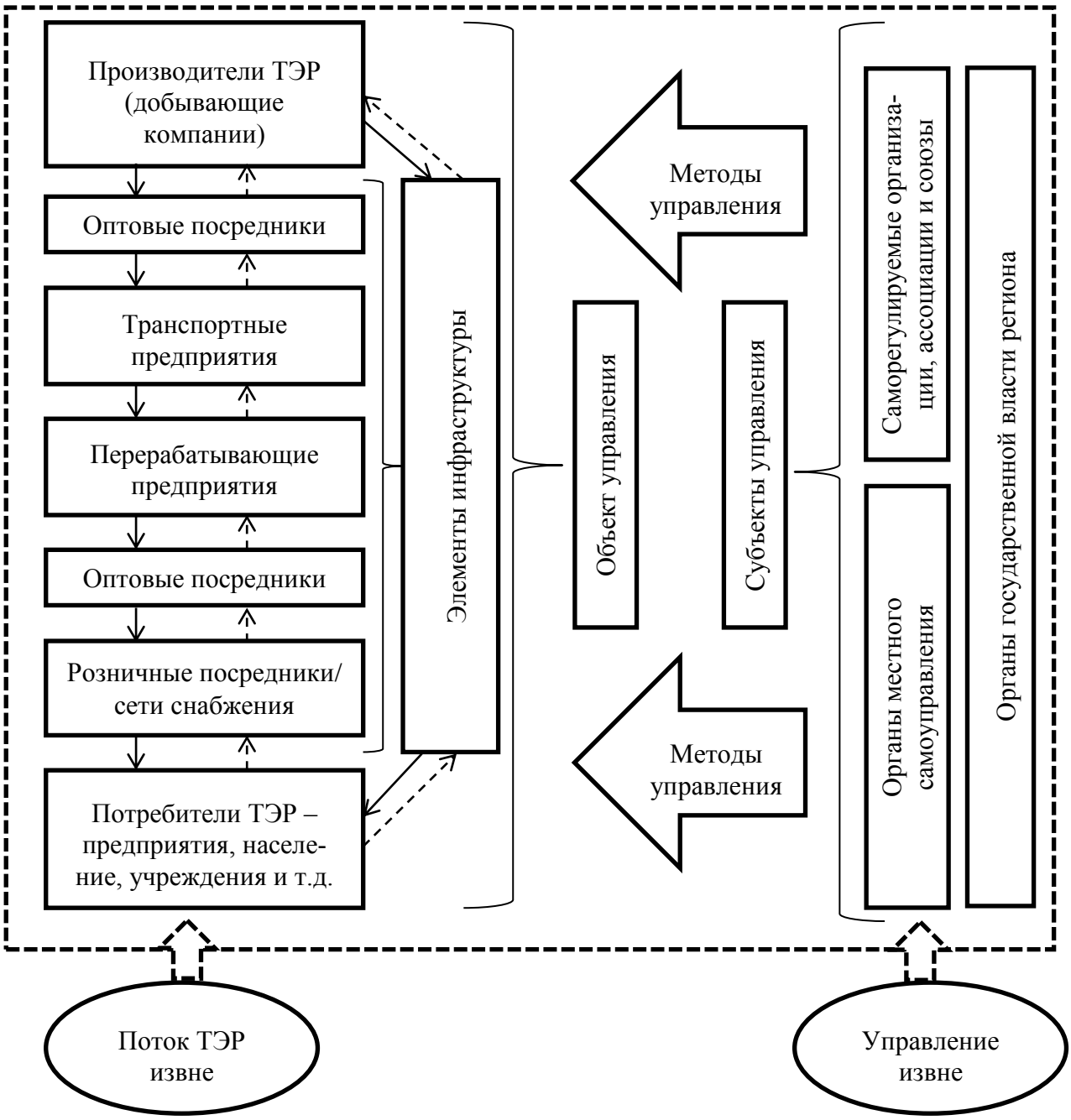


Рис. 2. Структура системы обеспечения региона ТЭР

Выводы

Системное понимание вопросов обеспечения региона ТЭР существенно расширяет границы изучаемого явления: видна сложность и многогранность его структуры, разнообразие имеющихся внутренних связей, высокая степень влияния внесистемных факторов.

Можно выявить следующие основные особенности системы обеспечения региона ТЭР:

- сложность структуры, организации и функционирования системы;
- опосредованность процесса управления;

– высокое время отклика объекта управления, инерционность процесса управления;

– наличие большого числа факторов принятия решений: необходимость обеспечения ТЭР должна соотноситься с экономической, экологической, социальной эффективностью.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51379-99. Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы. – М., 1999. – 20 с.

2 Добролежа Е.В. Управление ресурсным обеспечением экономики региона [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. экон. наук / Добролежа Е.В.; Ростов. гос. экон. ун-т. – Ростов-на-Дону, 2012. – 55 с.

3. Юрин С.В. Ресурсное обеспечение национальной инновационной системы [Текст] / С.В. Юрин // Креативная экономика.– 2010. – № 7 (43). – с. 28-33.

4. Петлин В.А. Реформирование системы управления топливно-энергетического комплекса региона на основе развития сети сбытовых организаций [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. экон. наук / Петлин В.А.; Нижегород. ин-т. менеджмента и бизнеса. – Нижний Новгород, 2007. – с. 26.

5. Федоренко В.И., Щелоков А.В., Федоренко И.В. Оптимальное управление ресурсами в интересах обеспечения безопасности социально-экономических систем [Текст] / В.И. Федоренко, А.В. Щелоков, И.В. Федоренко // Инновации в науке: материалы XV международной заочной научно-практической конференции, 19 декабря 2012 г. – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. – с. 155-165.

6. Биев А.А., Шпак А.В. Формирование системы топливно-энергетического обеспечения северных территорий России [Электронный научный журнал] / А.А. Биев, А.В. Шпак // Управление экономическими системами. – 2012. – № 6.
http://www.uecs.ru/uecs-42-62012/item/1380-2012-06-05-06-58-01

6. Митрейкин А. Правовое обеспечение создания государственной информационной системы топливно-энергетического комплекса: история и настоящее [Российская ассоциация электронных библиотек] / А. Митрейкин // Информационные Ресурсы России. – 2011. – № 5.
http://www.aselibrary.ru/digital_resources/journal/irr/irr2725/irr27253582/irr272535823585/irr2725358235853592/

УДК 658:622.33(571.17)

ВЛИЯНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕКСИХ РЕСУРСОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Смирнова М.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Энергоэффективность является одним из ключевых показателей, характеризующих устойчивость развития экономической системы региона. Потребление энергии необходимо для осуществления производственных процессов в любой отрасли экономики, однако, ведет за собой истощение природно-ресурсного потенциала и усугубление проблем загрязнения окружающей среды.

Вопросы повышения энергоэффективности экономики являются особо актуальными для регионов, характеризующихся высокой долей промышленности в валовом региональном продукте (ВРП). Одним из таких регионов является Кемеровская область. Струк-

тура валовой добавленной стоимости региона свидетельствует о безоговорочном преобладании промышленного производства над сельским хозяйством и сферой услуг. Исходя из этого, вопросы рационального распределения и потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются особо актуальными аспектами поддержания конкурентоспособности экономики региона.

Высокая степень негативного антропогенного влияния на окружающую среду, характерная для Кузбасса, также актуализирует вопросы повышения ресурсоэффективности. Формирование в регионе единых научно обоснованных подходов к управлению энергоэффективностью усиливается рядом факторов, в числе которых принятие в 2009 году Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», высокий удельный вес энергоресурсов в производственных затратах, лимитирование экономического развития экологическим фактором, высокая степень износа основных производственных фондов.

Необходимо отметить тот факт, что Кемеровская область характеризуется одними из наиболее высоких в России показателями энергоемкости ВРП. Динамика показателя в регионе представлена на рис 1.

Анализ динамики показателя позволяет сделать вывод, что в целом энергоэффективность региональной экономики за рассматриваемый период увеличивается. Если в 2005 году на производство 10 тыс.руб. ВРП требовалось 1620 кг у.т., то к 2011 году значение показателя сократилось до 1200 кг у.т.

Необходимо отметить изменение показателя за период 2008-2009 гг., когда он, вопреки сложившемуся понижательному тренду, увеличился на значительные 19%. Во многом подобная динамика объясняется неблагоприятным состоянием экономической конъюнктуры из-за мирового финансового кризиса, вследствие чего в экономике региона недостаточный капитал был частично заменен природными ресурсами (в том числе и ТЭР). Примечательным является также тот факт, что экономика Кемеровской области характеризуется большей энергоемкостью, чем средняя по стране (рассчитана на основании данных Организации экономического сотрудничества и развития, курса доллара по паритету покупательной способности по данным Международного валютного фонда). Во многом этот факт объясняется отраслевой специализацией региона: большинство крупных предприятий региона были основаны десятилетия назад, следствием этого является высокая степень физического, а главное, морального износа оборудования, которое зачастую не отвечает современным требованиям в области энергоэффективности.

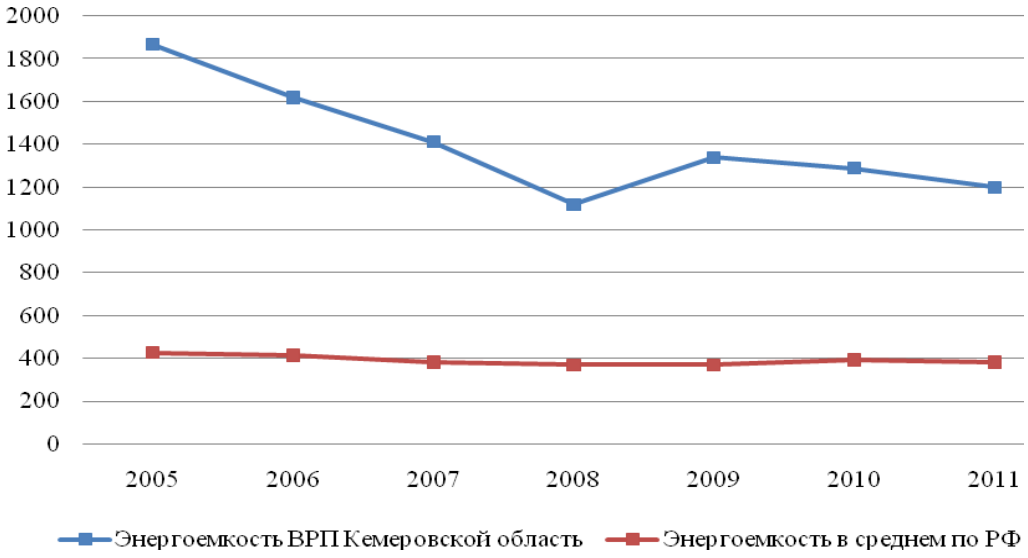


Рис. 1. Динамика энергоемкости экономики Кемеровской области с 2005 по 2011 год (кг у.т. на 10 тыс. руб. ВРП)

Данные на 2011 год содержатся в Докладе губернатора Кемеровской области о достигнутых значениях показателей для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти Кемеровской области за 2011 год. В указанном документе указано, что энергоемкость ВРП региона за указанный период составила 437,3 кг у.т. на 10.000 руб. ВРП, что представляется невозможным.

Согласно данным, представленным в Государственной информационной системе в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности Кемеровская область является одним из наименее энергоэффективных регионов России, уступая только Республикам Хакасия и Ингушетия, а также Свердловской, Волгоградской, Ивановской, Липецкой и Воронежской областям. Сопоставление показателя энергоэффективности экономики Кузбасса с зарубежными странами позволяет сделать менее оптимистичные выводы. Графическая интерпретация проведенного анализа представлена на рис. 2.

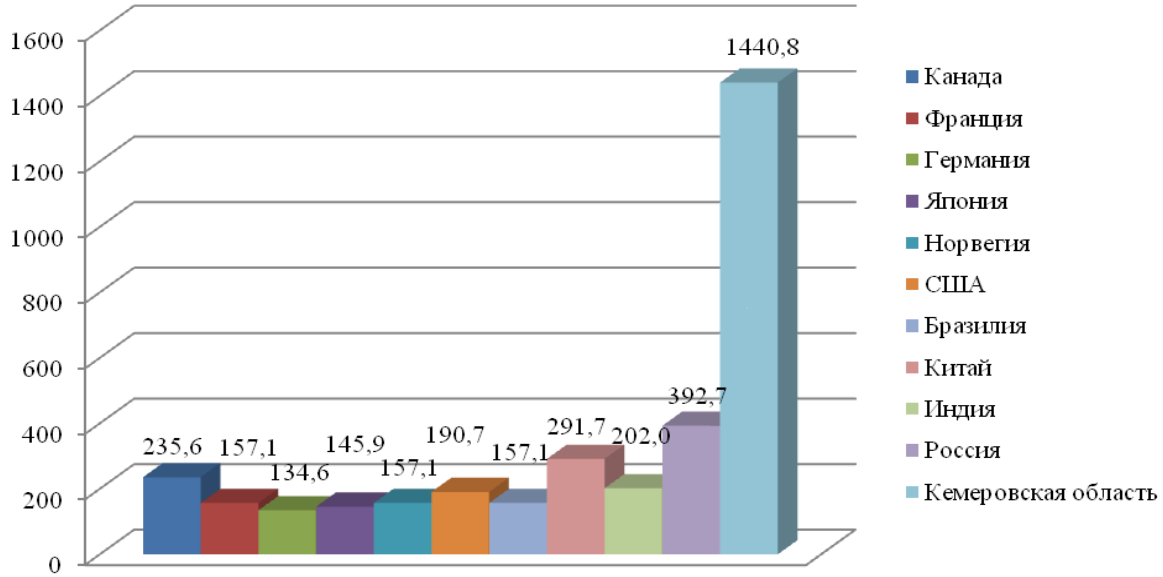


Рис. 2. Сравнение энергоемкости экономик разных стран и Кемеровской области по данным на 2011 год

Согласно полученным результатам, экономика Кемеровской области является крайне энергоемкой. По величине указанного показателя она превосходит среднее значение по России в 3,6 раза, энергоемкость США – в 7,5 раза, Японии – в 9,8 раза, стран ЕС – в 10,7 раза. Если сравнить показатель Кузбасса с северными государствами, экономика которых должна отличаться большей энергоемкостью, то наблюдается превышение в 5,8 раза по сравнению с Финляндией, 9,1 раза по сравнению с Норвегией, 2,5 раза по сравнению с Исландией.

Таким образом, по результатам проведенного анализа можно констатировать факт того, что экономика Кемеровской области характеризуется крайне высокой энергоемкостью, в разы превосходящей как среднероссийский показатель, так и показатели зарубежных стран. Подобное положение вещей обосновывается следующими причинами:

- высокая степень износа основных фондов в промышленности и энергетике;
- низкая степень развития энергоаудита;
- невысокая степень заинтересованности в энергосбережении ввиду наличия больших запасов топливных полезных ископаемых в регионе;
- большие объемы потерь энергии как следствие изношенности инфраструктуры снабжения.

Исходя из вышесказанного, для промышленно развитого угледобывающего региона являются актуальными такие рекомендации как:

- реализация мероприятий по модернизации инфраструктуры снабжения в энергетической сфере;

- совершенствование правового регулирования в области энергоснабжения, обеспечение заинтересованности потребителей в эффективности использования энергоресурсов;
- оптимизация режимов работы энергетических сетей региона с учетом климата и сезонности;
- применение механизмов экономического стимулирования в вопросах повышения энергоэффективности (льготное кредитование, налоговые льготы, ускоренная амортизация оборудования и т.д.)

Список литературы

1. Официальный сайт Организации экономического сотрудничества и развития. Режим доступа: http://www.oecd.org/statistics/

2. Официальный сайт Международного валютного фонда. Режим доступа: http://www.imf.org

3. Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. Режим доступа: http://kemerovostat.gks.ru/

4. Доклад губернатора Кемеровской области о достигнутых значениях показателей для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти Кемеровской области за 2010 год. –Кемерово: Администрация Кемеровской области, 2010. – 42 с.

5. Доклад губернатора Кемеровской области о достигнутых значениях показателей для оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти Кемеровской области за 2011 год. –Кемерово: Администрация Кемеровской области, 2011. – 44 с.

УДК 005: 336

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИНАНСОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА

Наумкин Е.В.
Разрез «Салек»
г. Новокузнецк, Россия

В условиях рыночных отношений исключительно велика роль анализа финансового положения хозяйствующего субъекта, т. е. предприятия. Это связано с тем, что предприятия приобретают самостоятельность и несут полную ответственность за результаты своей производственно - предпринимательской деятельности перед собственниками, работниками, коммерческими партнерами и другими контрагентами.

Финансовое положение представляет собой отражение финансовой устойчивости предприятия на определенный момент и обеспеченности его финансовыми ресурсами для надежного осуществления хозяйственной деятельности и своевременного погашения своих долговых обязательств. Под финансовой устойчивостью следует понимать такое состояние финансовых ресурсов, при котором обеспечиваются самофинансирование воспроизводственных затрат и платежеспособность предприятия.

Для обеспечения финансовой устойчивости организация должна не только обладать гибкой структурой капитала, но обязательно уметь организовать движение финансовых ресурсов таким образом, чтобы достичь постоянного превышения доходов над расходами с целью создания условий для сохранения платежеспособности и самовоспроизводства. Посему, финансовая устойчивость предприятия представляет собой, прежде всего способность предприятия функционировать и развиваться, сохранять равновесие своих активов и пассивов в изменяющейся внутренней и внешней среде, которая гарантирует его постоянную платежеспособность и инвестиционную привлекательность в пределах допустимого уровня риска.

Финансовое состояние предприятия, его устойчивость и стабильность непосредственно зависят от результатов его производственной, коммерческой и финансовой деятельности. Если производственный и финансовый планы успешно выполняются, то это благоприятно влияет на финансовое положение предприятия, и, наоборот, из-за недовыполнения плана по производству и реализации продукции происходит повышение ее себестоимости, уменьшение выручки и суммы прибыли и как следствие, ухудшение финансового состояния предприятия и его платежеспособности. Значит, устойчивое финансовое состояние предприятия – это итог грамотного и искусного управления всем комплексом факторов, непосредственно определяющим результаты хозяйственной деятельности предприятия.

Первооснова, информационный источник для анализа финансового состояния предприятия – отчетный бухгалтерский баланс, отчеты о прибыли и убытках, о движении капитала, о движении денежных средств и другие формы отчетности, а также данные первичного и аналитического бухгалтерского учета, которые расшифровывают и детализируют отдельные статьи баланса.

Методы анализа финансовой документации являются частью экспресс-анализа финансового состояния предприятия и позволяют увидеть в динамике происходящие изменения в структуре капитала компании, источниках финансирования, доходности и т.п.

На практике используют следующие методы анализа финансовой отчетности.

Горизонтальный (временной) анализ предполагает сравнение каждой позиции отчетности с предыдущим периодом. Он решает следующие задачи: описание изменения исследуемого признака во времени и выявление свойств исследуемого ряда; определение наличия и вида зависимости результирующего показателя от влияющих факторов; статистическое прогнозирование значений изучаемого признака для будущих моментов времени. Расчет основных статистических характеристик временных рядов позволяет сделать выводы о тенденции и динамике исследуемых процессов. Основное достоинство этого метода заключается в относительной простоте вычислений. Недостаток – выводы трудно использовать для прогнозирования поведения исследуемого процесса. Можно только предполагать, что в будущем будет происходить увеличение (уменьшение) исследуемого параметра. Для получения более конкретного прогноза необходимо использовать методы стохастического анализа.

Вертикальный (структурный) анализ предполагает определение структуры итоговых показателей с выявлением влияния каждой позиции отчетности на результат в целом. Вертикальный анализ отчетности показывает удельный вес отдельных статей отчетности в итоге баланса. Итог баланса принимается равным 100%, что соответствует сумме всех активов организации или сумме всех пассивов. Доля каждого вида активов или пассивов исчисляется в процентах от их общей суммы. Таким образом, вертикальный анализ показывает удельный вес отдельных видов имущества организации и источников формирования имущества. Достоинством вертикального анализа является то, что он позволяет проводить сравнения организаций различной величины. Вертикальный анализ также позволяет сглаживать влияние инфляции на динамику показателей, поскольку если изменение абсолютных значений показателей вызвано инфляцией, то структура и активов и пассивов при этом существенно не изменится.

Трендовый анализ предполагает сравнение каждой позиции отчетности с рядом предшествующих периодов и определение основной тенденции динамики показателей.

Анализ относительных показателей (коэффициентов) предполагает расчет и определение взаимосвязей показателей.

Сравнительный (пространственный) анализ предполагает сравнение по отдельным показателям предприятия со среднеотраслевыми или с показателями конкурентов. Выбор конкретных приемов сравнения определяется особенностями сравниваемых величин. Различают несколько видов сравнения: сравнение с плановыми, нормативными и предельными величинами; сравнение показателей в динамике; сравнение параллельных и динамиче-

ских рядов; сравнение отдельных элементов совокупности с совокупностью в целом. Особое внимание при проведении сравнения следует обратить на выбор базы сравнения и сопоставимость сравниваемых величин.

Факторный анализ предполагает изучение влияния отдельных факторов (причин) на результативный показатель с помощью детерминированных или стохастических приемов исследования. Детерминированный факторный анализ представляет собой методику исследования влияния факторов, связь которых с результативным показателем носит функциональный характер, т.е. результативный показатель может быть представлен в виде произведения, частного от деления или алгебраической суммы показателей, являющихся факторами детерминированной модели.

Рассматривая предприятие с точки зрения методов финансовой отчетности, собственники и администрация предприятия могут определять допустимые доли заемных и собственных источников финансирования или, как определяет финансовый менеджмент, проводить политику финансового левериджа. Кредиторы предпочитают одалживать предприятиям, у которых доля заемных средств относительно невелика, собственники же и администрация предприятия наоборот, предпочитают относительно высокий уровень финансирования активов предприятия за счет заемных средств. Как известно, любые заимствования обязывают выплачивать периодические проценты по ним. Это требует оценки способности предприятия выплачивать кредиторам проценты, определять их размер, возможный к выплате без риска оказаться несостоятельным плательщиком. В группе показателей финансовой устойчивости объединены такие показатели, которые помогают предприятию определять будущую финансовую политику, а кредиторам - принимать решения о предоставлении ему дополнительных займов.

Показатели деловой активности предназначены для оценки эффективности использования предприятием имеющихся у него активов. Они позволяют оценить оптимальный размер и структуру активов с позиции функционирования предприятия. Величина активов должна быть достаточна и оптимальна для выполнения производственной программы предприятия. Если предприятие испытывает недостаток в ресурсах, оно должно думать об источниках финансирования для их пополнения. Наоборот, если величина активов неоправданно велика, предприятие будет нести дополнительные расходы.

Анализ по финансовым коэффициентам целесообразно использовать при составлении документов, содержащих финансовые данные (например, кредитного соглашения). Если составляемый документ содержит ограничивающие условия, которые основаны на определенных соотношениях и расчетах, целесообразно выполнить анализ наиболее важных коэффициентов и учесть прогнозное развитие предприятия. Такой анализ необходим для того, чтобы знать, насколько предприятие соответствует этим критериям, построенным на оценке будущих событий в настоящий момент, и избежать финансовых неприятностей.

УДК 658.8:

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ

Медведев Б.Н., Васкевич А.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Недра - наше основное национальное богатство, которое дает около 50% бюджетных поступлений и 70% валютной экспортной выручки. За последние 10 лет пополнение минерально-сырьевой базы новыми месторождениями практически не происходило. Сейчас идет «проедание» запасов, разведанных еще в советские времена, когда геологораз-

ведка по праву занимала ведущее место в государственных задачах. С 2006 г., по оценкам Минприроды, уже не останется рентабельных месторождений для проведения аукционов. Геологическая служба в России всегда была государственной, а недра— главным материальным богатством страны. Последние 15 лет стали поворотными, в том числе и для геологоразведки. Катастрофическое сокращение государственного финансирования привело к резкому уменьшению поиска и разведки новых месторождений, что напрямую угрожает экономической стабильности и безопасности страны. Доля работ, выполняемых за счет средств федерального бюджета, во всем объеме геологоразведочных работ в последние годы составляет 9—14%. Субъекты РФ в 2003 - 2004 гг. вложили в геологоразведку 7—12% от общего объема инвестиций. В 2005 г. в связи с принятием поправок к Закону № 184-ФЗ «Об общих принципах организации законодательных и исполнительных органов государственной власти субъектов РФ» (ст. 26.3) доля средств бюджетов субъектов РФ в финансировании геологоразведочных работ сократилась до 1,7%. Около 80% средств внесли недропользователи, то есть частные компании, занимающиеся добычей полезных ископаемых. За последние 10 лет геологическая отрасль потеряла тысячи высококвалифицированных специалистов из-за низкой оплаты труда в отрасли.

Поэтому в статье были проведены исследования экономики геологического предприятия ООО «Буровая компания», основные показатели работы, которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экономические показатели работы предприятия ООО «Буровая компания»

№№ п/п	Наименование показателей	Годы		
		2009	2010	2011
1	Численность сотрудников, чел	120	130	132
2	Объем проходки, м	20467	24586	27625
3	Выручка, млн.руб.	87,9	142,9	202,4
4	Себестоимость, млн.руб.	81,6	143,6	188,9

Для рационально организованного в пространстве и времени совокупного производственного процесса предприятия характерна высокая его эффективность, достигаемая на основе последовательного проведения таких принципов, как специализация частичных процессов производства, их пропорциональность, ритмичность производства, его непрерывность и автоматичность производственных процессов. Поэтому сокращение затрат труда необходимо рассматривать как одну из важнейших задач при решении вопросов повышения эффективности этих работ. Рациональный комплекс может быть выбран только путем сравнения на основе совокупной оценки геологической и экономической эффективности геологоразведочных комплексов, приемлемых для конкретного района. Основные направления повышения эффективности комплекса основных и вспомогательных процессов при разведке полезных ископаемых - правильный выбор способа разведки, внедрение передовой техники и рациональных форм организации труда, совершенствование материального и морального стимулирования труда и т.п. От эффективности мероприятий, осуществляемых на этом этапе, в огромной мере зависит успех геологоразведочных работ в целом. Руководство буровой партией организует систематическое изучение затрат рабочего времени при выполнении различных полевых работ путем фотографии рабочего дня и хронометража. Выявляет наиболее прогрессивные приемы и методы выполнения работ и организует широкое внедрение их в производство. Организует соревнование между отрядами, бригадами и отдельными работниками партии и проводит другие мероприятия, обеспечивающие высокую эффективность полевых работ. Большая роль в повышении эффективности работы долота, коронки на забое принадлежит режиму буре-

ния. Испытание скважин на продуктивность — завершающий этап цикла строительства скважин, который определяет результаты и эффективность производства всех предыдущих работ. Высокие темпы наращивания проходки неразрывно связаны с мероприятиями, повышающими эффективность геологоразведочных работ.

Одним из основных способов улучшения экономической эффективности геологоразведочного предприятия - это выбор стратегии формирования оборотных средств. Для предприятия есть смысл применить стратегию умеренного формирования оборотных средств.

Основное направление повышения эффективности вспомогательного производства - это создание специализированных предприятий, внутри основного предприятия, а именно специализированных цехов и служб по обслуживанию основного производства:

– ООО «Механический цех» входят такие подразделения, как токарный цех, сварочный цех, цех металлообработки (пресс, печь для закалки металла). Основная задача обеспечить бесперебойную комплектацию буровых бригад такими материалами: буровая обсадная труба с резьбой; исправление дефектов буровой трубы, перехода ниппельные и безнипельные; шпильки, болты, гайки; обработка и изготовление металлозаготовок по чертежам заказчика, сварочные работы;

– ООО «Автодеталь» профиль предприятия - обеспечение потребности предприятий геологоразведки в качественных импортных запасных частях и геологоразведочном инструменте иностранного производства, а в последнее время и поставка геологоразведочного оборудования иностранного производства (основные торговые партнеры - предприятия Канады, США, Германии и Китая).

Использование определенных методов при разведке месторождений позволяет получать результаты расположения пластов в недрах земли, что неизменно приводит к эффективности процессов производства при дальнейшей добыче полезных ископаемых. Геофизические исследования проводятся на базе передвижных самоходных каротажных машин ПКС-2, оборудованных регистраторами Карат-П. Геофизические методы исследования скважин - комплекс физических методов, используемых для изучения горных пород в около скважинном и межскважинном пространствах, а также для контроля технического состояния скважин. Геофизические исследования скважин (ГИС) делятся на две весьма обширные группы методов - методы каротажа и методы скважинной геофизики. Каротаж, также известный как промысловая или буровая геофизика, предназначен для изучения пород непосредственно примыкающих к стволу скважины (радиус исследования 1-2 м). Часто термины каротаж и ГИС отождествляются, однако ГИС включает также методы, служащие для изучения межскважинного пространства, которые называют скважинной геофизикой. Рассмотрим основные методы:

– метод ГК (гамма-каротаж) - один из комплексов методов исследований скважин радиоактивными методами. ГК исследует естественную радиоактивность горных пород по стволу скважин;

– метод БК (боковой каротаж) - метод, основанный на применении зондов с фокусированной системой питающих электродов. Задачи, решаемые методом БК, связаны с его высокой разрешающей способностью по вертикали и возможностью получения удовлетворительных результатов при больших отношениях. В благоприятных условиях метод БК позволяет осуществить детальное расчленение разреза, оценить его литологию, выделить пласты-коллекторы, определить их коллекторские свойства;

– акустический каротаж (АК) - методы изучения свойств горных пород по измерениям в скважине характеристик упругих волн ультразвуковой (выше 20 кГц) и звуковой частоты. При АК в скважине возбуждаются упругие колебания, которые распространяются в ней и в окружающих породах и воспринимаются приемниками, расположенными в той же среде.

В последние годы эффективность управления в геолоразведке повышается за счет резкого упрощения управленческого аппарата и сокращения его численности с передачей

многих функций производственным объединениям. Первый заместитель начальника - главный инженер, который осуществляет производственно-техническое руководство коллективом и наравне с директором несет полную ответственность за эффективность работы предприятия. Планово-экономический отдел разрабатывает перспективные и текущие планы деятельности коллективов, контролирует выполнение плановых заданий, анализирует производственно-хозяйственную деятельность предприятия и его подразделений, организует хозяйственный расчет, участвует в разработке мероприятий по повышению эффективности работы предприятия. При этом в сфере управления повышаются производительность труда управленческого персонала, оперативность и организованность его работы, эффективность принимаемых решений, а также достоверность и полнота информации.

В сфере производства экономическая эффективность внедрения АСУП складывается из увеличения выпуска продукции на имеющихся производственных мощностях в результате оптимизации производственной программы предприятия; улучшения использования основных производственных фондов, как следствие, сокращения простоев оборудования; установления оптимального уровня запасов материальных ресурсов; сокращения транспортных затрат при оптимизации маршрутов движения транспорта и повышении оперативности планирования перевозок; снижения непроизводительных расходов, связанных с оплатой штрафов, пени, неустоек и т.п.

Используя заработную плату в качестве важнейшего средства материального стимулирования, увеличения выпуска продукции, улучшения ее качества и повышения эффективности производства, государство организует ее таким образом, чтобы каждая часть заработной платы (фонд заработной платы и фонд материального поощрения) выполняла активную стимулирующую роль и усиливала материальную заинтересованность работников в конечном результате производства. Эффективность сдельной формы оплаты труда обусловлена усилением материальной заинтересованности рабочих в росте производительности труда, улучшении использования оборудования и материальных ресурсов, внедрении новой техники и научной организации труда, а также в повышении квалификации рабочих и совершенствовании нормирования труда. Надбавки должны применять, прежде всего, за высокую квалификацию ИТР и профессиональное мастерство рабочих, которое должно проявляться в росте эффективности производства.

Автоматизация контрольных функций на базе ЭВМ открывает новые возможности в повышении эффективности управленческого труда. Обработка данных на ЭВМ существенно повышает эффективность контроля, его оперативность, достоверность. На этом этапе происходит процесс персонализации АСУ, который проявляется в создании систем поддержки принятия решений определенными специалистами. Подобные системы имеют встроенные элементы анализа и интеллекта для разных уровней управления, реализуются на персональном компьютере и используют телекоммуникации. В связи с переходом на микропроцессорную базу существенным изменениям подвергаются и технические средства бытового, культурного и прочего назначений. Начинают широко использоваться в различных областях глобальные и локальные компьютерные сети.

Для улучшения технико-экономических показателей глубокого бурения необходимо решить ряд технических и организационных задач:

1) завершить работы по созданию комплекса производительных буровых установок для строительства скважин в различных природных условиях;

2) шире внедрять облегченные установки для испытания скважин;

3) расширить применение высокопрочных бурильных и обсадных труб;

4) повысить стойкость и увеличить число типоразмеров породоразрушающего инструмента,

5) необходимо внедрить автоматические средства подачи долота, коронки.

Таким образом, внедрение в производство комплекса предлагаемых мероприятий позволит существенно улучшить экономику геологических предприятий.

УДК 622.013 (571.17)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ШАХТЫ «АНТОНОВСКАЯ»

Медведев Б.Н., Романова В.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

К техническому перевооружению относится комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, цехов и участков, на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования новым более производительным.

На основе анализа добычи угля с использованием комбайнов отечественного и импортного производства, был сделан вывод о том, что при использовании зарубежной техники нагрузка на очистной забой соразмерно выше, нежели при использовании отечественной техники, несмотря на пока еще больший удельный вес использования отечественных комбайнов.

Следовательно, в настоящий момент в рамках угледобывающей отрасли зародилась тенденция к использованию не только зарубежных очистных комбайнов фирм «Джой», ДБТ и т.д., но и использования механизированных угледобывающих комплексов также импортного производства с целью повышения нагрузки на очистной забой и в целом увеличения производственной мощности угледобывающего предприятия.

Таким образом, основным направлением в развитии угольной промышленности является обеспечение прироста добычи угля за счет повышения производительности труда рабочего на основе технического перевооружения, при применении высокопроизводительного оборудования, средств автоматизации, научной организации труда, концентрации и стабильной работы предприятия.

В настоящее время в ходе постепенного роста, шахта «Антоновская» выходит на уровень по добыче угля до 1,2 миллиона тонн в год, но остается ряд «узких мест», сдерживающих добычу угля. Повышенный спрос потребителей (марка угля Ж) влечет за собой необходимость повышения проектной мощности до 1,8 миллионов угля в год. При этом, для того, чтобы достичь данных результатов необходимо осуществить техническое перевооружение шахты, устаревшее оборудование которой является основным сдерживающим фактором в технологической схеме.

Шахта «Антоновская» состоит из двух обособленных блоков, не связанных между собой горными работами и не имеющих общей промышленной площадки. Пласты, 29а и 26а на участке вскрыты и подготовлены по индивидуальным схемам, то есть по каждому пласту транспорт угля, материалов и оборудования от забоя до поверхности осуществляется также по индивидуальным схемам.

Система разработки: длинные столбы по простиранию. При выемке угля используются комплексы КМ-138, очистной комбайн К-500Ю. Способ управления кровлей – полное обрушение. Проведение подготовительных выработок осуществляется комбайнами ГПКС. Капитальные выработки шахты закреплены металлическими податливыми крепями А16-27, А13-22, А10-17 с полной перетяжкой железобетонной затяжкой. Подготовительные выработки и выработки очистных забоев крепятся анкерной крепью (АСП), смешанной крепью (деревянные стойки, верхняк СВП-17, СВП-22), арочной податливой крепью (А10-17) с перетяжкой решетчатой металлической затяжкой. В этих условиях нагрузка на очистной забой принята на уровне 2500-3000 тонны в сутки.

В качестве основного подземного транспорта для транспортирования полезного ископаемого используются конвейеры типа 1Л120. Диаграмма работы подсистем технологической схемы шахты «Антоновская» представлена на рис. 1.

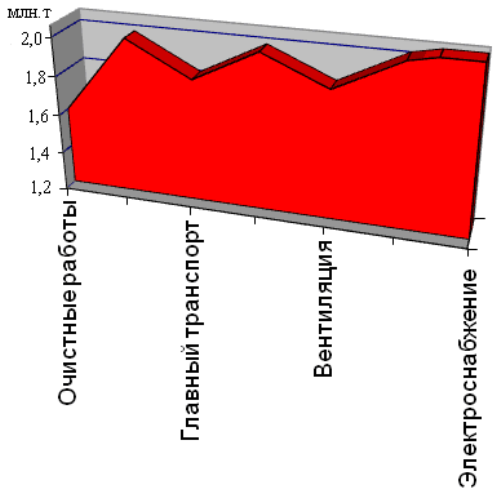


Рис. 1. Диаграмма работы подсистем технологической схемы шахты «Антоновская»

Из диаграммы рис. 1 видно, что подсистемы «очистные работы» и «главный транспорт» технологической схемы шахты не смогут обеспечить высокопроизводительную работу при увеличении производственной мощности. Следовательно, для данных технологических звеньев необходимо применять комплекс мероприятий для повышения его эффективной работы.

Таким образом, оборудование, используемое на выемочном участке, а именно комбайны К-500Ю, лавные конвейеры «Анжера-30», перегружатели ПС-271, не отвечают требованиям эффективной отработки запасов и выхода на требуемую производственную мощность.

Весь перечень мероприятий по данному звену заключается во внедрении нового высокопроизводительного оборудования для добычи и последующей транспортировки полезного ископаемого. Для добычи угля проектируется внедрение очистного комбайна KSW-460NE (Польша), который позволит увеличить добычу в среднем до 5000 тонн угля в сутки.

Высокопроизводительный современный очистной комбайн типа KSW-460NE с электроприводом подачи и двумя узкими поворотными редукторами может работать на лавном конвейере с системой подачи EICOTRACK или DYNATRACK. Комбайн предназначен для двухсторонней выемки и погрузки угля в лавах с поперечным углом наклона до 25° по подъему и до 20° по уклону, а также при продольном наклоне лавы до 12° без тормозов и до 35° в версии с тормозами.

Электрооборудование комбайна позволяет эксплуатировать комбайн в газовых шахтах, в горных выработках опасных по взрыву метана, а также опасных по взрыву угольной пыли.

Бесступенчатая регулировка положения исполнительных органов мощности дает возможность выемки угля на пластах переменной мощности. Комбайн оснащен компьютерной системой управления и диагностики. Комбайн имеет местное дистанционное радиоуправление, местное управление, с кабельных пультов управления и аварийное управление с электроблока ZNS-460NE или из блока электрораспределителей.

Однако при таком объеме добычи имеющейся лавный конвейер «Анжера-30» не сможет обслужить выемку угля. Поэтому следующим мероприятием по техническому перевооружению предусматривается внедрение нового лавного конвейера RYBNIK 850 (Польша).

Лавный скребковый конвейер RYBNIK 850 предназначен для транспортировки выработки от лав с большой и средней концентрацией добычи при углах наклона лавы по простиранию до ±35º и восстанию/падению до ±25º. Конвейер RYBNIK 850 является новейшим вариантом скребковых конвейеров марки RYBNIK.

Для совместной работы с описанным конвейером предлагается внедрить высокопроизводительные штрековые перегружатели типа GROT 850 и современные динамические дробилки с соответствующей производительностью SCORPION 1800P.

Проходческие работы: оборудование и технология проведения горных выработок по постоянным схемам смогут обеспечить своевременную подготовку очистных забоев.

Главный транспорт: представляет собой полную конвейеризацию транспортирования угля непосредственно от забоя до поверхности. При этом конвейерная цепочка шахты с заменой ленточного телескопического конвейера (1ЛЛТ1200), сможет обеспечить выдачу горной массы в объеме до 10 тысяч тонн в сутки, и будет наблюдаться эффективная работа даже с увеличением производственной мощности предприятия.

Показатели экономического эффекта от технического перевооружения шахты «Антоновская» приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели экономического эффекта от технического перевооружения шахты «Антоновская»

Наименование	Ед.изм	Сумма
Производственная мощность предприятия до перевооружения	тыс.т	887,50
Производственная мощность предприятия после технического перевооружения	тыс.т	1 800
Рост производственной мощности предприятия	тыс.т	912,50
Стоимость 1 т угля марки Ж	руб.	3 000
Ежегодный рост доходов	тыс. руб.	2 737 500
Время работы оборудования	лет	10
Дополнительно полученный доход за 10 лет эксплуатации оборудования	тыс. руб.	27 375 000
Стоимость очистного комбайна	тыс. руб.	850 000
Стоимость скребкового конвейера	тыс. руб.	80 000
Стоимость перегружателя	тыс. руб.	70 000
Стоимость дробилки	тыс. руб.	60 000
Стоимость цепочки ленточных конвейеров	тыс. руб.	240 000
Итого инвестиций для технического перевооружения	тыс. руб.	1 300 000
Экономический эффект за срок эксплуатации оборудования (10 лет)	тыс. руб.	26 075 000
Срок окупаемости	год	0,5

Таким образом, техническое перевооружение шахты «Антоновская» приведет к повышению надежности технологической схемы в целом и приросту производственной мощности горного предприятия до 1,8 миллионов угля в год. Экономический эффект от технического перевооружения может составить более 26 млрд. руб., при окупаемости в полгода.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ»

УДК 681.51: 622.7

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»

[1]Ивушкин К.А., [2]Шипунов М.В., [2]Грачев В.В. ,[3]Мышляев Л.П.
1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой»
2 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
3 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Обогатительная фабрика «Матюшинская» с производственной мощностью 4,5 млн. тонн угля в год, расположенная на участке 82 гектара и включающая в себя более 80 различных объектов инфраструктуры, сдана в промышленную эксплуатацию в сентябре 2012 года. Технологический комплекс обогатительной фабрики состоит из следующих объектов:

- комплекс приема рядового угля авто и ж/д транспортом, и его подготовки;
- комплекс обогащения рядового угля;
- комплекс складирования отходов обогащения в бункере породы;
- комплекс складирования готовой продукции, включающий открытый склад концентрата, объемом 25 тыс. тонн для класса 50-200 мм, а также укрытый склад концентрата, объемом 31,5 тыс. тонн для класса 0-50 мм;
- комплекс погрузки готовой продукции в ж/д вагоны.

В функциональной структуре САУ ТК ОФ, представленной на рис. 1, выделяются четыре основные системы:

1) система централизованного сбора, обработки и хранения информации;
2) система автоматизации управления производственными процессами обогатительной фабрики;
3) система автоматизации управления технологическим комплексом, состоящая из следующих пяти подсистем:
   - автоматизации оперативно-диспетчерского контроля и управления технологическим комплексом фабрики;
   - автоматизации управления технологическим комплексом углеприема;
   - автоматизации управления технологическим комплексом обогащения рядового угля;
   - автоматизации управления технологическим комплексом погрузки;
   - видеоконтроля;
4) система инженерного сопровождения.

При проектировании системы автоматизации управления технологическим комплексом обогатительной фабрики (САУ ТК ОФ) «Матюшинская» была выбрана двухуровневая система, построенная на базе современных программируемых логических контроллеров, рабочих станций, серверов и коммуникационного оборудования (рис. 2).

На данную систему возложены следующие задачи:

- автоматизация контроля и диагностики состояния технологического оборудования и агрегатов;
- управление технологическим комплексом: включение, выключение и переключение поточно-транспортных схем, автоматическое регулирование параметров технологических процессов;
- отображение и регистрация результатов контроля, диагностики и управления.

Так же в системе САУ ТК ОФ «Матюшинская» предусмотрен информационный обмен с объектами инфраструктуры разреза «Березовский», а именно: с САУ котельной и административно-бытовым комбинатом (АБК). Данные информационные связи исполь-

зуются для решения следующих задач: регистрации технологических параметров и результатов контроля, диагностики и управления оборудованием САУ котельной на серверах системы централизованного сбора, обработки и хранения информации САУ ТК ОФ;

− отображения текущего состояния технологических комплексов обогатительной фабрики и котельной, а также технологических параметров и результатов переработки продукции за необходимый промежуток времени руководящему звену разреза и обогатительной фабрики в здании АБК.

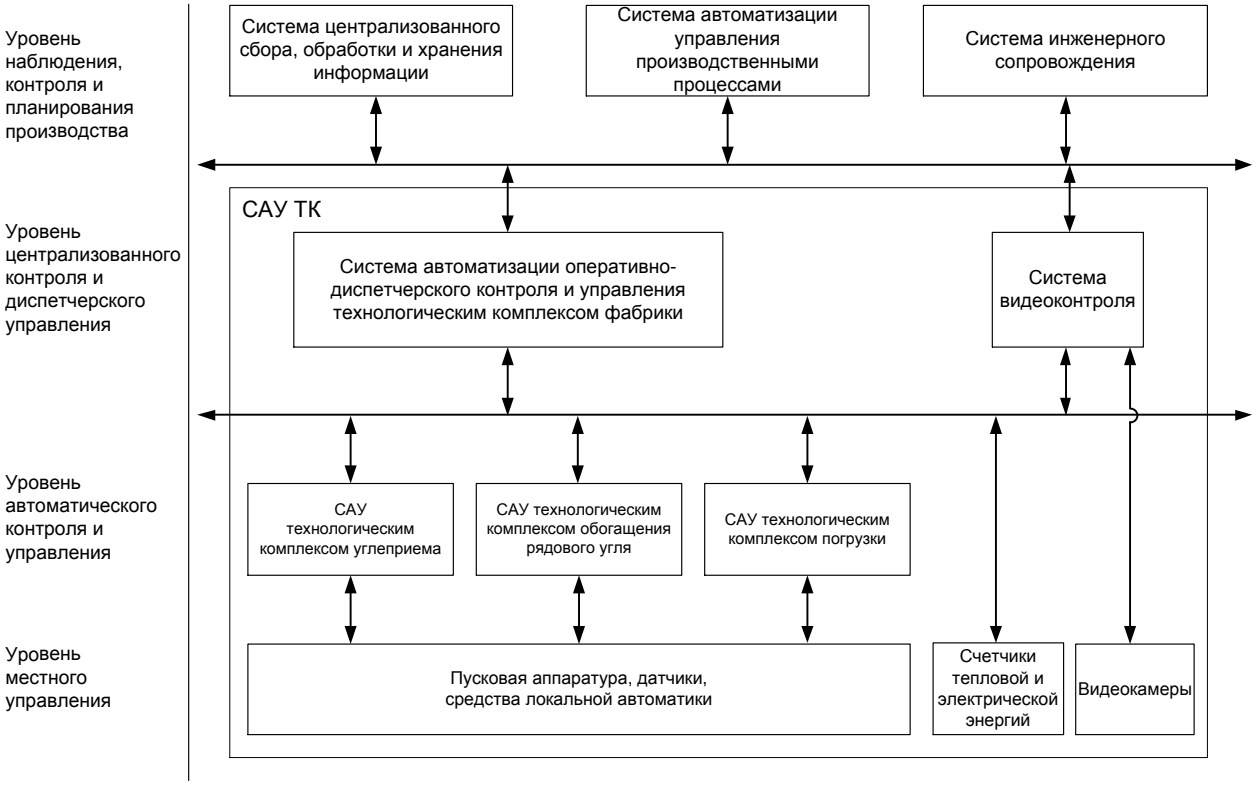


Рис. 1. Схема функциональной структуры САУ ТК ОФ «Матюшинская»

Технологическая схема обогатительной фабрики достаточна сложна и рассчитана на обогащение нескольких марок углей. Предусмотрена возможность одно- или двухстадийного обогащения рядового угля в тяжелой среде с обезвоживанием продуктов обогащения на дренажно-промывочных грохотах, центрифугах, гидроциклонах, флотомашинах, гипербарических фильтрах, со сгущением и обезвоживанием шламов с использованием радиальных сгустителей и фильтр-прессов.

Комплексы углеприема и углеподготовки рядового угля, складирования отходов обогащения в бункере породы, складирования готовой продукции и погрузки готовой продукции укомплектованы отечественным технологическим оборудованием.

Особенность обогатительной фабрики “Матюшинская” заключается в том, что технологический комплекс главного корпуса полностью укомплектован импортным оборудованием, а в качестве программно-аппаратных средств САУ использована продукция одного из мировых лидеров в области автоматизации корпорации Schneider Electric (Франция).

Для построения системы «нижнего» уровня САУ ТК ОФ «Матюшинская» использовались программируемые логические контроллеры (ПЛК) Modicon Quantum от Schneider Electric. Контроллеры Quantum, предлагая большой выбор процессоров, отлично подходят для сложных процессов, и их производительность обеспечивает:

− оптимальное время циклов, объединяя еще больше возможностей обмена данными и диагностики, гибкость памяти и хранение данных;

− максимальную производительность при работе с логическими инструкциями и инструкциями с плавающей запятой.

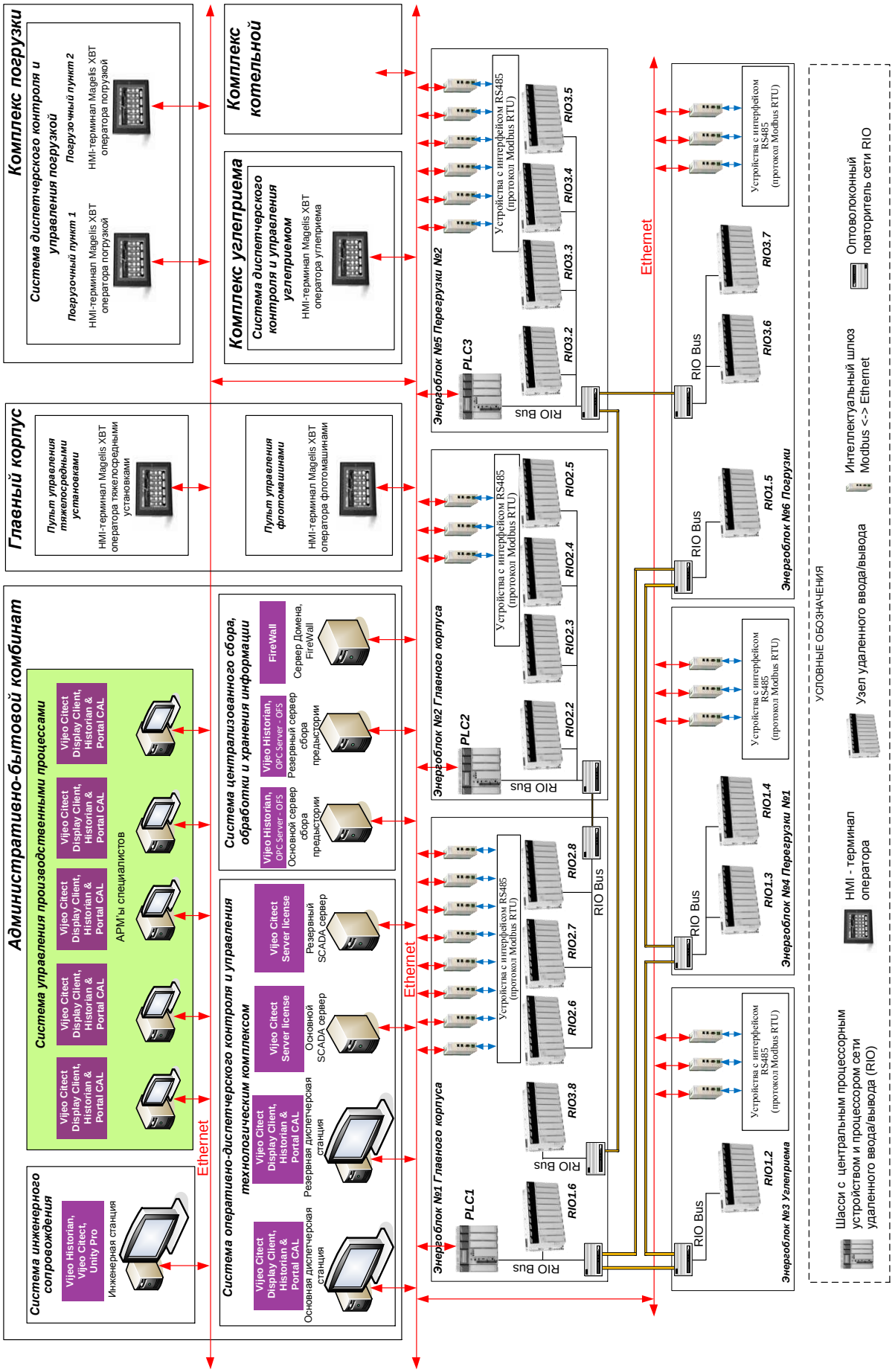


Рис . 2. Укрупненная структура САУ ТК ОФ «Матюшинская»

Для построения системы «верхнего» уровня САУ ТК ОФ «Матюшинская» был использован пакет прикладных программ Vijeo от Schneider Electric, в составе SCADA-системы Vijeo Citect, системы сбора предыстории Vijeo Historian и система визуализации операторских терминалов Vijeo Designer.

Из полученного опыта разработки прикладного программного обеспечения САУ ТК ОФ «Матюшинская» и работы с пакетом прикладных программ Vijeo следует отметить следующие ключевые, на наш взгляд, моменты и особенности.

1. Возможность быстрого и легкого развертывания распределенной системы, состоящей из серверов, диспетчерских станций, операторских терминалов, АРМов специалистов, инженерной станции.

2. Создание и использование единого информационного пространства САУ ТК ОФ, начиная с уровня контроллеров, уровня SCADA и HMI-терминалов и закачивая серверами сбора предыстории. Переменные САУ ТК создаются только один раз, например, при программировании контроллеров. И в дальнейшем они без проблем переносятся в конфигурацию SCADA-системы и в базу данных сервера сбора предыстории. Те же самые переменные используются при создании интерфейса HMI-терминалов.

3. Возможность использования как локализованных – привязанных к определенному адресу в области памяти контроллера, так и динамических (нелокализованных) переменных – не требующих ручной привязки по адресам переменных. Такой подход увеличивает быстроту разработки и снижает вероятность возникновения ошибок при распределении адресного пространства, сокращая сроки пуско-наладочных работ.

4. Наличие многопользовательского доступа при разработке и изменении SCADA-проекта. К SCADA-проекту, расположенному на удаленной станции, могут подключаются все разработчики. Тем самым достигается возможность совместной работы без необходимости отслеживания изменений, внесенных другими разработчиками.

5. Автоматическое тиражирование проекта на все SCADA-станции. Изменения, внесенные в SCADA-проект с инженерной станции, автоматически переносятся на все SCADA-узлы, без необходимости перезагрузки. Тем самым обеспечивается бесперебойный процесс управления производством.

6. Гибкая схема распределения прав пользователей системы по группам, ролям в зависимости от приоритета и выполняемых функций: оператор, диспетчер, специалист АРМа, администратор позволяет обезопасить систему от несанкционированного вмешательства в технологический процесс.

7. Организация «горячего» резервирования как SCADA-серверов, так и диспетчерских станций. Переключение с основного на резервный сервер осуществляется практически мгновенно, не создавая неудобств диспетчеру.

8. Наличие встроенной библиотеки символов и ActiveX-элементов. Разработка мнемосхемы ТК ОФ значительно ускоряется и упрощается за счет использования имеющихся в библиотеке элементов. Нет необходимости разрабатывать с нуля необходимый функционал, достаточно лишь адаптировать элементы библиотеки под существующие условия.

9. Богатый набор драйверов ввода/вывода позволяет обмениваться информацией с оборудованием практически всех мировых производителей контроллеров, что весьма удобно при сопряжении со средствами автоматизации, поставляемыми комплектно с оборудованием.

10. Оперативная и квалифицированная работа службы поддержки Schneider Electric. Помощь в разрешении проблем оказывается в течение 1-2 дней, как по электронной почте, так и в личном общении по телефону. Помимо этого, информационная поддержка осуществляется на сайте компании в разделе «Ответы на часто задаваемые вопросы» и на форуме разработчиков продуктов Vijeo.

Дальнейшее развитие и совершенствование пакета Vijeo, с нашей точки зрения, видится по следующим направлениям.

1. Реализация автоматической синхронизации и резервирования серверов предыстории Historian. В настоящее время возможность синхронизации существует только на уровне СУБД MS SQL Server.

2. Возможность использования динамических (нелокализованных) переменных в HMI-терминалах. На данный момент каждая новая компиляция программы контроллера требует повторной ручной перепривязки переменных в проекте терминала.

3. Совершенствование интерфейса работы с тегами базы данных в SCADA-системе. В текущей версии SCADA Vijeo Citect отсутствует, например: список переменных для выбора в «Редакторе Cicode», фильтр выбора тегов в «Редакторе Графики».

Работа выполнена в рамках государственного задания № 7.4916.2011 Министерства образования и науки на выполнение СибГИУ научно-исследовательских работ и поддержана грантом № 10-07-00193а

УДК 681.518.5:622.61

ИССЛЕДОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ВОЗМУЩЕНИЙ И ДИНАМИКИ ОБЪЕКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА)

[1]Евтушенко В.Ф., [1]Макаров Г.В., [1]Мышляев Л.П., [2]Ивушкин К.А., [1]Буркова Е.В.
1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
2 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой»
г. Новокузнецк, Россия

Эффективность систем автоматического регулирования (САР) любой структуры зависит как от характеристик действующих на объект возмущений (контролируемых и неконтролируемых), так и динамических свойств каналов преобразования входных воздействий, в том числе и регулирующих. В частности, в [1] при оценивании области эффективной работы САР по отклонению сопоставляется время чистого запаздывания динамического канала преобразования регулирующих воздействий с интервалом спада автокорреляционной функции (АКФ) приведенных к выходу объекта возмущений.

С этой точки зрения являются важными исследования влияния совместных изменений статистических свойств приведенных возмущений как интегральной характеристики неконтролируемых возмущений, выраженных в масштабе изменений выходных воздействий, так и динамических характеристик регулирующих каналов объекта. В данном сообщении приводится постановка задачи, схема и результаты ее решения для таких исследований, выполненных с помощью численного моделирования, с использованием данных о статистических свойствах приведенных к выходу объекта возмущений и о структуре и значениях параметров моделей каналов преобразования регулирующих воздействий, отражающих свойства и условия функционирования лабораторной установки сжигания водоугольного топлива [2]. Результаты исследования представлены в виде области эффективного применения САР по отклонению, выраженной через параметры статистических свойств возмущений и динамических характеристик каналов преобразования регулирующих воздействий.

Сведения, полученные из доступных литературных источников, например [1] , показали, что наиболее существенное влияние на качество функционирования САР оказывают такие характеристики неконтролируемых возмущений, как форма спада нормированной автокорреляционной функции (АКФ) и дисперсия приведенного возмущения, а

также запаздывание динамического канала преобразования регулирующих воздействий объекта регулирования.

Постановка задачи численного моделирования

Дано: 1. Структура системы регулирования по отклонению при наличии действующих на объект неконтролируемых возмущений (рис. 1). Объект регулирования – последовательно соединенные звено чистого запаздывания и инерционное звено первого порядка. На рис. 1 приняты следующие обозначения: *u(i)* – управляющее воздействие, $w_н(i)$ – неконтролируемые внешние возмущения, *y(i)* – выходное воздействие, *y*(i)* – задающее воздействие, *ε(i)* – ошибка регулирования.

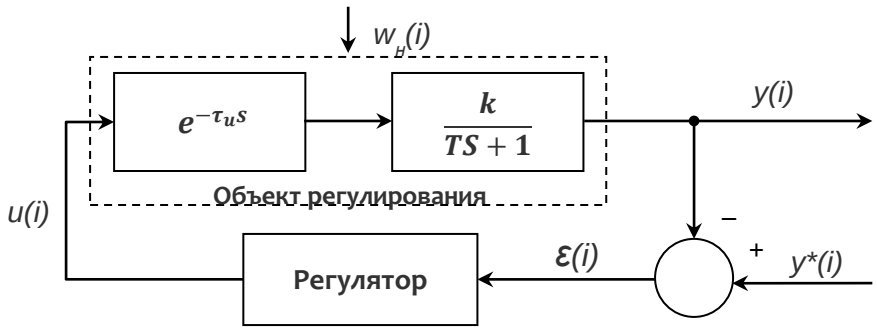


Рис. 1. Блок-схема САР по отклонению

Для моделирования системы использовали эквивалентную САР с приведенным к выходу объекта возмущением.

2. Математическая модель канала преобразования регулирующих воздействий, представленная в операторной форме с помощью последовательно соединенных инерционного звена первого порядка и звена запаздывания

$$\varphi_u(\mathrm{s}) = \frac{k_u}{T_u s + 1} e^{-\tau_u s}. \quad \textbf{(1)}$$

где k_u – коэффициент передачи, T_u – время инерции, τ_u – время запаздывания канала преобразования регулирующих воздействий.

3. Приведенные к выходу объекта возмущения − стационарный динамический сигнал с заданной АКФ

$$R_{\text{пр}}(\theta) = \sigma^2_{\text{пр}} e^{-\alpha|\theta|}, \quad \textbf{(2)}$$

где $\sigma^2_{\text{пр}}$ – дисперсия приведенного возмущения, α – коэффициент спада АКФ, θ – время сдвига между сечениями ряда приведенных возмущений.

4. Законы регулирования.

4.1. ПИ-регулятора с передаточной функцией

$$W_{\text{ПИ}}(s) = k_p \left(1 + \frac{1}{T_{\text{и}} s}\right). \quad (3)$$

4.2. Оптимального по среднеквадратическому критерию регулятора [1] с передаточной функцией

$$W_{\text{р.опт.}}(s) = \frac{e^{-\alpha\tau_u}}{1 - e^{-\alpha\tau_u} e^{-\tau_u s}} \frac{1}{k_u} (T_u s + 1). \quad (4)$$

Для расчета использовали рекуррентно-разностные выражения, полученные из (1, 3-4) методом Z-преобразования.

5. Начальные условия

$$y_u(0) = 0;\ u(0) = 0;\ y_{np}(0) = 0;\ y^* = 0. \quad (5)$$

6. Среднеквадратичный критерий точности регулирования

$$q = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}[y^*(i) - y(i)]^2, \quad (6)$$

где N – интервал моделирования.

7. Ограничения.

7.1 Условие эффективности функционирования САР, выраженное неравенством

$$q < \gamma \cdot \sigma^2_{\text{пр}}, \quad (7)$$

предполагая при этом, что коэффициент γ принимает значения меньше 1. В частности, при исследовании значение γ принимали равное 0,95.

7.2 Условие воспроизводимости реализаций возмущений, при зафиксированных (постоянных) значениях дисперсии $\sigma^2_{\text{пр}}$ и коэффициента α АКФ приведенных возмущений, выраженное через целевой критерий эффективности САР

$$\left|q_j^{\text{н}} - q_l^{\text{н}}\right| \le 0{,}02, \quad (8)$$

где $q^{\text{н}}$ — нормированные значения критерия, определенные как отношение текущих значений к средневыборочному;

7.3 Время Θ_S спада нормированной АКФ приведенного возмущения определяется $\Theta_S = \Theta$ при $r(\Theta) = 0{,}2$.

Требуется:

1. Исследовать совместное влияние характеристик α, τ_u на критерий качества регулирования (6).

2. Оценить область эффективного применения САР рассматриваемой структуры, т.е. определить такие значения β, при которых для каждого из рассмотренных законов регулирования выполняется неравенство

$$\tau_s \le \gamma, \beta \cdot \theta_S, \quad (9)$$

где τ_s – запаздывание, превышение которого приводит к неэффективной работе САР в соответствии с условием (7), при фиксированных α и параметрах закона регулирования.

Условия моделирования

1. Генерирование динамического ряда приведенных к выходу объекта возмущений осуществляли с помощью алгоритма, основанного на модели авторегрессии порядка *n*, с коррекцией ее коэффициентов по обратной связи. Значения параметров модели приведенных возмущений $\sigma_{пр}^2=1$; $0{,}01<\alpha<0{,}1$.

2. Интервал моделирования I=5000 с. Шаг дискретизации по времени Δt=1с. Значения коэффициента по α меняли с шагом дискретизации $\Delta\alpha$=0,01.

3. Область изменения значений параметров модели преобразующих каналов объекта выбирали с учетом диапазонов их изменения, полученных в [2],

$$k_u = const = 1; \quad 10 < T_u < 500; \quad 1 < \tau_u < 50; \quad \frac{\tau_u}{T_u} = const = \frac{1}{10}; \quad \Delta t = 1\text{с}.$$

Запаздывание τ_u меняли с шагом $\Delta\,\tau_u = 1$ с.

Схема проведения численного эксперимента

В процессе численного моделирования оценивали совместное влияние изменения коэффициента спада нормированной АКФ α, запаздывания в канале регулирования τ_u на изменение критерия качества σ_y^2 САР по отклонению с оптимальным и ПИ-законом регулирования с регистрацией значений τ_s и α, характеризующих границу эффективности функционирования САР по условию (7). В процессе численных исследований последовательно изменяли значения α с шагом 0,01 при постоянных τ_u и значения τ_u с шагом 1 с при постоянных α.

Результаты исследований

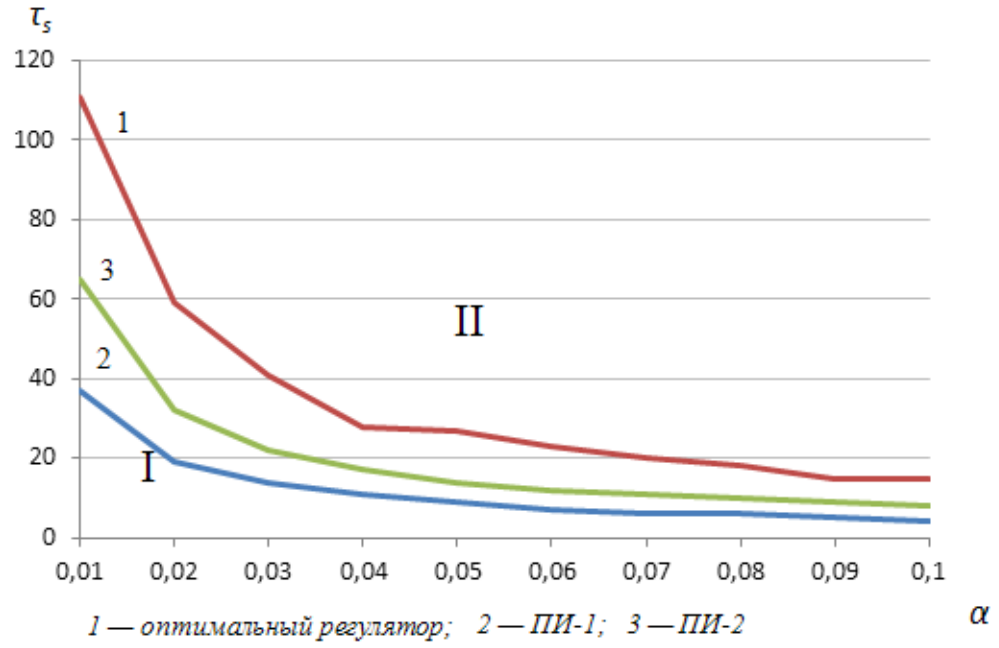
Предельные значения запаздывания τ_s и коэффициента спада нормированной АКФ α, обозначающие границу области эффективного управления для систем с оптимальным и ПИ-регуляторами с настройками по инженерной методике В. Я. Ротача [1] (Регулятор ПИ-

1) и оптимальными по минимуму σ_y^2 настройками (Регулятор ПИ-2), найденными по методу деформируемого многогранника [3], приведены в табл. 1 и на рис. 2, соответственно.

Табл. 1. Значения θ_S и предельных значений запаздывания τ_s

α	θ_S	Оптимальный		Регулятор ПИ-1		Регулятор ПИ-2	
		τ_s	β	τ_s	β	τ_s	β
0,01	160	100	0,69	37	0,23	65	0,41
0,02	80	59	0,74	19	0,24	32	0,4
0,03	54	41	0,76	14	0,26	22	0,41
0,04	40	28	0,7	11	0,28	17	0,43
0,05	32	27	0,84	9	0,28	14	0,44
0,06	27	23	0,85	7	0,26	12	0,44
0,07	23	20	0,87	6	0,26	11	0,48
0,08	20	18	0,9	6	0,3	10	0,5
0,09	18	15	0,83	5	0,28	9	0,5
0,1	16	15	0,94	4	0,25	8	0,5

На рис. 2 показаны графики предельных значений τ_s, разграничивающие области эффективного и неэффективного регулирования при заданных условиях.



I – область эффективного регулирования, II – область неэффективного регулирования

Рис. 2. Графики предельных значений τ_s

Для систем регулирования с оптимальным регулятором эффективность регулирования системы с учетом ограничения (7) определяется β=0,76.

В случае с ПИ-регулятором эффективность САР определяется значениями β=0,26 в случае приближенной настройки параметров регулятора по методике В. Я. Ротача [1] и β=0,46 для оптимальных настроек ПИ− закона регулирования, полученных с помощью поисковых методов [3].

Полученные результаты показывают, что область эффективного применения САР исследованной структуры определяется характером спада автокорреляционной функции, временем спада и запаздыванием в канале преобразования регулирующих воздействий.

Заключение

1. Для объектов с различными динамическими характеристиками каналов преобразования регулирующих воздействий можно добиться одинакового качества регулирования, изменяя свойства приведенных возмущений и наоборот. Полученные соотношения целесообразно использовать, в частности, в задачах физического моделирования САР для переноса результатов исследования с физической модели, например, лабораторной установки сжигания водоугольного топлива на натурную.

2. Полученные при исследованных условиях зависимости совместного влияния характеристик приведенных возмущений и каналов преобразования регулирующих воздействий на показатели качества регулирования позволяют определить область эффективной работы САР. По полученным соотношениям запаздывания τ_s и времени спада АКФ α можно судить об эффективности настройки регулятора, а также сделать вывод о возможности их изменений, обеспечивающих повышение качества функционирования САР.

Список литературы

1. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. / В. Я. Ротач. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.

2. Мышляев Л.П. Идентификация динамических характеристик установки сжигания водоугольного топлива. / Л.п. Мышляев, Венгер К.Г., Чичиндаев М.Г., Евтушенко В.Ф. и др. Вестник КемГУ. Кемерово: Издательство КемГУ 2011. №4

3. Банди Б. Методы оптимизации / Банди Б. – М.: «Радио и связь», 1988.

УДК 681.51

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МАГНЕТИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ В УСЛОВИЯХ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»

[1]Киселев С.Ф., [2]Циряпкина А.В., [1]Линков А.А., [2]Мышляев Л.П., [2]Березин Д.Г.
1 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Особенностью объекта управления при регулировании плотности магнетитовой суспензии, подаваемой на обогатительную установку (колесный сепаратор, тяжелосредный гидроциклон) является наличие положительных обратных связей (рециклов), обусловленных циркуляцией суспензии в схеме обогащения. Известно, что в системах автоматического регулирования (САР) подобных объектов, степень влияние рециклов на результаты регулирования определяется соотношением динамических характеристик прямой цепи и цепи рецикла канала регулирования [1,2]. Чем больше транспортное запаздывание и инерционность в цепи рецикла (в сравнении с запаздыванием и инерционностью канала регулирования), тем слабее влияние рецикла на результаты работы САР.

Технологической схемой обогатительной фабрики «Матюшинская» (разрез «Березовский», г. Прокопьевск, Кемеровской области) предусматривается двухстадийное обогащение рядовых углей с использованием тяжелосредного сепаратора СКВП-32 и тежелосредных гидроциклонов. Соответствующие фрагменты технологической схемы представлены на рис. 1. На фрагменте 1 показан комплекс тяжелосредного сепаратора, а на фрагменте 2 – комплекс тяжелосредных гидроциклонов.

Комплекс тяжелосредного сепаратора, состоит из собственно тяжелосредного сепаратора, зумпфов кондиционной и некондиционной суспензии, магнитных сепараторов. Комплекс обогащения мелкой фракции в тяжелосредных гидроциклонах включает зумпф питания гидроциклонов, два тяжелосредных гидроциклона, зумпф кондиционной и некондиционной суспензии, магнитные сепараторы. Регулирование плотности рабочей суспензии, подаваемой на сепаратор и в зумпф питания гидроциклонов, осуществляется путем разбавления кондиционной суспензии добавочной водой, подаваемой во всасывающий патрубок суспензионного насоса. Для регулирования расхода воды используется регулирующая задвижка с пневмоприводом. Средний расход суспензии, поступающей в контур циркуляции с делителей потоков и гротов, составляет около 70% от расхода рабочей суспензии.

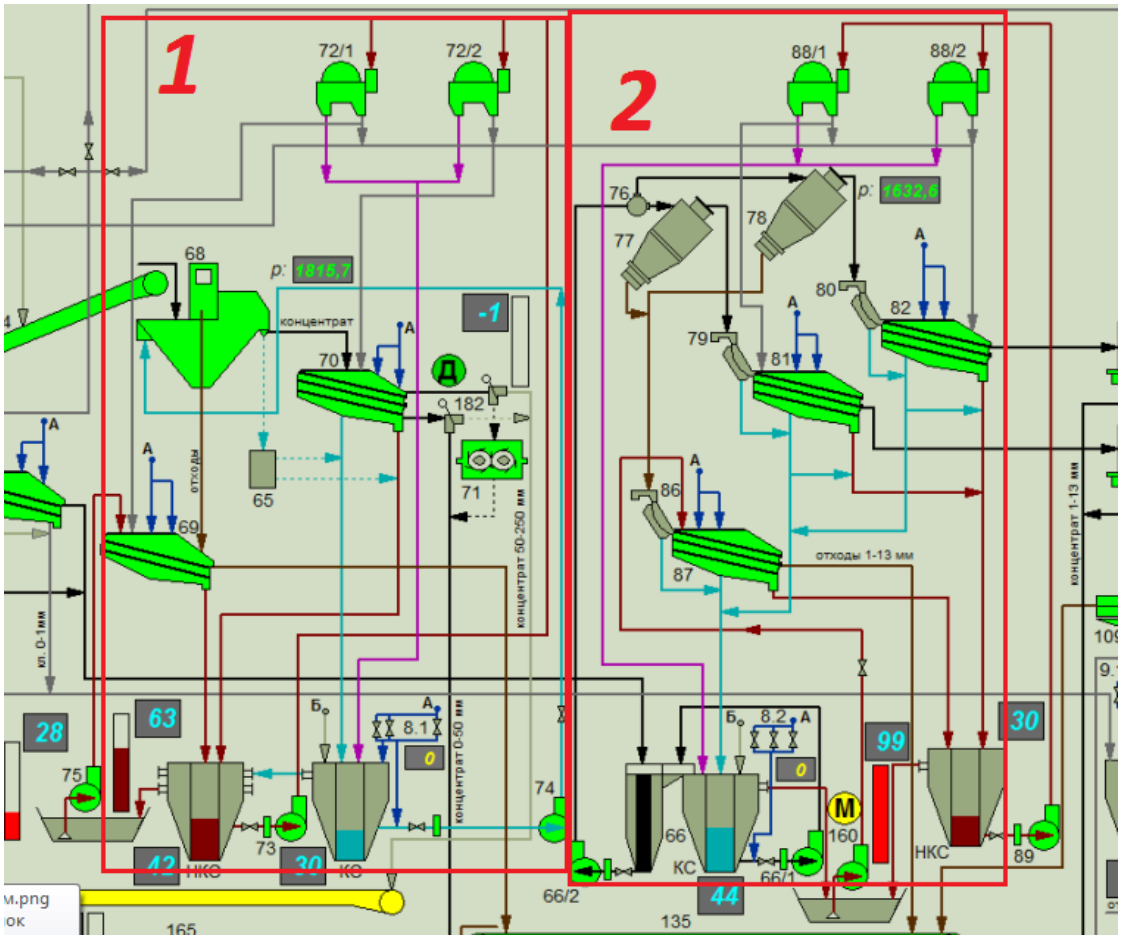


Рис. 1. Технологическая схема двух стадий обогащения

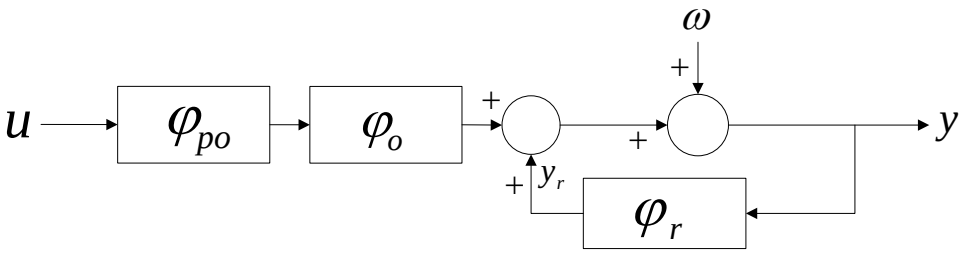
Функциональная схема математической модели объекта управления при регулировании плотности суспензии представлена на рис. 2.

Структура и параметры моделей объектов управления для комплекса сепаратора и комплекса тяжелосредных гидроциклонов определены по результатам экспериментальных исследований и расчетов, исходя из схемы технологических соединений, конструктивных размеров трубопроводов и оборудования, качественно-количественной схемы технологического процесса.

Передаточные функции компонентов модели объекта приняты в виде: $\varphi_{\text{ро}}(S) = k_{\text{ро}}$; $\varphi_{\text{о}}(S) = \frac{k_{\text{о}}}{T_o S+1} e^{-S\tau_o}$; $\varphi_r(S) = \frac{k_r}{T_r S+1} e^{-S\tau_r}$.

Для комплекса тяжелосредного сепаратора получены следующие значения параметров модели объекта управления: $k_{\text{ро}} = 1.5\ \frac{\text{м}^3/\text{час}}{\%\ \text{хода}}$; $k_{\text{о}} = 1.37\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^3}{\text{м}^3/\text{час}}$; $\text{T}_{\text{о}} = 10$ сек; $\tau_{\text{о}} = 7$ сек; $k_r = 0.85$; $\text{T}_r = 450$ сек; $\tau_r = 20$ сек.

Для комплекса тяжелосредных гидроциклонов получены следующие значения параметров модели объекта управления: $k_{\text{ро}} = 1.5\ \frac{\text{м}^3/\text{час}}{\%\ \text{хода}}$; $k_{\text{о}} = -1.37\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^3}{\text{м}^3/\text{час}}$; $\text{T}_{\text{о}} = 10$ сек; $\tau_{\text{о}} = 7$ сек; $k_r = 1$; $\text{T}_r = 80$ сек; $\tau_r = 20$ сек.



u - управляющее воздействие (положение регулирующего органа); ω – эквивалентное неконтролируемое возмущение; y - выходное воздействие (плотность магнетитовой суспензии); $\varphi_{ро}$ – оператор регулирующего органа; φ_0 – оператор объекта; φ_r – оператор цепи рецикла

Рис. 2. Функциональная схема математической модели объекта управления при регулировании плотности суспензии

Учитывая значительно более высокие значения инерционности и запаздывания в цепи рецикла в сравнении со значениями в канале регулирования и опираясь на рекомендации [1, 2], для построения САР плотности суспензии на комплексе тяжелосредного сепаратора использовался модифицированный пропорционально-интегральный регулятор, предусматривающий «безударное» переключение режимов управления (“Дистанция”, “Автомат”) и защиту от насыщения («залипания») интегральной части регулятора при нехватке ресурсов регулирования (при достижении положения регулирующего органа 0% или 100%).

Как следует из результатов эксплуатации, эта САР обеспечивает удовлетворительное качество регулирования плотности на комплексе тяжелосредного сепаратора.

При регулировании плотности суспензии на комплексе тяжелосредных гидроциклонов применение САР, аналогичной САР комплекса тяжелосредного сепаратора, не обеспечивает требуемого качества регулирования из-за значительно меньшей инерционности в цепи рецикла. Это наглядно видно из графиков переходного процесса в САР под влиянием неконтролируемого возмущения и представленного на рис. 3а. Наличие рецикла приводит к колебательному переходному процессу в такой САР.

Переходные процессы для САР с компенсацией цепи рецикла представлены на рисунке 3б.

Из графиков видно, что в данном случае переходный процесс становится апериодическим, что значительно улучшает качество регулирования плотности суспензии в приведенной САР. Время переходного процесса для САР с ПИ-законом регулирования почти в 2 раза больше времени переходного процесса для САР с компенсацией цепи рецикла.

Для улучшения характеристик этой САР в состав алгоритма регулирования введен специальный контур компенсации влияния цепи рецикла. Функциональная схема соответствующей САР представлена на рис. 4.

На рисунке 5 графически представлены значения приведенного к выходу объекта эквивалентного неконтролируемого возмущения $\omega_{\text{р}}$ (пунктирная линия), значения фактической плотности магнетитовой суспензии y (сплошная линия), заданное значение плотности y^* (сплошная горизонтальная линия).

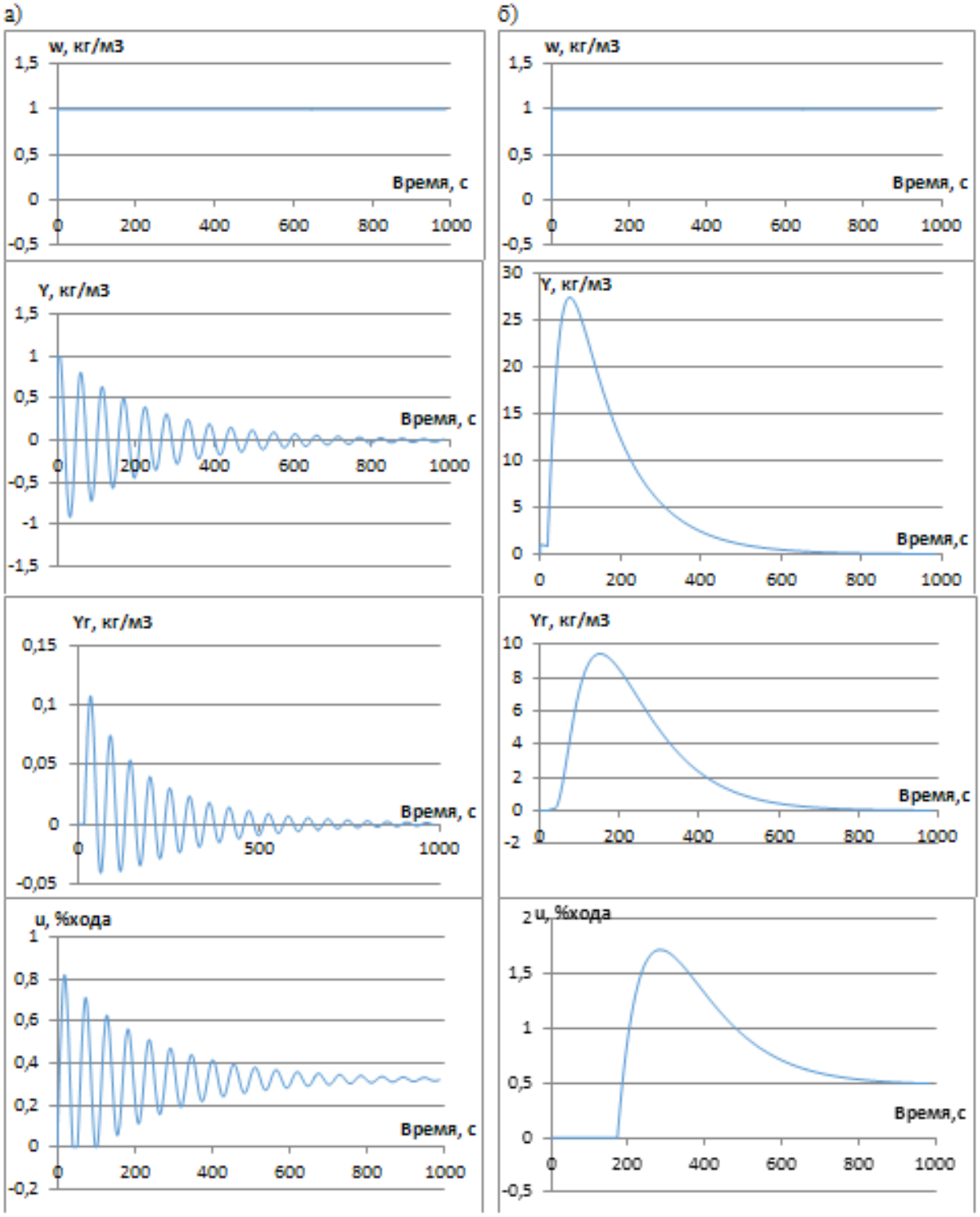
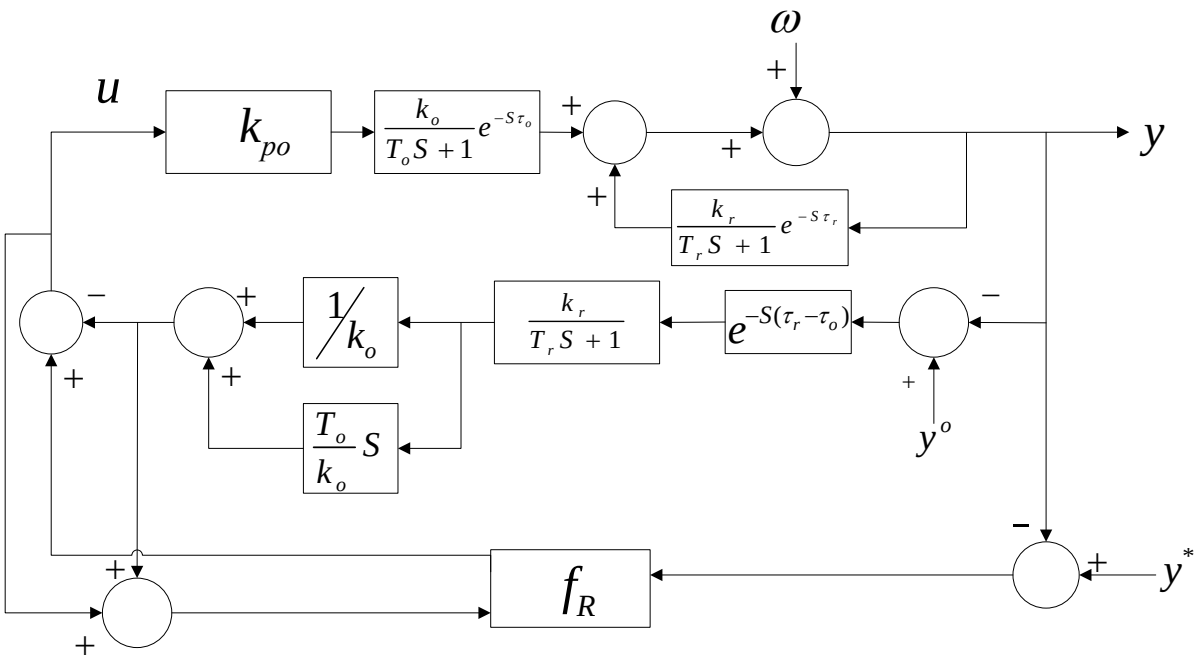


Рисунок 3 – Графики переходных процессов для САР плотности тяжелосредных гидроциклонов а) с типовым законом регулирования и б) с компенсацией влияния цепи рецикла

Расчетные значения приведенного к выходу эквивалентного неконтролируемого возмущения оценивались с использованием следующей схемы (рисунок 6).



u - управляющее воздействие (положение регулирующего контура); ω – эквивалентное неконтролируемое воздействие; y - выходное воздействие (плотность магнетитовой суспензии); y^o – базовое значение рабочей плотности магнетитовой суспензии;k_{po} – передаточная функция оператора регулирующего органа; $\frac{k_o}{T_oS+1}e^{-S\tau_o}$ – передаточная функция оператора объекта; $\frac{k_r}{T_rS+1}e^{-S\tau_r}$ – передаточная функция оператора цепи рецикла; $\frac{k_r}{T_rS+1}$ – передаточная функция оператора компенсирующей цепи рецикла без учета запаздывания; $e^{-s(\tau_r-\tau_o)}$ - оператор запаздывания в компенсирующей цепи рецикла; f_R - оператор закона регулирования.

Рис. 4. САР плотности суспензии комплекса тяжелосредных гидроциклонов с компенсацией влияния цепи рецикла

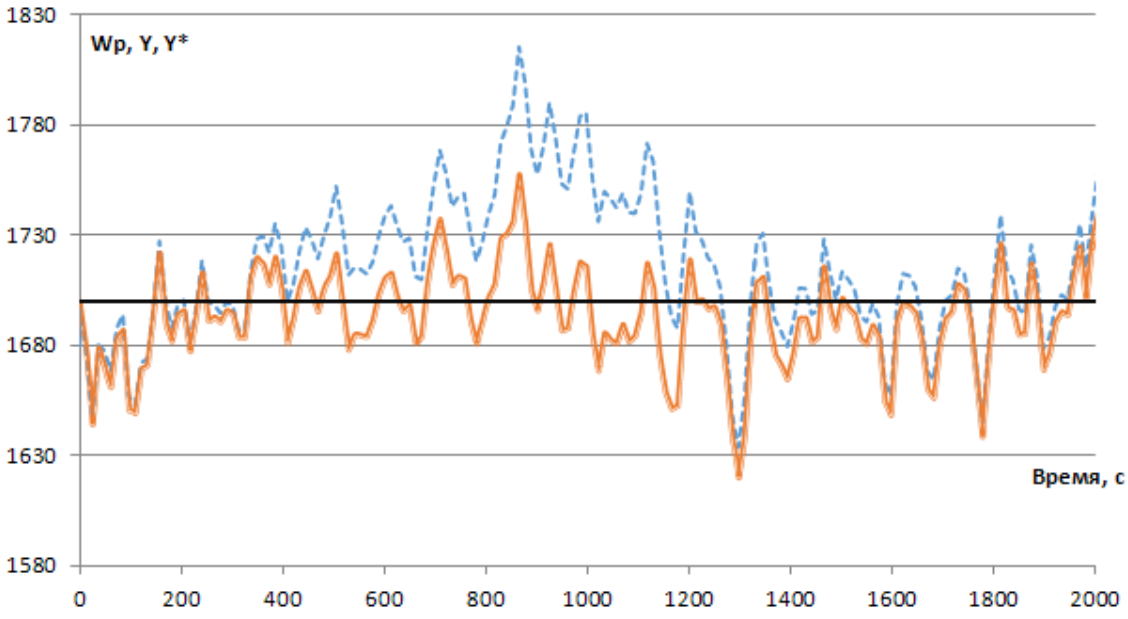


Рисунок 5 – Результаты эксплуатационных испытаний САР с компенсацией цепи влияния рецикла.

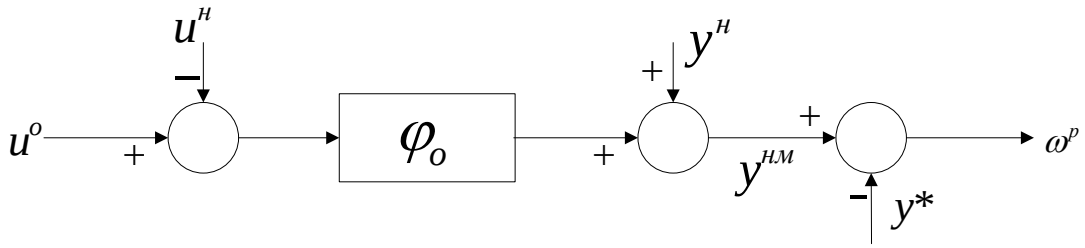


Рис. 6. Схема расчета приведенного к выходу неконтролируемого возмущения
$\omega^{\text{р}}(t) = y^{\text{нм}}(t) - y^{*}(t)$

Из графиков рис. 5 видно, что применение САР с компенсацией влияния цепи рецикла позволяет компенсировать значительную часть возмущений. Среднеквадратическое отклонение приведенного к выходу возмущения на рассматриваемом фрагменте данных о результатах работы системы составляет 33,65 $^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}$, среднеквадратическое отклонение ошибки регулирования составляет 17,22 $^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}$. То есть в рассматриваемой САР обеспечивается компенсация до 50% возмущений.

Список литературы

1. К вопросу об управлении объектами с рециклом / Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Циряпкина А.В., Барагичев К.Е. // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции/ Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011.- С. 137-142.

2. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин и др.; Под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

УДК 004.42:621.31

РАЗРАБОТКА В СРЕДЕ UNITY3D ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Мочалов П.С.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

С целью внедрения новых разработок, обучения персонала, наглядной демонстрации работы оборудования и комплексов представлена технология создания интерактивных приложений, которая применима для любых технологических процессов и комплексов. Созданные по этой технологии программные продукты позволяют рассматривать интерьер и экстерьер зданий и сооружений, внешний вид, внутреннее устройство и работу оборудования, технологических агрегатов и комплексов, наблюдать и управлять различными физико-химическими процессами и технологическими операциями. Пользователю даётся возможность перемещаться в технологическом пространстве и выполнять различные действия от первого лица, что важно с образовательной точки зрения при работе в комплексе, моделировании нештатных и аварийных ситуаций, предоставления возможности исследования процессов путем самостоятельного осуществления различных экспериментов.

Для разработки программного обеспечения использовался инструмент − движок подобный тому, который применяется при создании компьютерных игр. Движок – это

центральный программный компонент для создания интерактивных приложений с графикой, обрабатываемой в реальном времени. Он обеспечивает основные программные операции, упрощает разработку приложений и даёт возможность запускать программы на нескольких платформах операционных систем, например, GNU/Linux, Mac OS X и Microsoft Windows.

Поэтому при выборе среды разработки сделан упор на следующие основные характеристики:

- качественное и оптимизированное отображение трёхмерного пространства на различных платформах;
- наличие компонентов, позволяющих реализовывать физическое содержание задач;
- наличие мощного языка программирования;
- обеспечение возможности работы с базами данных;
- обеспечение возможности командной разработки приложений

Перечисленным характеристикам к среде разработки удовлетворяет Unity 3D, который является мульти платформенным инструментом для разработки двух- и трёхмерных приложений. Созданные с помощью Unity приложения работают под операционными системами Windows, Mac OS X, Android, Apple iOS, Linux, а также на игровых приставках Wii, PlayStation 3 и XBox 360. Этот инструмент также позволяет создавать интернет-приложения с помощью специального подключаемого модуля к браузеру Unity. Основные преимущества Unity заключаются в наличии следующих инструментов и свойств:

Интегрированный редактор. Все действия производятся через простой в освоении пользовательский интерфейс.

Импорт ресурсов. Unity поддерживает все основные форматы файлов и практически все приложения для создания графики.

Графика. В Unity высоко-оптимизированный графический конвейер как для DirectX, так и для OpenGL.

Тени и свет. Мягкие тени в реальном времени и запеченные карты освещенности.

Ландшафты. Огромные, густо заполненные ландшафты, которые с таким же успехом работают на низкопроизводительных компьютерах.

Шейдеры. Шейдерная система Unity сочетает простоту использования, гибкость и производительность.

Скрипты. Boo (диалект Phyton), javascript и C# на основе .NET с библиотеками и полной качественной документацией

Работа с сетью. Обеспечение работы в различных локальных и глобальной сети Internet.

Базовое моделирование физических явлений. Встроенный движок Ageia PhysX™ Physics Engine. Поддержка физики твердотельных предметов, шаровых соединений, движения объектов и др.

Процесс разработки глобально состоит из двух этапов.

Подготовительный этап представлен на рис. 1. Основной задачей является подготовка входных данных для импорта в Unity3D. На данной стадии разработки собираются и обрабатываются все необходимые материалы.

Разработка в Unity3D. В ходе разработки приложения выделяются основные модули, представленные на рис. 2, которые в свою очередь разделяются на две части: разработка основных модулей (элементы комплекса и главный расчетный) и периферических.

Разработка элементов комплекса. На данном этапе импортируются 3D модели (геометрия), создаются программные модули (далее скрипты) для расчета математических моделей, создаются скрипты наделяющие 3D модели интерактивностью и дополнительными эффектами визуализации протекающих процессов.

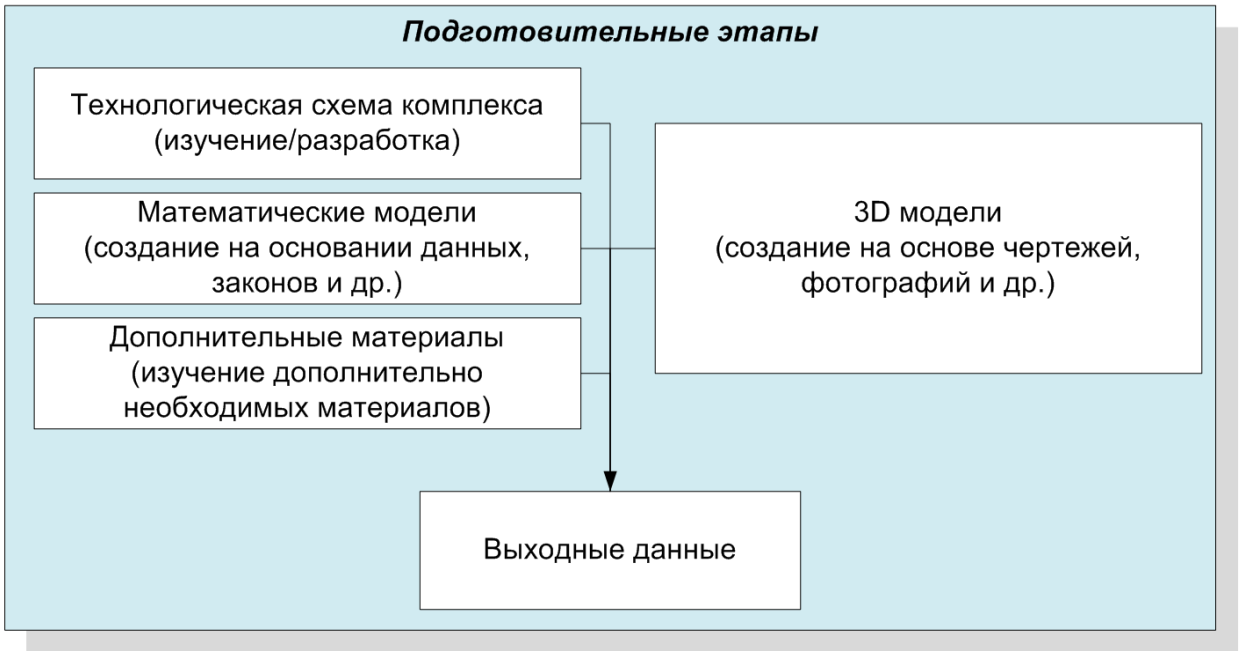


Рис. 1. Подготовительные этапы

Разработка главного расчетного модуля. Создание скриптов управляющих и синхронизирующих все элементы и процессы комплекса.

Разработка периферических модулей. Импорт 3D модели здания, элементов интерьера и др. Настройка 3D моделей стандартными средствами среды разработки.

Окончательное конфигурирование всех модулей. Настройка персонажа и его взаимодействия с другими элементами сцены. Создание пользовательского интерфейса и меню и др.

Компиляция. На данном этапе выбирается компилятор под определённую операционную систему и компилируется готовое приложение

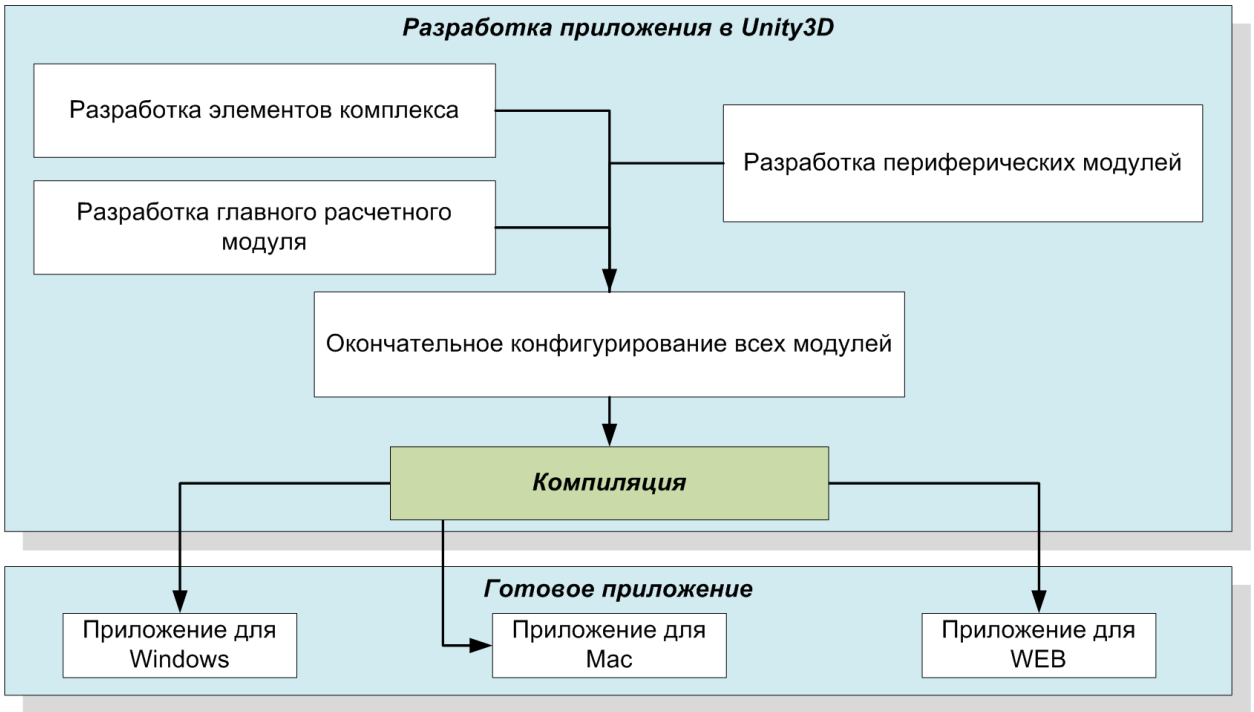


Рис 2. Этап разработки в Unity3D.

Технология демонстрируется на примере создания интерактивных 3D моделей автоматизированного энергогенерирующего комплекса получения тепловой и электрической энергии из отходов углеобогащения. На рис. 3 и 4 представлены фрагменты модели.

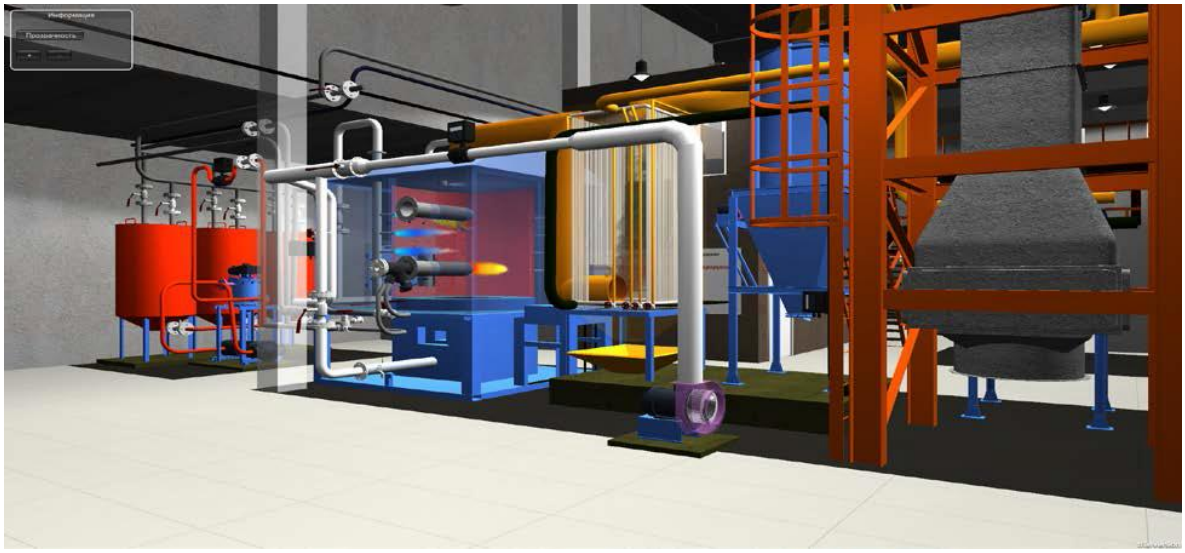


Рис 3. Участок сжигания топлива и утилизации тепла отходящих газов

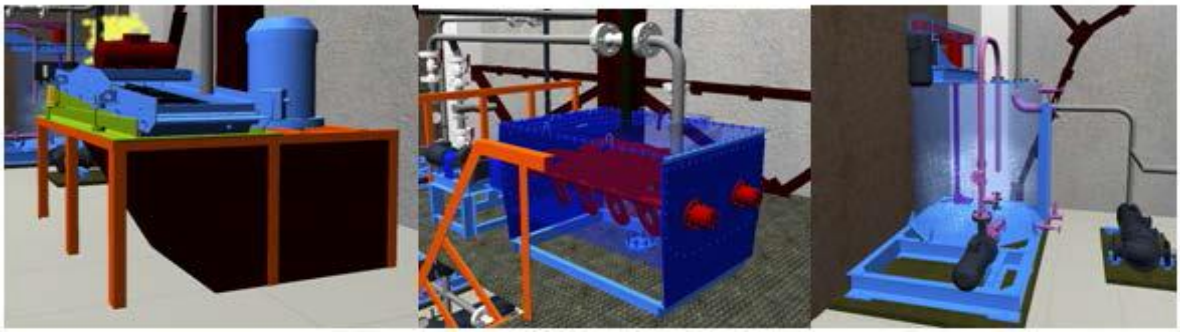


Рис 4. Элементы участка приготовления водоугольного топлива

УДК 621.31

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА

[1]Пугачев Е.В., [2]Бих В.В., [2]Журавлев А.А.
1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия
2 - ООО НПП «Ингортех» г. Екатеринбург, Россия

В соответствии с новой редакцией пункта 41 Правил Безопасности, а также «Инструкции по дегазации угольных шахт» и «Положения об аэрогазовом контроле в угольных шахтах» в 2012 году компанией «Информационные горные технологии» произведено проектирование более десятка Многофункциональных систем безопасности (далее МСБ) угольных шахт региона.

В ходе проектирования проводились исследования существующих на предприятиях подсистем промышленной безопасности, в частности:

- подсистема аэрогазового контроля и аэрогазовой защиты;
- подсистема аварийного оповещения;

– подсистема оперативного наблюдения и определения местоположения персонала;

– подсистема поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией и т.д.

В случае несоответствия выполняемых подсистемами функций требованиям нормативной документации или отсутствия отдельных подсистем, выдавались рекомендации по модернизации или внедрению соответственно.

В ходе этих исследований выяснилось, что на большинстве шахт в настоящее время для реализации отдельных требований нормативных документов применяется разнообразное оборудование отечественных и зарубежных производителей. При этом часть функций оборудования остается неиспользованной, а некоторые – продублированы в составе нескольких подсистем. Особенно актуально это для систем диспетчеризации и вывода информации. Каждый производитель использует свои протоколы и линии связи, что создает дополнительные проблемы службе эксплуатации.

Расширение списка функций, возлагаемых на систему аэрогазового контроля, увеличение количества точек контроля параметров рудничной атмосферы привело к увеличению количества устройств (датчиков, контроллеров, исполнительных устройств), каналов связи между ними, побудив к поиску новых протоколов передачи данных, линий связи, способных создавать широкий канал для увеличившегося объема данных. Для передачи больших объемов данных по имеющимся кабельным линиям, компания «Информационные горные технологии» разработала систему передачи информации СПИН, которая позволяет подключать различные устройства, поддерживающие общепромышленные интерфейсы и протоколы типа Ethernet, RS-485 (Modbus RTU, Modbus TCP) и выводить информацию на верхний уровень по проложенным кабельным линиям с помощью модемной технологии xDSL (по паре свитых проводников) или оптическим кабельным линиям.

В рамках МСБ систему СПИН можно использовать для передачи данных не только от подсистем аэрогазового контроля (Микон-1Р, Микон-III), но и от подсистемы оперативного наблюдения и определения местоположения персонала (СПГТ-41), подсистемы контроля и управления дегазационными установками и подземной дегазационной сетью на базе аппаратуры КРУГ, подсистемы геофизических и сейсмических наблюдений (Микон-Гео), подсистему многофункциональной связи и других систем.

Такая унификация позволяет снизить затраты на прокладку и упростить эксплуатацию линий передачи данных, что также является весьма важной задачей ввиду отсутствия на шахтах квалифицированного персонала службы эксплуатации.

Нехватка квалифицированных кадров вообще является одной из основных проблем, возникающих при внедрении современных систем автоматизированного контроля и управления и систем промышленной безопасности. И если обслуживающий персонал еще как-то можно заменить сервисными специалистами компании – поставщика оборудования, то персонал непосредственно эксплуатирующий оборудование системы должен быть предоставлен заказчиком – шахтой и иметь необходимый базовый уровень знаний. Зачастую его отсутствие не позволяет эффективно использовать весь функционал системы, а иногда и вовсе препятствует ее правильной эксплуатации.

Например, в качестве подсистемы оперативного наблюдения используется система позиционирования горнорабочих и транспорта СПГТ-41. За время эксплуатации этой системы в условиях различных горных предприятий было выявлено, что зачастую, в ламповой выдача светильников работникам не контролируется должным образом. Если светильник работника на ревизии или на зарядке ему дают другой, при этом, не регистрируя факт замены в системе позиционирования, что приводит к фальсификации маршрута работника. Кроме того предприятия закупают только устройства регистрации персонала, оставляя без внимания подземные средства передвижения, а ведь контроль электровозов и дизелевозов в разы увеличивает точность позиционирования увеличивая информативность для диспетчера.

Подсистема позиционирования СПГТ-41 ведет так же учет смен и количества спусков в шахту каждого работника предприятия. Учет ведется как по отметке на устройстве в ламповой, так и по фактическому спуску в горные выработки, на основе информации с устройств расположенных в шахте. Благодаря такому функционалу системы, при правильной эксплуатации, при отлаженных действиях сотрудников ламповой и табельной, систему СПГТ-41 можно совместить с системами учета работников, такими как: САЙК-кадры, ГАЛАКТИКА. Наряду с этим на базе системы позиционирования можно автоматизировать нарядную систему предприятия, с автоматическим занесением наряда и места выполнения работ в базу данных, отслеживанием перемещения работника по маршруту, отклонения от него, времени нахождения на рабочем месте. Это позволит усилить контроль за выполнением наряда и повысить безопасность труда за счет отключения механизмов в случае попадания человека в зону повышенной опасности (места пересыпов лент, зоны действия канатов лебедок).

Однако в настоящее время системы позиционирования на шахтах используются лишь «для галочки», чтобы удовлетворить требование ПБ.

Аналогичная ситуация с подсистемой контроля и управления дегазационными установками и подземной дегазационной сетью. Применение аппаратуры КРУГ позволило выявить существенные недостатки в дегазационных трубопроводах – неплотности, подсосы, а также низкую эффективность проводимой пластовой дегазации, наличие большого разряжения в скважинах и отсутствие расхода в трубопроводе. Все это говорит о том, что дегазация угольных пластов также производится только для «отвода глаз» и требует существенного повышения эффективности для безопасности ведения очистных работ впоследствии.

Таким образом, рациональное применение отдельных подсистем МСБ, повышение квалификации персонала, своевременное обслуживание аппаратуры в соответствии с техническими регламентами являются необходимыми условиями для эффективного использования систем МСБ и способствует действительному повышению безопасности технологических процессов угольного предприятия.

УДК 62-83-52: 622.445

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РУДНИКОВ

[1]Сорокин А.А., [2]Мещерин А.Т., [2]Пугачев Е.В., [2]Ваулин Г.А., [2]Сухов М.В., [2]Мещерина Ю.А., [2]Иванов А.С.

1 - ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ»

2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»

г. Новокузнецк, Россия

ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ» (инновационные технологии Сибири) работает на рынке товаров, работ и услуг для горнорудной промышленности с 1993г. не только в России, но и в Казахстане. За прошедшее время фирма имеет ряд достижений за выпускаемую и внедряемую в производство продукцию, а именно: несколько высших наград на международной выставке-ярмарке «Уголь России и Майнинг»; звание лауреата за продукцию производственно-технического назначения «100 лучших товаров Кузбасса», а затем лауреата конкурса «100 лучших товаров России».

Фирма работает под «ключ», то есть разрабатывает рабочую техническую документацию, изготавливает своими силами электрооборудование, производит монтажные, пуско-наладочные работы, техническое обслуживание. ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ» занимается разработкой и внедрением автоматизированных систем

управления: шахтными подъемными машинами с электроприводами постоянного и переменного тока; вентиляторными установками главного проветривания и газоотсасывающими установками для угольных шахт и рудников; турбокомпрессорными установками.

На рубеже 2007 и 2008 гг. фирма произвела работы по внедрению системы автоматического управления и контроля на осевом вентиляторе ВОД-40 с электроприводом переменного тока – синхронным электродвигателем (СД), мощностью 1600 кВт. Отличительной особенностью выполняемых работ явилось: удаленность вентиляционного ствола от площадки шахты; «слабая» силовая кабельная сеть электропитания по сечению жил кабеля.

Рассмотрев варианты передачи информации на пульт диспетчера шахты – подземные и наземные кабельные коммуникации – сотрудники фирмы пришли к решению использовать наиболее надежные средства связи, а именно, радиоканал. В качестве радиопередающих и радиоприёмных устройств были использованы радиомодемы «Невод-5» с очень низкой мощностью генерируемого сигнала (Разрешения Россвязьнадзора не требуется). Для передачи информации о работе вентиляторной установки использованы следующие способы управления её пуском и реверсом: «местное» – от шкафа управления; дистанционное – по проводной пятижильной линии связи, которая частично проложена в шахте, а частично – на поверхности; дистанционное – по радиоканалу при помощи радиомодемов «Невод-5» наружного исполнения с радиоантеннами.

Вторая отличительная особенность работы вентиляторной установки ВОД-40 – её «слабая» силовая кабельная электросеть, поэтому при пуске вентиляторной установки наблюдалась значительная просадка напряжения на шахте, которую требовалось устранить. Из рассмотренных вариантов снижения пусковых токов синхронного электродвигателя выбран наиболее оптимальный автотрансформаторный способ. «Плавный» запуск синхронного электродвигателя до подсинхронной скорости осуществлялся за счёт ступенчатого изменения питающего напряжения статора электродвигателя в функции скорости вращения ротора.

Для надежной работы вентиляторной установки электропривод обеспечен традиционными электрическими и технологическими защитами, а также блокировками, исключающими: отключение маслонасоса при вращающейся турбине; от пуска «вдогонку» в противоположном направлении вращению турбины; от пуска вентиляторной установки при исчезновении любого канала в источнике питания.

Технические характеристики автоматизированной вентиляторной установки ВОД-40:

- продолжительность разгона до подсинхронной скорости СД не более 100 с.;
- максимальное значение тока в линии 6,0 кВ не более 400 А при времени пикового значения – не более 2 с.;
- стабилизируемый ток тиристорного преобразователя для питания тиристорного возбудителя в диапазоне 100 – 300 А;
- диапазон регулирования тока статора СД при изменении питающего напряжения и температуры обмоток возбуждения не менее 10;
- номинальный ток станции высоковольтных контакторов – 630 А при токе отключения – 5 кА.

Для отображения и архивирования информации о работе вентиляторной установки разработано оригинальное программное обеспечение для персонального компьютера, установленного у диспетчера, а также программное обеспечение микроконтроллера устройства обработки и преобразования данных, а также радиомодемов.

Автоматизированная вентиляторная установка ВОД-40 внедрена на Казском филиале ОАО «Евразруда».

Групповые центробежные вентиляторные установки 4ВЦ-15 и УВЦГ-15 с асинхронным короткозамкнутым электродвигателем используются на угольных шахтах.

В 2010 и 2011 гг. выполнены работы по разработке, изготовлению и внедрению автоматизированных систем управления тремя вентиляторными установками главного проветривания 4ВЦ-15 и одной газоотсасывающей вентиляторной установкой УВЦГ-15 в филиале «Шахта «Есаульская» ОАО «ОУК «Южкузбасуголь».

Комплекс управления группами шахтных вентиляторных установок КУГВ-01" (далее комплекс КУГВ-01) предназначен для автоматического и дистанционного управления группами вентиляторных установок с возможностью «местного» управления каждым агрегатом.

Область применения указанных разработок – взрывоопасные зоны помещений и наружных установок, горные выработки угольных шахт, в том числе опасных по газу или пыли, согласно маркировке взрывозащиты, Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03) и другими нормативными документами, регламентирующими применение электрооборудования, расположенного вне взрывоопасной зоны и связанного внешними искробезопасными цепями с электротехническими устройствами, установленными во взрывоопасной зоне и вне взрывоопасной зоны.

Основные технические характеристики комплекса КУГВ-01.

Место расположения устройств комплекса КУГВ-01:

– пульты диспетчера и оператора: вне взрывоопасной зоны;

– источники бесперебойного питания: вне взрывоопасной зоны;

– реле управления пусковой аппаратурой: вне взрывоопасной зоны;

– устройства преобразования напряжения: вне взрывоопасной зоны;

– клеммные коробки преобразования информации типа ККИ, пульт местного управления ПМУ-4 – во взрывоопасной зоне;

– датчики температуры, вибрации, давления, скорости воздушного потока и положения – во взрывоопасной зоне.

Прочность изоляции между цепями комплекса КУГВ-01 и землей

– более 500 В;

Прочность изоляции между искробезопасными цепями и цепями комплекса КУГВ-01 – более 1500 В;

Уровень и вид взрывозащиты составных частей комплекса КУГВ-01:

– пульт диспетчера: [Exia]I;

– центральный модуль приема/передачи информации ЦМПИ-1

оператора – [Exia]I;

– распредпункт сигналов телеметрии РСТ-01 – [Exia]I;

– клеммные коробки преобразования информации ККИ-1,2,3 – [Exia]I;

– пульт местного управления ПМУ-4 – [Exia]I;

– датчики температуры ДТА-1 – [Exia]I;

– датчики вибрации ДВА-2 – [Exia]I;

– датчики положения МДП-3 – [Exia]I;

– датчики давления по маркировке взрывозащиты – [Exia]I;

– датчики скорости воздушного потока по маркировке взрывозащиты

– [Exia]I;

Степень защиты, обеспечиваемая оболочками взрывозащищенных изделий по ГОСТ 14254-96, не менее:

– распредпункт РСТ-01, коробки ККИ-1,2,3, ПМУ-4, датчики – IP64;

– пульт диспетчера и модуль ЦМПИ-1 оператора – IP20.

Климатическое исполнение и категория размещения по

ГОСТ 15150−69:

– распредпункт РСТ-01, коробки ККИ-1,2,3, ПМУ-4, датчики – УХЛ-1;

– пульт диспетчера и модуль ЦМПИ-1 – «О4».

Условия эксплуатации изделия:

– диапазон температуры окружающей среды для пульта диспетчера и модуля ЦМПИ-1 – от + 5 до + 40° С;

– относительная влажность воздуха при + 35 °С для пультов оператора и диспетчера, без конденсации влаги не более 90 %;

– диапазон температуры окружающей среды для распредпункта РСТ−01, коробок ККИ-1,2,3, ПМУ-4, датчиков – от – 40 до + 50;

– относительная влажность воздуха при температуре + 35 °С для распредпункта РСТ-01, коробок ККИ-1,2,3, ПМУ-4, датчиков – 100 %.

Выходные параметры источника бесперебойного питания ИБП:

– напряжение постоянного тока – не более 13,6 В;

– ток короткого замыкания – 2,5 А.

Выходные электрические параметры барьеров безопасности для линий связи передачи и приема информации между пультами диспетчера и оператора:

– амплитуда напряжения частотой 1,2/1,8 кГц: не более 16,5 В;

– амплитуда тока короткого замыкания I_o – не более 50 мА.

Выходные электрические параметры барьеров безопасности для питания коробок ККИ и датчиков:

– напряжение постоянного тока U_o – не более 10 В;

– ток короткого замыкания I_o – не более 320мА.

Класс электрооборудования по степени защиты человека от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0-75 – I класс.

Способы управления вентиляторами:

– дистанционное с пульта диспетчера;

– дистанционное с пульта оператора;

– местное.

Количество электроприводов вентиляторов, охваченных системным управлением – до 12 агрегатов;

Автоматический ввод резервных вентиляторов – имеется.

Рассинхронизация пусковых интервалов главного привода – имеется.

Количество каналов связи с пультом диспетчера – 2 шт:

– радиоканал 433 МГц, 10 мВт;

– проводная двухпарная линия с частотно-манипулированным сигналом 1,2/1,8 кГц и амплитудой тока 50 мА, напряжением 16,5 В при реактивных параметрах линии не более 0,5 мкФ – 5 мГн.

Количество точек измерения на один вентилятор:

– температура подшипников – 4 шт;

– вибрация турбины – 1 шт;

– положение ляды – 2 шт;

Количество данных о параметрах теплоносителя – 4шт;

Количество данных о потоке воздуха в вентканале – 2 шт;

Напряжение питания комплекса КУГВ от 10,5 до 13,6 В от источника бесперебойного электропитания ИБП-12;

Передача данных в персональный компьютер через инфракрасный барьер.

Напряжение питания телеметрии каждого вентилятора – 10 В; ток номинального режима – 80 мА; ток КЗ не более – 320 мА; ток питания датчика температуры и вибрации не более 10 мА.

В связи со специфическими условиями работы групп центробежных вентиляторных установок 4ВЦ-15 и УВЦГ-15 и предотвращения перегрузок шахтной электрической сети, вентиляторные установки в группе включаются индивидуально с интервалом 20 с.

Для обеспечения надежной работы вентиляторных установок предусмотрены способы защиты узлов вентиляторов: от превышения предельно-допустимых параметров; ав-

томатического ввода резервного вентилятора при остановке рабочего; преобразования параметров, характеризующих работу вентиляторных установок, в электрический сигнал с последующей обработкой и передачей на пульты диспетчера и оператора для отображения информации.

Комплекс управления группами вентиляторных установок (КУГВ-01) одним из первых в России сертифицирован по ГОСТ Р 52350.11-2005, может применяться на вентиляторных установках главного проветривания, газоотсасывающих и дегазационных для угольных шахт, опасных по газу или пыли и имеет Разрешение на применение от Ростехнадзора. Малое энергопотребление слаботочных электрических цепей электронных схем управления телеметрии, обеспечивает комплексу КУГВ-01 непрерывную работу в течении семи часов от внутреннего бесперебойного источника питания.

Выводы

1. Применение на вентиляторных установках ВОД-40 радиоканала для управления и контроля основных параметров обеспечивает их надежную работу.

2. Устройство «плавного» запуска позволяет значительно снижать пусковые токи (практически до номинального значения), что обеспечивает прекращать работу вентиляторной установки без потребности в ней и получать энергосберегающий эффект.

3. Устройство рассинхронизации пусковых интервалов приводных электродвигателей групповых вентиляторных установок, независимо от сочетания поступающих команд и сигналов, обеспечивает их надежную работу.

4. При передаче сигналов телеметрии обеспечивается высокая чувствительность аппаратуры и помехозащищенность каналов передачи информации.

УДК 621.51

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

[1]Кипервассер М.В., [1]Инжелевская О.В., [2]Аниканов Д.С.
1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
2 - ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой»
г. Новокузнецк, Россия

Работа узлов и агрегатов механического оборудования горнодобывающих предприятий сопровождается воздействием значительных механических нагрузок. В большинстве случаев эти нагрузки являются расчетными, но даже в этом случае их постоянное воздействие приводит к постепенному износу и в конечном итоге выходу механизма из строя по тем или иным причинам. Сами эти причины индивидуальны для каждого типа механизма и весьма разнообразны. Сложность и тяжесть повреждения определяет продолжительность простоя оборудования, затраты на ремонт, размер ущерба. В большинстве случаев технологические механизмы в течение рабочих периодов работают без постоянного наблюдения персоналом. По этой причине аварийные ситуации выявляются несвоевременно, а их характер определяется зачастую неверно, что увеличивает производственные потери. В этой связи своевременное и точное определение места и характера повреждения технологического оборудования являются актуальной задачей.

Рассмотрим работу воздушного турбокомпрессора как одного из основных механизмов, обеспечивающих технологический процесс подземного рудника по добыче железной руды [1]. Этим термином определяется весьма сложный комплекс узлов и агрегатов, включающий в себя следующие звенья:

– воздушная нагнетательная турбина К-250 с воздухозаборниками, охладителями и выносными подшипниками;

– приводной синхронный высоковольтный электродвигатель мощностью 1600 кВт с высоковольтным включателем, системой возбуждения и автоматической релейной защитой;

– высокоскоростной повысительный редуктор;

– система принудительной смазки подшипников и редуктора.

В течение технологической смены указанные механизмы не обслуживаются персоналом за исключением оператора, наблюдающего за всем комплексом оборудования компрессорной станции.

На практике для выполнения функций контроля аварийных режимов обычно выполняются защиты с применением различных датчиков: температуры масла в подшипниках, температуры масла в редукторе; давления масла в подшипниках и редукторе [2]. Общее количество датчиков достигает 10, что весьма усложняет принципиальную и монтажную схемы электрооборудования. Сами датчики конструктивно не надежные и контролируют ограниченное число параметров. Такое количество регистраторов по сравнению с количеством возможных причин неисправностей и отказов, явно не достаточно.

К характерным неисправностям турбокомпрессора относятся следующие: осевой сдвиг вала турбины, нецилиндричность шейки валов, нарушение центровки валов, дефекты зубчатых соединений редуктора и соединительных муфт. Сложность обнаружения неисправностей (дефектов) обусловлена невозможностью визуального осмотра рабочих поверхностей зубьев и подшипников во время работы, а возникающие первоначально шум и вибрация малозаметны на фоне работающего компрессора.

В то же время вибрации элементов агрегата сказываются на электрических параметрах приводного электродвигателя. В характеристике скорости вращения ротора появляются высшие гармонические составляющие, обусловленные вибрациями. Известно, что расположенная на роторе синхронного двигателя обмотка возбуждения при вращении генерирует в каждой фазе обмотки статора электродвижущую силу (э.д.с.), величина которой описывается выражением [3]:

$$E = l_e \cdot n \cdot \Phi, \tag{1}$$

где n – частота вращения ротора; Φ – магнитный поток обмотки возбуждения; l_e – конструктивная постоянная, индивидуальная для каждого двигателя.

Скорость вращения ротора синхронного двигателя, по определению, в нормальных условиях является неизменной (синхронной). В обмотке возбуждения магнитный поток неизменен и основная э.д.с. машины является постоянной.

Векторная диаграмма одной фазы статора синхронного двигателя показана на рис. 1 [3].

Неисправности механической части вызывают колебание момента на валу электродвигателя. Векторная диаграмма режима работы при этом меняется по двум причинам:

1) изменяется угол Θ из-за отклонения оси полюсов ротора от рабочего положения, соответствующего механическому моменту на валу;

2) изменяется величина э.д.с. в соответствии с изменением скорости вращения ротора.

При замедлении ротора величина э.д.с. уменьшается, а угол Θ – возрастает, что в итоге приводит к увеличению тока статора.

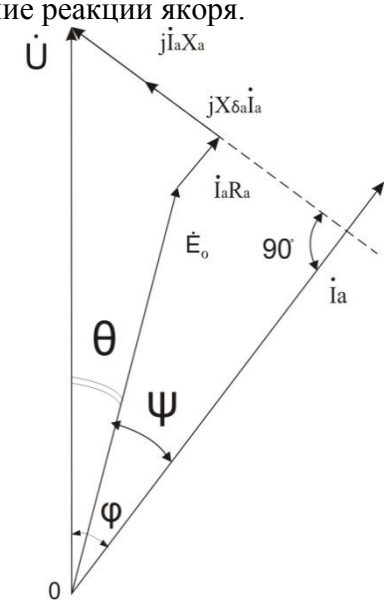
Величина механического момента на валу синхронного двигателя описывается известным выражением [3]:

$$M = \frac{m \cdot E_o(I_b) \cdot \dot{U}}{X_a} \cdot \sin\Theta. \tag{2}$$

Комплексное изображение величины тока якоря запишется [3]:

$$\dot{I}_a = \frac{\dot{U}_c - \dot{E}_0}{R_a + jx_{sa} + jx_a}, \quad (3)$$

где $\dot{U}_c$ – напряжение сети; $\dot{E}_a$ – э.д.с. основного магнитного потока машины; R_a – активное сопротивление обмотки якоря; $X_{\delta a}$ – индуктивное сопротивление обмотки якоря; X_a – индуктивное сопротивление реакции якоря.



$\dot{U}_c$ – вектор напряжения питающей сети; $\dot{E}_a$ – вектор э.д.с., создаваемой обмоткой возбуждения; $\dot{I}_a$ – вектор тока статора (якоря); $jX_{\delta a}\dot{I}_a$ и $\dot{I}_a K_a$ – вектора падения напряжения на активном и индуктивном сопротивлениях обмотки статора; $jX_a I_a$ – вектор э.д.с. реакции якоря двигателя; φ - угол сдвига фаз между напряжением и током стартера; ψ - угол сдвига фаз между э.д.с. и током статора; Θ – угол между вращающимся потоком статора и потоком обмотки возбуждения.

Рис. 1. Векторная диаграмма одной фазы обмотки статора

Согласно выражения (3) и векторной диаграмме (рис. 1), модуль векторной разности $\left(\dot{U}_c - \dot{E}_0\right)$ в числителе будет зависеть от угла Θ и величины E_0, при условии, что величина напряжения сети принимается постоянной. Параметры в знаменателе выражения (3) также постоянны. Следовательно, контролируя величину тока якоря, можно косвенно судить о величинах э.д.с. и угла Θ, следовательно, и о величине мощности P и момента M синхронного двигателя.

Еще одним признаком, позволяющим судить о неисправностях в механической части, является частость возникающих отклонений тока статора, которая является различной в зависимости от места возникновения неисправности.

При разработке методики определения неисправностей учитывалось, что кроме внешних причин, э.д.с. двигателя может изменяться по ряду внутренних причин для машины. К ним относятся пульсации э.д.с. из-за неравномерности воздушного зазора (зубцовые пульсации), изменение э.д.с. при регулировке тока возбуждения. Что касается тока в обмотке возбуждения, то э.д.с. при постоянной скорости пропорциональна магнитному потоку, который зависит от тока возбуждения согласно кривой намагничивания машины. На графике тока статора отражаются также колебания (отклонения) напряжения питающей сети. Очевидно, что все перечисленные помехи должны быть программно отфильтрованы перед изучением влияния токового сигнала на аварийные ситуации в механической части. Подобная фильтрация вполне возможна, если кроме тока статора контролировать сопутствующие параметры: напряжение сети и ток возбуждения.

Величины отклонений тока статора приводного электродвигателя от нормальных значений (в различных аварийных ситуациях) в абсолютных и относительных единицах показаны в табл. 1 [4].

Таблица 1

Величины отклонений тока статора приводного электродвигателя от нормальных значений

Место дислокации и характер неисправности	Величина отклонения тока статора	
	абсолютная, (А)	относительная, %
1. Нецилиндричность шейки вала двигателя и ведущей шестерни редуктора	3…4	1,5…2,1
2. Дефекты опорного вкладыша подшипника двигателя и ведущей шестерни редуктора	3…5	1,5…2,5
3. Дефекты поверхности зубьев шестерен редуктора	2…6	1,2…3,0
4. Дефекты вкладышей подшипников турбины и ведомой шестерни	6…9	3,0…4,5
5. Нецилиндричность шейки вала турбины	4…6	2,2…3,1
6. Нарушение центровки двигателя и редуктора	2…4	1,2…2,1
7. Нарушение центровки турбины и редуктора	3…6	1,5…3,0
8. Осевой сдвиг вала турбины	10…16	5,1…9,0

Реализация методики выявления аварийной ситуации механической части принципиально стала возможна с переводом устройств релейной защиты на базу микропроцессорной техники. Основным назначением этих устройств является разного рода защита электрических цепей двигателя и схемы его питания. К ним относятся максимально-токовая защита, токовая отсечка, защита от перегрузки цепи якоря, продольная дифференциальная защита статора, минимальная защита, другие защиты. Для выполнения основных функций микропроцессорные устройства релейной защиты с высокой, недоступной ранее точностью, фиксируют значения тока якорной цепи двигателя. Практическая точность замера в данном случае определяется точностью измерительных трансформаторов тока и потерями в линиях связи. Итоговая точность составляет 0,5% максимального значения измеряемой величины, что позволяет считать сигнал пригодным для обработки.

Кроме высокой точности замера параметров микропроцессорные устройства защиты располагают серьезными вычислительными возможностями, которые могут быть расширены.

Схема защиты компрессора должна выполнять следующие операции:

1) определение (замер) и хранение в памяти диаграммы тока статора в нормальном режиме работы;

2) замер текущих значений точек статора;

3) замер сопутствующих параметров: напряжения сети, тока в обмотке возбуждения;

4) выделение сигнала тока, нормального для данных сопутствующих условий;

5) сравнение нормального и текущего значений токов статора.

Контролируя весьма точно измеряемые параметры высоковольтного электродвигателя, можно фиксировать на ранней стадии возникновение неисправностей в механической части агрегата.

Список литературы

1. Галеркин Ю.Б., Козаченко Л.И. Турбокомпрессоры. – СПб.: изд-во Политехнического ун-та СПб, 2008. – 374с.

2. Теория и расчет турбокомпрессоров. /Под общ. ред. К.П. Селезнева. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отделение, 1986. – 391с.

3. Копылов И.П. Электрические машины. – М.: Высш. шк., 2009. – 607с.

4. Кипервассер М.В., Инжелевская О.В., Пугачев Е.В. Методика автоматического распознавания аварийных ситуаций оборудования компрессорной станции. – Вестник КузГТУ : научно-технический журнал / Куз. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2011 – С. 51-55.

УДК 621.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСКУЭ) НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

[1]Шишова И.В. [2]Кипервассер М.В., [2]Инжелевская О.В.
1 - Евраз Кокс Сибирь - филиала ОАО "ЕВРАЗ ЗСМК",
2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

Современные горнодобывающие предприятия являются крупными потребителями электрической энергии. Рост потребления электроэнергии обуславливается следующими факторами:

- увеличением объемов добычи полезных ископаемых, ведущейся с использованием высокопроизводительного и, одновременно энергоемкого оборудования;
- увеличением глубины ведения горных работ, в связи с отработкой запасов вышележащих горизонтов;
- ужесточением требований правил охраны труда в части вентиляции горных выработок.

В результате увеличиваются показатели удельного электропотребления на 1 тонну добытого полезного ископаемого, суммарное электропотребление и расходы предприятия на приобретение электрической энергии. Усредненные показатели расхода электрической энергии на 1 тонну угля, добытого подземным способом для различных предприятий отрасли колеблется от 35 кВт·ч до 120 кВт·ч. Доля расходов на приобретение электроэнергии в себестоимости 1 тонны угля составляет от 6 до 15 %. В этой связи задача уменьшения затрат на приобретение электрической энергии является весьма актуальной.

Одним из способов снизить затраты на приобретение электроэнергии является выход на оптовый рынок электроэнергии и мощности. Непременным условием выхода на рынок является наличие у предприятия системы автоматизированного учета и контроля электропотребления.

В Постановлении правительства Российской Федерации от 04.05.2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» подробно описаны требования, предъявляемые к субъектам розничных рынков электрической энергии. Реформирование российской электроэнергетики привело к вводу рынков электрической энергии и мощности, тем самым изменив систему оплаты за потребленный ресурс. Для потребителей, установленная мощность энергопринимающих устройств которых в границах балансовой принадлежности составляет не менее 670 кВт, расчет за потребленную электроэнергию ведется в почасовом режиме и каждый час цена на электроэнергию разная. Большая часть горнодобывающих предприятий относится к потребителям с установленной мощностью более 670 кВт.

Система АСКУЭ дает визуализацию нагрузки предприятия в реальном масштабе времени и позволяет накапливать базу данных за прошедшие периоды. Увеличение количества счетчиков учета электрической энергии, входящих в АСКУЭ, расширяют базу дан-

ных для работы системы. В свою очередь, увеличение базы данных расширит возможность для организации процесса электросбережения и контроля специалистами, занимающимися на предприятии вопросами энергосбережения.

Система АСКУЭ осуществляет следующие основные функции:

1. Коммерческий учет (данные со всех коммерческих приборов учета электрической энергии).

Объем фактически потребленной мощности рассчитывается как среднее значение максимальных часовых нагрузок в рабочие дни, зафиксированных в плановые часы пиковой нагрузки. Плановые часы пиковой нагрузки устанавливаются разные для ценовых категорий и на каждый месяц. Как правило – это по два часовых интервала в сутки.

На рис. 1 представлена часовая нагрузка предприятия за сутки. Серым цветом выделены часы пиковой нагрузки.

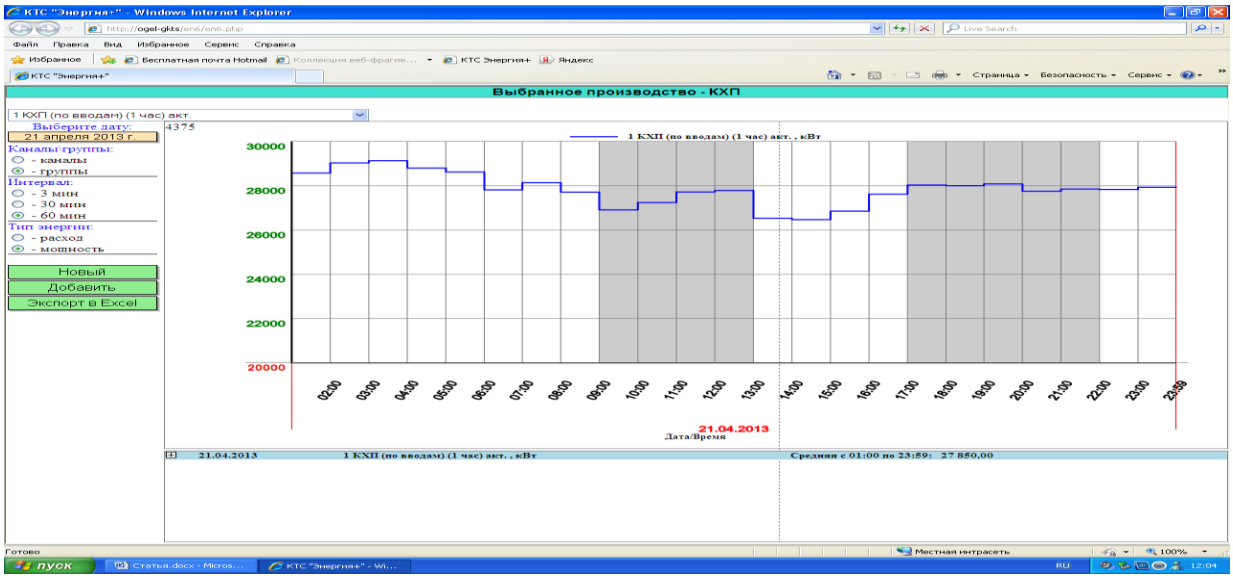


Рис. 1. Данные системы АСКУЭ за 1 сутки

2. Технический учет (данные с технических приборов учета электрической энергии).

Технический учет электроэнергии показывает расход электроэнергии подразделений предприятия. Для осуществления учета важно, чтобы на границах балансовой принадлежности между подразделениями были установлены счетчики. Чем большим количеством приборов «обвязано» подразделение, чем с большего количества счетчиков данные выведены в АСКУЭ, тем больше возможностей у персонала для проведения мероприятий, направленных на экономию электрической энергии.

3. Поагрегатный учет (данные с приборов учета, учитывающие расходы электроэнергии крупных агрегатов).

На рис. 2 показана нагрузка крупного агрегата.

Данные, полученные в результате работы системы АСКУЭ, позволяют осуществить ряд мероприятий, направленных на снижение затрат по приобретению электрической энергии. К основным мероприятиям подобного рода относятся:

- визуализация данных с коммерческих приборов учета позволяет потребителям, ведущим оплату за электропотребление по двухставочному тарифу, снизить объем фактически потребленной мощности, предъявляемой к оплате. Выполнение подобного мероприятия позволяет снизить расходы на 2 - 3 % за счет снижения платежей за заявленную мощность;

- снижение в плановые часы пикового электропотребления нагрузки предприятия. Снижать нагрузку можно следующими основными путями: остановкой отдельных забоев

в плановые часы пиковой нагрузки, оптимизацией технологического процесса (интенсификация производственного процесса не в часы пиковой нагрузки), проведение в один день ремонта двух крупных агрегатов (ремонт одного в первый интервал плановых часов пиковой нагрузки, второго агрегата во второй интервал плановых часов пиковой нагрузки). Выполнение данного мероприятия также позволяет снизить расходы на 3 - 4 % за счет снижения доли электроэнергии, приобретенной на балансирующем рынке;

- специалист, отвечающий за энергосбережение, видя расход электроэнергии своего подразделения и конкретных агрегатов способен оценить целесообразность использования именно такого набора работающего оборудования и режимы загрузки агрегатов при ведении горных работ. Помимо этого, визуализация процесса позволяет отследить выполнение удельных норм расхода электроэнергии, установленных для различных агрегатов шахтного производства и определить причины отклонений от заданных параметров и оперативно принять необходимые меры.

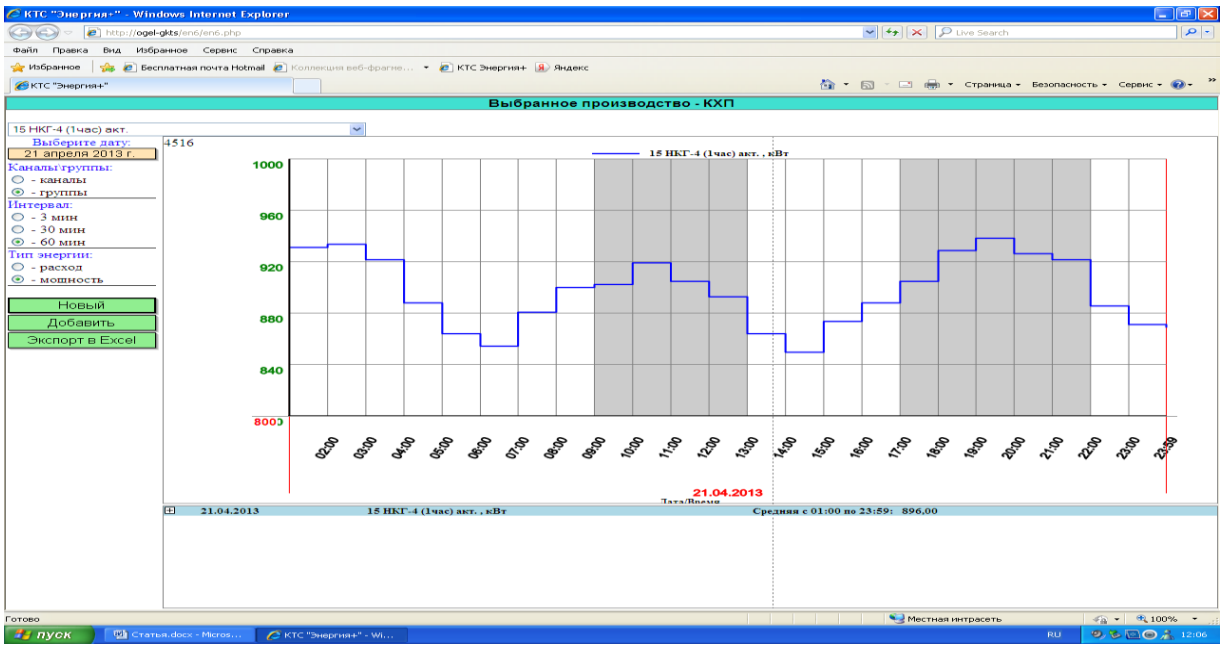


Рис. 2. Электропотребление добычного комплекса

В связи с ежегодным ростом тарифов на электроэнергию менеджмент горнодобывающих предприятий стремится реализовывать мероприятия, направленные на экономию электроэнергии, создает структуры, в ведение которых находятся вопросы энергосбережения. Наличие развитых автоматизированных систем учета является необходимым условием для выполнения подобного рода работ.

Список литературы

1. Постановление правительства Российской Федерации от 04.05.2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии».

2. Постановление правительства Российской Федерации от 31.08.2006 г. № 530 «Об утверждении Правил функционировании розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики».

3. Постановление правительства Российской Федерации от 31.12.2010 г. № 1242 «О внесении изменений в некоторые акты правительства РФ по вопросам функционировании розничных рынков электрической энергии».

УДК 658.26

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ АКТИВНОЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДОВ ТАПЛИВА НА ТЭЦ

Кузнецова Е.С., Свирская Г.С., Дивин Г. В., Карачевцев И. О.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

ТЭЦ предназначена для комбинированного производства электрической и тепловой энергии и выдаёт электрическую энергию в энергосистему "Кузбассэнерго", связь с которой осуществляется на напряжении 110кВ через трансформаторы связи; электроснабжения промышленных потребителей на генераторном напряжении 10,5кВ; обеспечения отоплением и горячим водоснабжением комплекса промышленных предприятий и жилищно–коммунальной сферы Заводского и Новоильинского районов.

На ТЭЦ установлено семь синхронных генераторов, которые через секции осуществляют электроснабжение различных производств. Для анализ выбрана первая секция ТЭЦ, которая питает 10 ячеек:

- ячейка №3 РП-43 - аглоизвестковое производство;
- ячейка № 4, РП-26 - паровоздушный цех;
- ячейка №.5, РП-3 - цех водоснабжения;
- ячейка № 6, трансформатор 81Т;
- ячейка № 8, трансформатор 21Т - собственные нужды;
- ячейка №.10, РП-15 - коксохимпроизводство;
- ячейка №.12, РП-83 - коксохимпроизводство;
- ячейка № 14, трансформатор 20Т - собственные нужды;
- ячейка № 16, РП-80 - аглоизвестковое призводство;
- ячейка № 17, тяговая подстанция - вв-1.

Анализом охвачено 720 часовых интервалов активной и реактивной мощности за январь месяц. Были определены параметры электропотребления:

- максимальное значение активной и реактивной мощности;
- минимальное значение активной и реактивной мощности;
- среднее значение активной и реактивной мощности;
- среднеквадратичное отклонение активной и реактивной мощности;
- коэффициент вариации активной и реактивной мощности;
- коэффициент асимметрии активной и реактивной мощности;
- коэффициент эксцесса активной и реактивной мощности;
- коэффициент формы графика нагрузки активной и реактивной мощности;
- коэффициент заполнения графика электрической нагрузки активной и реактивной мощности;
- число часов использования максимума активной и реактивной мощности.

Несмотря на то, что на выработку реактивной мощности активная мощность, а, следовательно, и топливо непосредственно не расходуется, ее передача по сети вызывает затраты активной энергии, которые покрываются активной энергией генераторов (за счет дополнительного расхода топлива). Кроме того, передача реактивной мощности загружает электрические сети и установленное в ней оборудование, отнимая некоторую часть их пропускной способности.

По указанным причинам увеличивать реактивную мощность, выдаваемую генераторами (с целью доставки к потребителю), нецелесообразно, а производить и выдавать ре-

активную мощность необходимо именно там, где она больше всего нужна. Практика такого производства широко распространена во всем мире и известна под термином «компенсация реактивной мощности». Компенсация реактивной мощности — одно из наиболее эффективных средств рационального использования электроэнергии.

В большинстве практических случаев просматривается техническая и экономическая целесообразность полной или близкой к ней компенсации реактивной мощности. На рис. 1, 2 показано распределение активной и реактивной мощности по ячейкам.

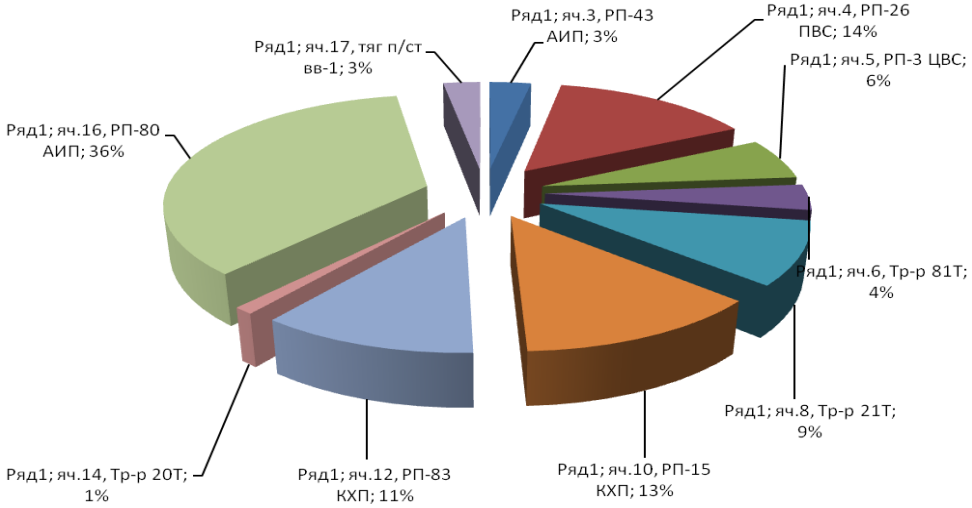


Рис. 1. Распределение активной мощности по ячейкам

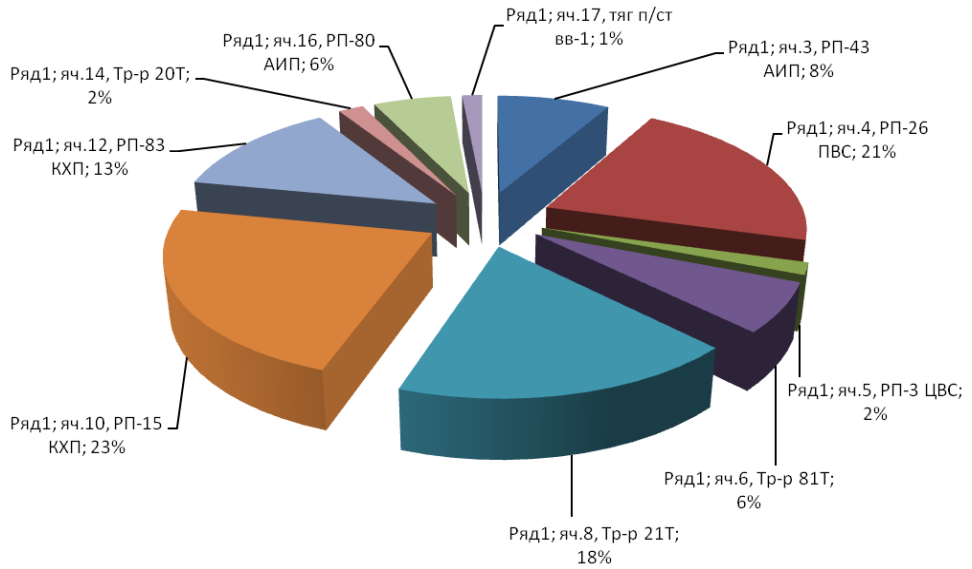


Рис. 2. Распределение реактивной мощности по ячейкам

В табл. 1 приведен расчет значений тока в отходящих линиях до и после компенсации реактивной мощности.

Особенностью в работе электрооборудования металлургического комбината является то, что электродвигатели почти всех технологических машин работают с перерывом, т.е. в кратковременном или повторно-кратковременном режимах с продолжительностью включения в среднем 25%. Это обстоятельство оказывает влияние на графики активной и реактивной мощности.

Ячейки, питающие аглоизвестковое производство, коксохимпроизводство, имеют коэффициент вариации не более 15 %, что говорит о резкопеременном характере нагрузки. Ячейка, питающая паровоздушную станции имеет коэффициент вариации менее 5%, что указывает на спокойную нагрузку.

Таблица 1

Расчет реактивной мощности и необходимой мощности компенсации

Номер ячейки 1 секции	Средняя активная мощность, кВт	Средняя реактивная мощность, кВАр	$tg\varphi_{бк}$ без компенсации $tg\varphi_{бк} = \frac{Q_{ср}}{P_{ср}}$	Требуемый $tg\ \varphi_з$	Необходимая мощность компенсирующего устройства $Q_{ку} = Q_{ср} - 0{,}33P_{ср}$, кВАр
яч.3, РП-43 АИП	1023.4	1500.1	1.46	0.33	1162.43
яч.4, РП-26 ПВС	4925.5	3837.0	0.77	0.33	2211.64
яч.5, РП-3 ЦВС	2053.2	288.5	0.14	0.33	не требуется
яч.6, Тр-р 81Т	1277.2	1174.4	0.91	0.33	752.92
яч.8, Тр-р 21Т	3132.1	3241.0	1.03	0.33	2207.43
яч.10, РП-15 КХП	4324.1	4148.1	0.95	0.33	2721.13
яч.12, РП-83 КХП	3767.0	2343.6	0.62	0.33	1100.50
яч.14, Тр-р 20Т	354.9	335.8	0.94	0.33	218.68
яч.16, РП-80 АИП	12091.9	1036.1	0.08	0.33	не требуется
яч.17, тяг п/ст вв-1	910.3	267.5	0.29	0.33	не требуется

В табл. 2 приведен расчет значений тока в отходящих линиях до и после компенсации реактивной мощности.

Таблица 2

Расчет токов в ячейках при компенсации реактивной мощности

Номер ячейки 1 секции	Средняя активная мощность, кВт	Средняя реактивная мощность, кВАр	Значения тока до компенсации, А	Значения тока после компенсации, А	Величина уменьшения тока, А
яч.3, РП-43 АИП	1023.41	1500.16	104.84	59.08	45.76
яч.4, РП-26 ПВС	4925.54	3837.06	360.48	284.37	76.10
яч.5, РП-3 ЦВС	2053.27	288.59	119.71	-	-
яч.6, Тр-р 81Т	1277.26	1174.42	100.17	73.74	26.43
яч.8, Тр-р 21Т	3132.17	3241.05	260.22	180.83	79.38
яч.10, РП-15 КХП	4324.16	4148.11	345.95	249.65	96.29
яч.12, РП-83 КХП	3767.02	2343.62	256.14	217.48	38.65
яч.14, Тр-р 20Т	354.96	335.82	28.21	20.49	7.71
яч.16, РП-80 АИП	12091.93	1036.13	700.68	-	-
яч.17, тяг п/ст вв-1	910.34	267.58	54.78	-	-

Ячейки, питающие цех водоснабжения и тяговую подстанцию имеет коэффициент вариации более 33 %, что говорит о неоднородности данных, т.е. в этих цехах происходит запуск одного оборудования и остановка другого.

Ячейки, питающие собственные нужды подстанций, характеризуются выбросами и провалами активной и реактивной мощности. Анализ реактивной мощности показал, что

для ячеек 5, 16, 17 компенсации реактивной мощности не требуется, tg φ находится в пределах нормы. Для других требуется компенсация реактивной мощности, что позволит увеличить пропускную способность сети в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости. Анализ зависимостей реактивной мощности от активной показал, что для некоторых ячеек прослеживается линейная зависимость – ячейки 3, 4, 8, 10, 14, 17. Для ячеек 6 и 12 эта зависимость нелинейная. Для ячеек 5 и 16 наблюдается несколько зависимостей, что объясняется различными режимами работы разнообразного оборудования.

Анализ зависимостей реактивной мощности от активной может дать выбор способов и методов компенсации реактивной мощности на ТЭЦ.

УДК 622.13.10

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ ООО «ИНГОРТЕХ»

Лапин С.Э., Бабенко А.Г., Кокорев А.Н.
ООО «ИНГОРТЕХ»
г. Екатеринбург, Россия

В основу подхода ООО «ИНГОРТЕХ» к построению многофункциональных систем безопасности (МФСБ) угольных шахт положена современная концепция безопасности, которая широко и успешно применяется во всем мире на опасных производствах и описана в действующих в России стандартах группы ГОСТ Р МЭК 61508. Для снижения исходного уровня риска, обусловленного горно-геологическими условиями и производственными планами шахты, до приемлемого или допустимого, соответствующего согласию общества на ущерб, применяются проектные решения, технологические и инженерные системы, обученный персонал и методы управления производством, которые можно разделить на три группы: *внешние средства снижения риска* (внешние средства), противодействующие условиям возникновения аварий и снижающие вероятность возникновения условий для реализации аварий, *системы, связанные с безопасностью* (системы безопасности), снижающие вероятность реализации аварии при наличии соответствующих условий, и *другие технологии обеспечения безопасности*, предотвращающие развитие аварии и уменьшающие ущерб от ее реализации.

Внешние средствам снижения риска.

Фундаментальный вклад в уменьшение вероятности аварии вносят внешние средства снижения риска, основу которых составляют:

а) проектные решения, которые призваны исключить условия возникновения различных видов опасности;

б) электрические, электронные и программируемые системы (ЭЭПС), обеспечивающие измерения и оперативный контроль за соблюдением проектных решений, т.е. выявляющие явные отклонения от проектного (эталонного) состояния (поведения) шахты;

в) информационные системы, выявляющие скрытые тенденции и признаки опасных ситуаций, состояний и явлений и прогнозирующие их;

г) технологические и производственные мероприятия, в том числе обеспечивающие непрерывную и качественную реализацию вышеперечисленных мер во всем их многообразии и постоянную высокую готовность систем безопасности и других технологий к функционированию в предаварийных, аварийных и поставарийных ситуациях.

К внешним средствам снижения риска производства и поставки ООО «ИНГОРТЕХ» и ООО «НПЦ АТБ» относятся системы *«Микон III»* и *«Микон 1Р»* (измерение, автоматизация, диспетчеризация), *СПГТ-41* (технологическое позиционирование), *«Микон-*

ГЕО» (геодинамический контроль), *СМС «ИСЕТЬ»* (голосовая оперативная беспроводная связь, точное позиционирование), аппаратура *«КРУГ»* (измерение, автоматизация, диспетчеризация для дегазации и газоотсоса), переносные газоанализаторы *М02* и анемометры *ПДСВ*, головные светильники *СГМ «ИСЕТЬ»* и подземные «черные ящики» *АПНК* (гарантированные газоаналитические измерения), область применения которых – подземные выработки шахт и рудников и их наземные помещения, в том числе опасные по газу, пыли, внезапным выбросам в соответствии с ПБ 05-618-03, ПБ 03-553-03. Также к внешним средствам снижения риска относится специализированное программное обеспечение, функционирующее на угольных шахтах совместно с системами «Микон III» («Микон 1Р»): наземный «черный ящик» РАГС, системы SMS- и EMAIL-информирования, системы передачи информации в ЦУКС УВГСЧ МЧС РФ и Территориальные управления Ростехрадзора.

Система «Микон III» («Микон 1Р») является шахтной газоаналитической многофункциональной информационно-управляющей системой, соответствующей требованиям ПБ 05-618-03 и «Положению об аэрогазовом контроле в угольных шахтах» и обеспечивает: автоматический газовый контроль (АГК) и защиту (АГЗ); измерение скорости воздушных потоков в каналах вентиляторов, воздуховодах, трубопроводах систем газоотсоса и дегазации, запыленности в воздухе рабочей зоны; обнаружение ранних признаков эндогенных и экзогенных пожаров, контроль и управление системами противопожарной защиты; контроль и управление системами орошения, дегазации и газоотсоса; контроль и управление проветриванием тупиковых выработок; местное и централизованное, диспетчерское и ручное, автоматизированное и автоматическое управление основным и вспомогательным оборудованием, системами вентиляции, электро-, гидро- и пневмоснабжения; передачу разнородной информации между наземными и подземными вычислительными устройствами, системами связи, сигнализации, оповещения; отображение информации на подземных и наземных устройствах; обработку и хранение информации на наземных компьютерах (серверах), формирование отчетов о газовой обстановке в шахте, работе технологического оборудования, функционировании газоотсасывающего оборудования и дегазационных систем, систем безопасности и пр. Система обладает следующими свойствами и характеристиками: соответствие государственным стандартам и требованиям безопасности; обеспечивает «глубокий информационный ввод» - под землей используется искробезопасный Ethernet; обеспечивает решение задач измерения, контроля и управления на наземных и подземных объектах контроля и управления; количество каналов ввода-вывода, узлов связи, наземных АРМ - не ограничено и определяется текущими потребностями; система совместима по сигналам и питанию со всеми остальными системами производства ООО «ИНГОРТЕХ» и другими шахтными информационно-управляющими системами; система совместима с основными датчиками аэрогазового контроля других производителей; широко применяются основные датчики АГК с цифровым интерфейсом; впервые применено метрологически сертифицированное программное обеспечение верхнего уровня; обеспечена длительность работы в аварийных условиях - 16 часов и более; предоставляет стандартные интерфейсы для ее интеграции в АСУПП и АСУП; предоставляет интерфейсы с ЦУКС УВГСЧ МЧС РФ и возможность передачи данных в территориальные органы Ростехнадзора; имеются подземные и наземные «черные ящики». В состав системы входят: система передачи информации СПИН (медные и оптические магистрали, наземные и подземные узлы связи, преобразователи интерфейсов и сред передачи, ретрансляторы, барьеры искробезопасности и т.п.); контроллеры универсальные шахтные КУШ и ПВУ; шахтные источники питания ШИП и ИП ZVB; более 20 типов датчиков аэрогазового контроля в соответствии с «Положение об аэрогазовом контроле угольных шахта» в том числе с цифровым интерфейсом; различные датчики технологического контроля; сигнализирующие устройства СУ-ХХ и другие; вспомогательные блоки БАВР, БТ, БПР; монтажные и коммутационные коробки ЯСУ; наземный компьютерный комплекс

(резервированные сервера и АРМ); специализированное метрологически сертифицированное отраслевое программное обеспечение и др. Информационное взаимодействие между различными уровнями обеспечивается системой передачи информации СПИН (дальность без ограничения, скорость до 100 Мбит/с), которая также является общей магистралью передачи данных для «Микон-ГЕО», СМС «ИСЕТЬ» и СПГТ-41.

Система позиционирования горнорабочих и транспорта СПГТ-41 предназначена для технологического позиционирования – наблюдения за положением персонала, находящегося в шахте, и предоставление информации о его местонахождении шахтным и аварийно-спасательным службам (в соответствии с требованиями п.41 ПБ 05-618-03 и п.17 ПБ 03-553-03) и обеспечивает: разделение подземного пространства на непрерывную систему зон, в которых контролируется наличие персонала, транспортных средств, подвижного оборудования; поиск горнорабочих и транспорта в нормальных условиях эксплуатации, в аварийных условиях и при проведении спасательных работ - работу в аварийных ситуациях – не менее 16 часов; передачу в систему поиска в аварийных ситуациях СПАС «Микон» информации о последнем зафиксированном местоположении горнорабочих при проведении поисковых и спасательных операциях; резервный канал аварийного оповещения, применяемый совместно с комплексом аварийного оповещения СУБР-1П; контроль нахождения горнорабочих на рабочих местах в соответствии с их нарядами; формирование защищаемых зон, появление персонала в которых должно сопровождаться противоаварийными или другими действиями (нахождение на необорудованных конвейерах, на ленте после площадок схода и пр.); получение исходной информации для табельного учета персонала и учета работы внутришахтного транспорта; автоматическое и телеуправление и блокирования работы машин и механизмов, в том числе, контроль появления персонала перед движущимся транспортным средством (подвижным оборудованием); возможность интеграции с АСОДУ и системами табельного учета; архивирование информации о местоположении и перемещении носителей меток в каждый момент времени и предоставление стандартного высокоуровневого доступа к данным с АРМ; формирование отчетов задаваемого содержания. В состав СПГТ-41 входят: персональные радиоблоки, встраиваемые во все серийно выпускаемые головные светильники; подземные стационарные радиосчитыватели УРПТ-41 с цифровым интерфейсом; наземный компьютерный комплекс с специализированным отраслевым программным обеспечением и др. Для питания СПГТ-41 используются источники питания ШИП, а для передачи данных – систему передачи информации СПИН из состава «Микон III».

Передача данных от средств персонального газоанализа в систему «Микон III» реализована с использованием газоанализаторов М02 и системы СПГТ-41. М02 обеспечивает измерение метана, оксида углерода и кислорода и расчет обобщенных показателей, которые характеризуют аэрогазового состояния в зоне контроля СПГТ-41, в которой находится М02. В качестве обобщенных показателей используются: максимальное (минимальное) значение контролируемого параметра в течение времени нахождения в зоне контроля; длительность преодоления контролируемым параметром порогового уровня в течение времени нахождения в зоне контроля; количество преодолений порогового уровня в течение времени нахождения в зоне контроля; среднее значение контролируемого параметра в течение времени нахождения в зоне контроля; среднее значение контролируемого параметра для промежутков времени, в течение которых нарушались требования к газовому составу воздуха по метану, оксиду углерода или кислороду в течение времени нахождения в зоне контроля. При нахождении работника в зоне действия считывателя СПГТ-41 осуществляется передача обобщенных данных от М02 и далее в наземное программное обеспечение СПГИ-41 и «Микон III», которые в свою очередь обрабатывают, сохраняют и отображают их.

Система регионального, локального и текущего контроля состояния горного массива «Микон-ГЕО» предназначена для регионального локального и текущего контроля со-

стояния горного массива и для обнаружения зон развития опасных гео-газодинамических явлений в процессах подземной разработки месторождений полезных ископаемых в ближней и дальней зонах. «Микон-ГЕО» является программно-техническим комплексом, обеспечивающим решение задач безопасного производства и информационной поддержки контроля состояния горного массива в нормальных и аварийных условиях. «Микон-ГЕО» является основой для построения систем идентификации и прогноза различных геогазодинамических явлений на угольных шахтах. Основными функциями и особенностями «Микон-ГЕО» которой являются: региональный сейсмический контроль в пассивном режиме в дальней зоне (до 2000 м); локальный и текущий сейсмический контроль в пассивном и активном режимах в ближней зоне (до 200 м); сейсмоакустический контроль напряженно-деформированного состояния шахтного поля, выемочного и проходческого участков (определение блочной структуры массива и сейсмических аттрибутов блоков с достоверностью не менее 0,7); прямое выявление локальных объектов риска развития геодинамических и газодинамических процессов, основанное на независимом сопоставлении результатов поляризационного приема компонент сейсмических волновых полей в активном и пассивном режимах процессов проходки и очистных работ; активный режим сейсмической локации массива в управляемом направлении от забоя штрека или лавы реализуется на основе использования рабочего органа проходческого или добычного комбайна в качестве источника упругих волн; региональный, локальный и текущий прогноз развития внезапных выбросов и горных ударов. В настоящее время в состав «Микон-ГЕО» входят: искробезопасные полевые сейсмические модули ИПСМ; искробезопасные полевые контроллеры синхронизации ИПКС; наземный компьютерный комплекс; специализированное отраслевое программное обеспечение и др. Для питания «Микон-ГЕО» используются источники питания ШИП, а для передачи данных – систему передачи информации СПИН из состава «Микон III».

Система многофункциональной связи СМС «ИСЕТЬ» предназначена обеспечения беспроводной голосовой связи между работниками, находящимися в горных выработках, и работников с диспетчером, для определения положения работников, транспорта, подвижного оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств автоматики (далее средств КИПиА) в подземных выработках шахт и рудников, передачи данных между электронными системами работников, транспорта, подвижного оборудования, средств КИПиА и диспетчерской шахты и формирования резервного канала аварийного оповещения. СМС «ИСЕТЬ» обеспечивает: полудуплексную голосовую связи работников друг с другом и с диспетчером; позиционирование работников, транспорта, оборудования, средств КИПиА с ошибкой не более ±5 м; обмен данными с электронными системами работников, транспорта, оборудования и средств КИПиА; высокую скорость «разворачивания» системы – до 5 км/час; работу в аварийных ситуациях – не менее 16 часов. В состав СМС «ИСЕТЬ» в настоящее время входят: искробезопасный шлюз-ретранслятор–точка доступа ШТД-РТД; искробезопасный интерком носимый ИКН; наземный компьютерный комплекс с программной АТС и специализированным программным обеспечением позиционирования и др. Для питания СМС «ИСЕТЬ» используются источники питания ШИП, а для передачи данных – систему передачи информации СПИН из состава «Микон III».

Светильник головной малогабаритный СГМ «Исеть» является персональным элементом комплексной системы обеспечения безопасности и характеризуется: полным соответствием требованиям нормативных документов; качественным освещением рабочего места (конус света более 90°, освещенность более 3000 Lx); оптимизацией конструкции для обеспечения электромагнитной совместимости радиоблоков СПГТ-41, СУБР-1П, СПАС «Микон»; весом не более 1,2 кг и малыми габаритами; наличием встроенной платы заряда Li-Ion аккумуляторов, которая обеспечивает совместимость с любыми зарядными столами. В настоящее время заканчивается разработка блока анализа газов (CH_4, CO, O_2) и радиоблока СМС «ИСЕТЬ» для встраивания в светильник.

Автономный прибор независимого контроля АПНК – подземный «черный ящик» предназначен для независимого (автономного от средств стационарной системы АГК) аэрогазового контроля, записи и хранения в энерго-независимой памяти результатов измерения рудничной атмосферы. Область применения АПНК – подземные выработки шахт и рудников, в том числе опасные по газу (метану) и пыли, внезапным выбросам. АПНК предназначен для выполнения следующих функций: непрерывное измерение концентраций метана (CH_4), кислорода (O_2), оксида углерода (CO), температуры окружающего воздуха и атмосферного давления; фиксация результатов измерения концентрации контролируемых компонентов в режиме реального времени; хранение зафиксированных значений концентрации контролируемых компонентов с привязкой к дате и времени фиксации; обеспечение возможности передачи зафиксированной информации по каналам цифровой связи стационарных информационных систем («Микон III» и др.) по цифровому интерфейсу; обеспечение возможности передачи накопленной информации на автономный блок снятия информации через ИК-порт; обеспечение возможности обнаружения АПНК за и под завалами средствами системы СПАС «Микон».

Портативный переносной газоанализатор М 02 на токсичные и горючие газы, в зависимости от варианта исполнения, предназначен для оперативного автоматического непрерывного измерения степени взрывоопасности контролируемой среды, содержащей горючие газы (C_xH_y), довзрывоопасных концентраций метана (CH_4), концентраций кислорода (O_2), концентраций оксида углерода (CO), концентраций сероводорода (H_2S) и выдачи сигнализации при достижении измеряемым компонентом установленных пороговых значений. Область применения - контроль скорости движения воздуха (газовых смесей) в подземных выработках шахт и рудников и их наземных строениях, в том числе опасных по газу, пыли и внезапным выбросам в соответствии с ПБ 05-618-03, ПБ 03-533-02. М02 обеспечивают реализацию следующих функций: непрерывное одновременное измерение с цифровой индикацией до 4-х газовых компонентов в зависимости от исполнения: метан в диапазоне 0…100 % об., горючие газы – 0…100 % НКПР, кислород – 0…25 % об., оксид углерода – 0…200 млн$^{-1}$, сероводород – 0…100 млн$^{-1}$; индикацию и сигнализацию в зависимости от исполнения о превышении установленных пороговых значений концентрации метана или горючих газов, оксида углерода, кислорода, сероводорода; фиксацию результатов измерения концентрации контролируемого компонента в автоматическом режиме и по команде оператора с занесением их в память прибора; индикацию зафиксированных значений из памяти газоанализатора; реализацию функции носимого «чёрного ящика» с привязкой к реальному времени с записью измеренных значений в течение не менее 48 часов с интервалом 2 минуты; передачу сохраненной информации в персональный компьютер; индикацию текущей даты и времени, температуры (-30…+40 °С) и абсолютного давления (15…115 кПа) окружающей среды; контроль и индикацию уровня заряда батареи. Совместно с системой СПГТ-41 газоанализаторы М02 обеспечивают передачу результатов аэрологического контроля рабочей зоны в систему «Микон III» или МФСБ. Собираемые данные используются для оценки правильности работы стационарных средств газоанализа.

Измеритель скорости воздушного потока переносной ПДСВ предназначен для измерения скорости воздушного потока в горных выработках, вентиляционных системах шахт и рудников всех категорий, а также в системах промышленной вентиляции, при метеорологических измерениях на суше и на море, при аттестации рабочих мест лабораториями по охране труда и службами Госсанэпиднадзора. Область применения - контроль скорости движения воздуха (газовых смесей) в подземных выработках шахт и рудников и их наземных строениях, в том числе опасных по газу, пыли и внезапным выбросам в соответствии с ПБ 05-618-03, ПБ 03-533-02. В основу работы прибора положен принцип ультразвукового зондирования воздушного потока. ПДСВ обеспечивает выполнение следующих основных функций: измерение скорости воздушного потока в диапазоне ±(0,2…30)

м/с в том числе с помощью выносной измерительной головки; индикацию на ЖКД скорости воздушного потока со знаком в диапазоне -40…+40 м/с; измерение средней скорости потока за интервал времени; вычисление средней скорости потока по нескольким замерам; контроль и индикацию уровня заряда батареи.

Регистратор аэрогазового состояния РАСГ – наземный «черный ящик» предназначен для защищенного хранения данных аэрогазового контроля и предоставления доступа к ним специалистов территориальных управлений (ТУ) Ростехнадзора без участия работников шахт. Информация отображается в виде графиков исторических значений переменных, системного, технологического журнала и журнала доступа, которые формируются в реальном времени и в которые эксплуатирующей организации невозможно внести изменения. Также РАГС применяется для анализа аэрологического состояния и расследования инцидентов и аварий.

Передача данных аэрогазового контроля в ЦУКС УВГСЧ МЧС РФ и ТУ Ростехнадзора осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, которое: получает данные от программного обеспечения «Микон III», анализирует их в соответствии с требованиями МЧС РФ или Ростехнадзора и формирует сообщения, которые отсылает в ЦУКС или ТУ Ростехнадзора; в ЦУКС или в ТУ Ростехнадзора отображает список контролируемых шахт со «сборной» сигнализацией (типа светофор); в ЦУКС или в ТУ Ростехнадзора предоставляет информацию о горнотехническом объекте контроля и точке контроля.

Системы безопасности

Если условия для реализации аварии все-таки возникли из-за неправильных проектных решений, появления неучтенных природных и техногенных факторов, нарушения технологии, неправильных монтажа, эксплуатации и обслуживания технологических и инженерных систем и пр., что не было своевременно обнаружено с помощью внешних средств снижения риска, или было обнаружено, но необходимые мероприятия не были выполнены, то необходимо противодействовать реализации аварии. Это обеспечивают средства противоаварийного управления и защиты (ПАЗ) – ЭЭПС, относящиеся к системам, связанным с безопасностью, которые имеют следующие особенности и характеристики: только автоматический режим работы; высокая защищенность от внешних воздействий (природных, техногенных и со стороны персонала); локальная реализация (отсутствие в контурах защиты наземных технических и программных средств и средств связи с ними); высокая надежность, постоянная готовность; полная детерминированность использования и поведения; гарантированное быстродействие.

К системам безопасности относятся средства автоматической газовой защиты (АГЗ), которые блокируют электроснабжение оборудования, находящегося в зоне с недопустимыми концентрациями контролируемых газов и средства противопожарной защиты (ППЗ), которые при обнаружении пожара включают установки пожаротушения. Системы АГЗ и ППЗ обеспечивают прямое противоаварийное управление технологическими и инженерными системами. Функции АГЗ и ППЗ реализуются с помощью системы *«Микон III»* (*«Микон 1Р»*) в соответствии с требованиями всех действующих нормативных документов.

Персональные газоанализаторы *М02* и головные светильники *СГМ «ИСЕТЬ»,* снабженные встроенными средствами газоанализа на метан, оксид и кислород, при достижении пороговых уровней контролируемых параметров рудничной атмосферы обеспечивают световую и звуковую сигнализацию, предупреждая работников о возникшей опасности и необходимости выполнения соответствующих действия.

Внешние средства снижения риска.

Если опасность не была выявлена внешними средствами снижения риска и ее реализации в виде аварии не смогли помешать системы, связанные с безопасностью, то необходимо предотвратить распространение аварии и минимизировать наносимый ущерб, в

том числе при проведении спасательных операций. Для этого используются другие технологии, которые могут быть реализованы автоматическими системами локализации взрывов и пожаров, средствами индивидуальной и групповой защиты и спасения, системами аварийного оповещения, системами поиска людей застигнутых аварией, в том числе за и под завалами, средствами аварийной подземной связи и связи с ВГСЧ. Основными требованиями к другим технологиям являются: высокая защищенность от внешних воздействий; гарантированная работоспособность во время и после аварии в течение заданного периода времени; постоянная готовность; независимость от подземной инфраструктуры, используемой внешними средствами снижения риска и системами безопасности, или отсутствие подземной инфраструктуры и др.

Комплекс аварийного оповещения и селективного вызова горнорабочих СУБР-1П предназначен для оповещения горнорабочих и ИТР, находящихся в подземных выработках, об авариях и их индивидуального (селективного) вызова, а также приёма-передачи информации для текстового приёмника (пейджера). Область применения комплекса – наземные помещения и подземные выработки шахт и рудников, в том числе опасные по газу (метану), пыли и внезапным выбросам в соответствии с «Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом» ПБ 03-553-03 и «Правилами безопасности в угольных шахтах» ПБ 05-618-03. Комплекс обеспечивает: оповещения горнорабочих и ИТР, находящихся в подземных выработках (1 км по глубине и 10 км по простиранию), об авариях и их индивидуального (селективного) вызова, а также приёма-передачи информации для текстового приёмника (пейджера); преобразование сигналов общей аварии в световые и звуковые сигналы приемных устройств; преобразование сигналов индивидуального вызова и преобразование их в световые и звуковые сигналы приемных устройств; передачу стандартных аварийных и индивидуальных текстовых сообщений и отображение их на подземных текстовых и стационарных приемниках; передачу произвольных индивидуальных текстовых сообщений и отображение их на подземных текстовых и стационарных приемниках; передачу сигнала активизации радиомаяка систем СПАС «Микон». Применяемая технология оповещения не использует подземную инфраструктуру (кабели, источники питания и пр.), что обеспечивает высокую надежность и возможность работы во время и после аварии. В состав комплекса входят: персональные радиоблоки комплекса СУБР-01СМ и СУЮР-02СМ, которые встраиваются в серийные головные светильники; резервированный передатчик ПРД, который может располагаться как на поверхности, так и в подземных выработках (в этом случае он является искробезопасным); пульт диспетчера ПД; передающая антенна; искробезопасный текстовой пейджер СУБР-1ТП; искробезопасный стационарный приемник СУБР-1СП, реализующий функцию группового аварийного оповещения; вызывное устройства ВУ для активации персональных радиомаяков СПАС «Микон»; комплект контрольной аппаратуры.

Система поиска в аварийных ситуациях СПАС «Микон» предназначена для поиска персонала, находящегося за и под завалом при проведении аварийно-спасательных работ. Область применения – поиск людей за завалами в подземных выработках шахт и рудников и их наземных строениях, в том числе опасных по газу, пыли и внезапным выбросам в соответствии с ПБ 05-618-03, ПБ 03-533-02. СПАС «Микон» имеет следующие основные характеристики: максимальная / гарантированная дальность обнаружения радиомаяков – 50/30 м; работу в режимах сканирования (одновременное обнаружение всех радиомаяков в зоне действия), обнаружения и поиска (определение расстояния и направления до каждого радиомаяка); на расстоянии 20 м ошибка определения расстояния не превышает ±2 м; время автономной работы составляет не менее 16 часов. В состав СПАС «Микон» входят персональные радиомаяки ГПС-1 (PGLR), которые встраиваются в аккумуляторный блок серийных головных светильников, для которых обеспечивается работа в течение 36 часов после попадания под/за завал и искробезопасное поисковое устройство MineSearch-

08. Использование СПАС «Микон» тесно связано с системой СПГТ-41 и комплексом СУБР-1П: перед началом поисковых работ в поисковое устройство MineSearch-08 заносится список потерянных работников с параметрами их радиомаяков; запуск персонального радиомаяка PGLR осуществляется дистанционно с помощью основного передатчика ПРД или локально с помощью вызывного устройства ВУ из состава комплекса СУБП-1П.

С 2011 года ООО «ИНГОРТЕХ» осуществило проектирование МФСБ для 28 шахт и обеспечивает их успешное внедрение. В настоящее время подсистемы МФСБ производства ООО «ИНГОРТЕХ» эксплуатируются более чем на 50 шахтах Кузбасса и других угольных бассейнов.

Опыт проектирования и поддержки эксплуатации МФСБ на угольных шахтах позволяет утверждать, что МФСБ необходимо рассматривать как информационную систему, поэтому основным направлением деятельности ООО «ИНГОРТЕХ» в этой области является создание математического, информационного и программного обеспечения для многофакторного комплексного анализа данных, получаемых от различных информационных, измерительных, управляющих систем, которые уже эксплуатируются на шахтах. Целью проводимых работ является обеспечение возможности своевременного обнаружения в автоматическом или автоматизированном режимах скрытых от прямого наблюдения (непосредственных измерений) признаков опасных ситуаций и выявление тенденций, увеличивающих уровень риска, и ранжирование объектов по степени опасности.

УДК 656.3

К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА

Жарков Д.Ю., Иванов А.А.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Мировой финансовый кризис оказал существенное влияние на деятельность угледобывающих предприятий Кузбасса. До кризиса угольная отрасль Кузбасса развивалась быстрыми темпами.

Начиная с 1999 г. ежегодно объемы добычи росли в среднем около 4,2% в год, и в 2008 г. вышли на рекордный уровень – 184,5 млн.т.

За период с 1999 по 2008 годы в Кузбассе введено в эксплуатацию 19 шахт и 22 разреза общей проектной мощностью около 58 млн.т, 13 обогатительных фабрик суммарной мощностью по переработке более 30 млн.т. За это время было инвестировано более 180 млрд.руб.

И это не предел, Кузбасс имеет все возможности наращивать объемы добычи и дальше. За период 2004–2008 гг. в Кузбассе, по итогам конкурсов и аукционов, недропользователям было предоставлено право добычи угля на 81 участке угольных месторождений, с общими запасами и ресурсами угля в объеме около 8 млрд. т. Проектные производственные мощности по новым участкам составляют более 100 млн. т в год, из них для открытой добычи – 38 млн.т.

Проектный прирост производственных мощностей по добыче коксующихся углей ожидается около 40 млн. т. С учетом выбытия отработанных и ввода новых угледобывающих предприятий, по которым получены лицензии, проектные производственные мощности на сегодняшний день с разработкой до 2015 г. составляют порядка 230–250 млн.т год.

Однако, огромные расстояния до поставщиков (более 5000 км), высокие транспортные тарифы, которые доходят до 50% стоимости товара у потребителя (20–25 долл./т)

и ежегодно растущие затраты на добычу (себестоимость добычи относительно 2000 г. выросла в 2,8 раза до 35–40 долл./т), низкий уровень экспортной составляющей – снижают конкурентоспособность кузнецкой угольной продукции на внешнем рынке, делая ее экспорт высокорискованным.

Кроме того, внутри самой угольной отрасли наметились новые тенденции, последствия которых могут негативно сказаться в ближайшем будущем. Это – отработка запасов с применением в основном одной технологии. На разрезах это транспортная система разработки с применением автомобильного транспорта для вывозки угля и вскрышных пород, приемлемая в различных горно-геологических условиях, однако являющаяся наиболее затратной. На эту систему в Кузбассе приходится 84% добычи угля открытым способом. При этом за последние годы никаких инновационных технологий на предприятиях не внедряется, за исключением замены парка эскавационного оборудования (механические экскаваторы заменятся на гидравлические).

Несмотря на это, отмечается, что сейчас угольная отрасль России находится на подъеме. За последние 10 лет, к примеру, добыча угля увеличилась примерно на четверть, объем его экспорта – почти в 3 раза. На долю Кузбасса приходится около 57% угледобычи в стране – по итогам 2011 года этот показатель составил более 192 миллионов тонн.

За последние 10 лет в Кузбассе привлечено в угольную промышленность почти 360 млрд рублей инвестиций, построено 54 новых, современных предприятия по добыче и переработке угля, оснащенных самыми передовыми средствами безопасности.

Сейчас в Кузбассе действует 117 шахт и разрезов. Производительность труда по сравнению с 2002 годом выросла в 1,6 раза. За 10 лет создано более 20 тысяч новых профильных рабочих мест, примерно в 5 раз увеличена зарплата в отрасли. Объем переработки по итогам 2011 года составил 130 млн тонн. Для обслуживания современной техники вводятся сервисные центры, в том числе таких известных фирм, как «Комацу» (Япония), «Белавто» (Белоруссия), «Джой Глобал» (США). Создание этих сервисных центров непосредственно в регионе дает гарантию бесперебойной работы техники, а значит — бесперебойной работы угольной отрасли в целом. В целом отрасль показывает хорошие результаты. Общая прибыль предприятий составила в 2011 году более 122 млрд руб., рост более чем в полтора раза.

Уже в ближайшее время государству и бизнесу предстоит реализовать комплекс мероприятий, который позволит продолжить увеличивать объемы добычи угля. По данным экспертов, в следующие 10 лет ожидается значительный рост спроса на уголь как в России, так и за ее пределами. В связи с этим ставится задача увеличить добычу угля до 2030 года на 100 миллионов тонн. По итогам прошлого года уровень годовой добычи «черного золота» в России составил около 330 миллионов тонн. Соответственно к 2030 году он должен достичь отметки в 430 миллионов (к слову, ожидаемый прогноз добычи ниже названных прежде цифр в 514 - 544 миллиона тонн в проекте программы развития угольной отрасли по состоянию на начало марта 2011 года). Добыча угля к этому времени будет вестись на 82 разрезах и 64 шахтах, а уровень производительности труда в 5 раз превысит показатель 2010 года (9000 т и 1880 т на одного работника соответственно). За весь период действия программы будет введено 505 миллионов тонн новых и модернизированных мощностей по добыче угля – при выбытии 375 миллионов тонн мощностей неперспективных и убыточных предприятий и сокращении уровня износа основных фондов с 70-75% до 20%.

В связи с этим возрастает актуальность внешнего и внутреннего транспорта на разрезах Кузбасса.

Технология открытой горной разработки заключается в перемещении пород к различным пунктам их приема и складирования. Обычно такое перемещение производится в четыре последовательных этапа. Первый - это перемещение горной массы в процессе подготовки к добыче (например, проведение разрезных траншей, подготовка к взрывным ра-

ботам), второй - при выемочно-погрузочных работах, третий - при транспортировке, четвертый - при складировании.

Поэтому автомобильный транспорт является одним из основных видов внутреннего транспорта на разрезах. Имея ряд преимуществ (гибкость и маневренность; автономность; меньшая требовательность к плану и профилю автомобильных дорог (радиусы кривых от 6 м и уклоны до 80 - 110‰, что позволяет уменьшить размеры рабочих площадок и расстояние перевозок в 2 - 3 раза; меньшие объемы земляных работ по строительству (до 50 %), а следовательно, меньшие сроки ввода в эксплуатацию и затраты (до 25%) на строительство карьеров; отсутствие рельсовых путей и контактной сети обеспечивает увеличение использования погрузочного горного оборудования на 20...30%; значительно снижается стоимость отвальных работ), он несомненно, обладает недостатками, к которым относятся: более жесткая зависимость от климатических условий и состояния автодорог; загазованность атмосферы карьера; ограниченная экономическая целесообразность дальности перевозки 2 - 5 км, в зависимости от грузоподъемности автомобиля; большой парк дорогих автомашин и значительный штат водителей и обслуживающего персонала; большая стоимость содержания и ремонта автомобилей, достигающая 33 - 35 % стоимости перевозок; сравнительно высокие цены на топливо и смазочные материалы, большой расход автомобильных шин (стоимость автошин достигает 20 - 22 % стоимости перевозки) и др.

Поэтому при разработке новых месторождений открытым способом целесообразно рассмотреть в качестве внутреннего транспорта специальные виды транспорта, такие как, конвейерный и гидротранспорт.

Используя конвейерный транспорт на разрезах можно решить ряд проблем и задач:

- отсутствие отвальных емкостей в непосредственной близости от карьеров делает неэффективным использование автомобильного транспорта, и размещение отвалов на удаленном расстоянии с применением ленточного конвейера решает эту проблему;
- заложение конвейерных вскрывающих выработок с большим углом, чем при автомобильном и железнодорожном транспорте по борту карьера или непосредственно в борту, и, как следствие, позволяет увеличить сроки службы предприятия, его капитализацию и конкурентоспособность;
- использование конвейеров позволит дополнительно вовлечь в отработку запасы более глубоких горизонтов; - применение конвейерного транспорта в циклично-поточной технологии с целью оптимизации затрат на транспортировке вскрыши по существующим технологическим схемам предприятий;
- снижение значимых экологических аспектов: выброс в атмосферу органической пыли, вредных веществ с выхлопными газами технологических автомобилей;
- снижение образований отходов, загрязняющих среду и (отработанных масел, шин, металлолома);
- снижение профессиональных заболеваний горняков, как следствие снижения выбросов вредных веществ в атмосферу;
- уменьшение количества обслуживающего персонала при эксплуатации конвейерного транспорта, а так же снижение воздействия опасных производственных факторов повлекут за собой снижение производственного травматизма и повышение уровня промышленной безопасности на угольных предприятиях.

В ближайшей перспективе планируется открытие новых разрезов. Однако, разработка нового месторождения возможна лишь после решения проблем внешнего транспорта. Поскольку участки добычи угля, зачастую, находятся в горных труднодоступных зонах, в которых полностью отсутствует транспортная инфраструктура, для вывоза угля с месторождения требуется проектирование и строительство авто- или железных дорог. Наиболее распространненая ситуация, когда от месторождения до железнодорожной погрузочной станции уголь перевозится автотранспортом и, затем, железнодорожным транспортом отправляется на внешнюю сеть к потребителям.

В связи с этим остро встает проблема перегруженности существующих железнодорожных линий общего пользования в Кузбассе.

Чтобы минимизировать затраты на строительство, снизить вред окружающей среде и решить проблемы подвода транспортных коммуникаций к месторождениям нужно совершенствовать методы проектирования железных и автомобильных дорог. Это позволит не только на начальной стадии определить наиболее эффективный и экономически выгодный вариант разработки трассы, но выбрать оптимальные виды транспорта для вывоза угля с мест добычи.

Список литературы

1. Писаренко М.В. Угольная промышленность Кузбасса в период мирового финансового кризиса // Горнодобывающая промышленность. - №3 (85) май-июнь 2009.

2. Пономарев А. Кузбасс и Россия прирастут углем// Уголь Кузбасса. - 2012. http://www.uk42.ru/index.php?id=1725.

УДК 658:622.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫМ ТРАНСПОРТОМ НА ШАХТЕ «ОСИННИКОВСКАЯ»

Медведев Б.Н., Пелипецкий И.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

В экономике государства транспорт играет весьма важную роль, обеспечивая непрерывное перемещение предметов и средств труда, между производителями и потребителями и создавая условия для постоянного и ритмичного функционирования промышленного производства.

Промышленный транспорт имеет большое значение на предприятии.

Он участвует в процессе производства нового продукта труда, выполняя технологические перемещения внутри предприятий, а также осуществляет транспортные связи между предприятиями и магистральным транспортом по доставке сырья и вывозу готовой продукции.

Промышленный транспорт, с одной стороны, является неотъемлемой частью производства (внутренние технологические перевозки предприятий), а с другой — важнейшим звеном транспортной системы (внешние перевозки предприятия). В состав промышленного транспорта в качестве основных видов входят железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт. Кроме того, на предприятиях применяются и специальные виды транспорта: гидравлический, пневмоконтейнерный, пневматический, канатно-подвесной и др. Различные виды транспорта, используемые на технологических и внешних перевозках предприятий, функционируют в едином транспортном комплексе, взаимодействуя между собой в перевозочном процессе.

Важнейшей задачей обеспечения эффективного функционирования транспортного комплекса, а, следовательно, и предприятия в целом является четко налаженное управление перевозочным процессом.

Транспорту свойственны некоторые особенности:

– транспорт не производит новой вещественной продукции, а является продолжением процесса производства в пределах процесса обращения. Он не создает новую продукцию, а лишь перемещает уже созданную, увеличивая тем самым ее стоимость на величину транспортных издержек.

– продукция транспорта - перевозка грузов и пассажиров - неотделима от процесса транспортного производства. Ее нельзя накопить, создать ее запасы. Поэтому проблема резервов на транспорте состоит в создании не запасов продукции, а резервов пропускной и провозной способности.

– продукция транспорта не содержит сырья. В отличие от отраслей промышленности транспорт вовсе не потребляет сырья, зато использует огромное количество топлива, электроэнергии, стали, синтетического каучука, смазочных масел и других материалов.

– на транспортном рынке реализуется не товар в виде новой вещи, а сам производственный процесс транспортного комплекса. Следовательно, требования к эффективности и качеству работы транспортной системы относятся не только к его рыночной продукции, конечному результату транспортной деятельности, но и непосредственно к транспортному производственному процессу.

– количество труда, затрачиваемого на перевозку грузов, зависит не от их стоимости, а от веса и расстояния (без учета расходов на охрану грузов).

– доставка грузов от производителя к потребителю и пассажиров к их месту назначения возможна лишь в результате взаимодействия различных видов транспорта.

Поэтому были проведены исследования по изучению системы управления шахтным транспортом на шахте «Осинниковская».

Основными задачами, поставленными для достижения цели исследования, являются:

а) изучить подземный транспорт;

б) изучить транспорт на поверхности;

в) изучить транспорт людей;

г) разработать мероприятия по улучшению работы системы управления шахтным транспортом.

Филиал «Шахта «Осинниковская»УК ОАО «Южкузбассуголь» занимается добычей угля марки Ж.

Анализ финансово-хозяйственной деятельности филиала «Шахта «Осинниковская» показал, что невыполнение плана по добыче угля за последнее время на 468 тыс. т объясняется следующими основными причинами:

Причины невыполнения:

– перемонтаж комплекса;

– аварии из-за дефекта перегружателя ПСП-308/0,2 (решетаки) по вине завода-изготовителя;

– аварийность лавного привода А-34 (эл.двигатель верхней приводной станции, редуктор нижней приводной станции, рейка А-34 на секции 113), повышенный водоприток в лаву;

– работа лавы 1-1-5-6 бис в зоне влияния демонтированной ранее лавы 1-1-5-5, образование куполов в результате воздействия повышенного опорного давления на вентиляционного штрека 1-1-5-6 бис;

– переход лавой зоны неустойчивой кровли в районе сопряжения лавы с конвейерным штреком, высокой аварийности ГШО (лавного привода «Анжера-34») , ленточных конвейеров №8, №9, очистного комбайна KSW - 1140.

Как показывает, даже краткий анализ, много поломок происходит при эксплуатации шахтного транспорта.

В процессе анализа деятельности предприятия было отмечено, что на шахте очень высокий процесс износа и низкий процент обновления основных фондов. Особое внимание необходимо уделять обновлению оборудования на подземном транспорте.

В частности оборудование, машины и механизмы, используемые на шахте, имеют высокий физический и моральный износ. И если оборудование очистного и подготови-

тельных участков периодически обновляется, то оборудование, служащее для транспортировки угля по горным выработкам и подъема угля на поверхность практически не обновляется, а лишь подвергается частичному или капитальному ремонту.

Подземному транспорту присущ ряд характерных особенностей, отличающих его от прочих систем промышленного транспорта:

– стесненность рабочего пространства, где необходимо размещать и обеспечивать надежное функционирование средств транспорта. Стесненность рабочего пространства определяет требование к снижению габаритов горных транспортных машин, в частности, высоты става забойных скребковых конвейеров;

– разветвленность транспортных магистралей, изменяющих со временем свои параметры: длину, топологию и т.п. В результате многие шахтные транспортные средства не имеют постоянного места работы, расположение пунктов погрузки и разгрузки зачастую изменяется;

– многозвенность, которая определяется большой протяженностью, а также наличием горизонтальных и наклонных выработок, сопрягаемых между собой. Это приводит к необходимости в некоторых случаях иметь каскады последовательно установленных ленточных конвейеров, число которых может составлять до 10 и более. Иногда в многозвенных транспортных цепях применяют различные виды транспорта, например, локомотивный по горизонтальной и конвейерный по наклонной выработкам.

Многие характерные черты подземного транспорта определяют особенности окружающей шахтной среды: ее газообильность, влажность и химическая агрессивность. Так, газообильность определяет необходимость эксплуатации в системе шахтного транспорта машин специального рудничного исполнения: нормального (РН), повышенной надежности (РП) и взрывозащищенного (РВ).

Влажность и агрессивность шахтной среды определяют требования к антикоррозийным предохранительным покрытиям ответственных узлов горных транспортных машин.

Для современного шахтного транспорта характерна высокая неравномерность грузопотоков, поступающих на транспортные установки. Это отрицательно сказывается на технико-экономических показателях использования средств транспорта, т.к. они большую часть времени своей работы имеют существенную (в 2-4 раза) недозагрузку. Уменьшение влияния этого фактора на работу шахт и его транспорта достигается путем широкого внедрения аккумулирующих емкостей во всех транспортных звеньях.

Опыт работы на шахтах Кузбасса показывает, что этот сложный технологический процесс по перемещению грузов протекает эффективно, надежно и безопасно лишь в том случае, когда для транспортировки приняты современные высокопроизводительные машины. При этом широко применяются аккумулирующие (усредняющие) бункеры со средствами механизации погрузочно-разгрузочных и маневровых работ, На всех ветвях транспортной цепи функционируют средства автоматизации и дистанционного управления.

Транспорт на поверхности является связующим звеном внутреннего и внешнего транспорта шахты. Он выполняет функции приема и отправки грузов, формирующих прямой и обратный грузопотоки шахты, а также их перемещения в пределах предприятия.

Основной объем перевозок составляет поступающее из шахты полезное ископаемое, которое доставляется к средствам внешнего транспорта или к местам складирования. Одной важных характеристик горного предприятия, дающих представление о степени загруженности транспортных служб, является грузооборот предприятия.

Были проведены исследования грузопотоков характеризующих функционирование транспортных схем предприятия. Для нормального ведения горных работ необходимо существование двух встречных по направлению грузопотоков: прямого (или главного) и обратного (или вспомогательного).

Прямой грузопоток направлен от подготовительного или очистного забоя к стволу и включает следующие грузы: уголь (горную массу), породу, оборудование, подлежащее выдаче на поверхность, людей. Обратный грузопоток направлен от ствола к забоям и включает такие грузы, как: оборудование, подлежащее монтажу, крепежные, взрывчатые и прочие материалы, породу (для закладочных работ), людей.

Оба эти грузопотока могут обеспечиваться одними и теми же транспортными средствами или раздельными, однотипными или разными по своему типу. В некоторых случаях для того или иного грузопотока могут быть применены специальные транспортные машины.

Грузопотоки всех остальных грузов называют вспомогательными, а их транспорт - вспомогательным транспортом.

Характерной особенностью шахтных грузопотоков является их крайняя неравномерность**:** грузопотоки резко, в течение непродолжительных периодов времени, значительно изменяют свою величину. Так, формирование грузопотока угля из очистного забоя - основного грузопотока угольных шахт, происходит под влиянием множества горно-геологических, технических, технологических и организационных факторов, случайным образом влияющих на величину рассматриваемого грузопотока. Это определяет случайный характер его интенсивности - мгновенных значений грузопотока. Кроме того, процесс выемки угля - циклический процесс. Периоды непрерывного поступления угля из забоя чередуются с периодами отсутствия его поступления. Причем длительность этих периодов носит также случайный характер. Это является причинами неравномерности грузопотока основных параметров современных комплексов, применяемых в очистных и подготовительных забоях. Исходя из суточной производительности шахты принятой длины лавы, мощности пластов и технических характеристик принятых средств выемки, определяют количество очистных забоев. Устанавливают минутные, часовые, сменные и суточные грузопотоки угля из очистных забоев по участковым и магистральным горизонтальным и наклонным выработкам с пластов, крыльев и шахты.

Минутные, часовые, сменные и суточные грузопотоки от подготовительных забоев определяют по всем транспортным выработкам исходя из потребного количества подготовительных забоев, в соответствии с принятыми типовыми сечениями выработок, и планируемых темпов проходки.

При определении значений максимальных минутных грузопотоков, поступающих на конвейеры, учитывают места формирования первичных грузопотоков, наличие бункеров и их технологического назначения.

Среднесуточный грузопоток материалов и оборудования, доставляемый в подготовительный забой, составляет до 10 т, а при проходке выработок большого сечения и скоростными методами - более 10 т.

Формирование маршрутов определяется схемой транспортных средств и организационными факторами.

Объем пассажирских перевозок устанавливают отдельно для каждого маршрута. Пассажиропоток определяют по фактической расстановке трудящихся по местам работ в соответствии с действующими нормами численности. Для расчета перевозок людей пассажиропоток принимают по наиболее загруженной смене.

Для улучшения работы транспортной системы шахты «Осинниковская» предлагается комплекс мероприятий:

1) Внедрение более совершенной и производительной модели конвейеров марки «Continental». Данные конвейера имеют повышенную производительность, скорость транспортировки и увеличенную ширину ленточного полотна - 1400 мм. Применение «Continental» позволит также снизить потери при транспортировке угля, вследствие чего позволит избавиться от такой рабочей операции как «зачистка» конвейеров. Также будет

снижен износ роликов и больше времени можно будет использовать для планово-предупредительных ремонтов или же сократить численность людей на участках.

2) Внедрение современных 2-3 подвесных гидравлических локомотивов. Протяженность расстояния от ствола до лавы на шахте весьма значительная. Хотя для транспортировки людей и применяется подвесная монорельсовая дорога и подвесные гидравлические локомотивы, но количество их не позволяет транспортировку всей численности, а в ремонтную смену и при монтажно-демонтажных работах это особенно заметно. К тому же при неисправности хотя бы одного локомотива нет резерва на замещение. Поэтому предлагается приобрести дополнительно несколько подвесных гидравлических локомотивов (марки DLZ-210F).

3) Внедрение комплекса технических средств для повышения безопасности эксплуатации подъемных установок.

Комплекс технических средств, обеспечивающих безопасную эксплуатацию шахтных подъемных установок, предназначен для контроля наклона и натяжения канатов, срабатывания парашютных устройств, передачи и представления информации машинисту подъема.

Данный рассматриваемый комплекс выполняет следующие функции:

- контроль натяжения каната;
- контроль состояния и срабатывания парашютов;
- контроль состояния канала радиосвязи;
- контроль заряда аккумуляторного источника электропитания;
- диагностика технического состояния комплекса технических средств.

4) Модернизация клетевой и скиповой подъемных установок за счет применения на них роторных частотно-регулируемых электроприводов типа «ЭРАТОН-ФР».

Низкие энергетические показатели действующий электропривод имеет в режимах спуска/подъема людей на пониженной скорости 4 м/с и при осмотре ствола шахты на скорости 0,3 м/с из-за еще больших потерь электроэнергии в роторных сопротивлениях. С учетом этих режимов непроизводительные потери энергии в роторных сопротивлениях составляют около 50% потребляемой из сети электроэнергии.

Таким образом, используемый электропривод подъемной установки с роторными резисторно-контакторными станциями управления и динамическим торможением имеет низкие энергетические показатели. При разгоне, торможении и работе шахтной подъемной установки на пониженной скорости расходуется значительная электроэнергия, идущая на нагрев роторных сопротивлений типа ПРКС, нагрев электродвигателя и износ механических тормозов. Непроизводительно расходуемая электроэнергия повышает себестоимость продукции и снижает прибыль.

Кроме этого управление ШПУ осуществляется оператором в ручном режиме. Ручное управление ШПУ в комбинации с низкими управляющими свойствами используемого электропривода приводит к значительному снижению производительности подъемной установки.

Предлагается модернизировать ШПУ за счет применения высокоточного и энергоэффективного частотно-регулируемого электропривода (ЧРЭП) с преобразователями частоты типа «ЭРАТОН-ФР-800-950-520» производства ЗАО «ЭРАСИБ», которые устанавливаются между цепями ротора АД. ФР. и питающей сетью, взамен имеющихся роторных пусковых резисторно-контакторных станций (ПРКС) и станции динамического торможения (СДТ). При этом старая станция управления с ПРКС и СДТ остается в горячем резерве с целью повышения надежности ШПУ.

Между автоматизированной системой контроля и управления (АСКУ) установки и преобразователями частоты «ЭРАТОН-ФР» устанавливается контроллер связи с системой управления ШПУ, обеспечивающий обмен цифровой информацией и командами с автоматизированной системой управления и контроля подъемной установки (АСКУ ПУ).

ЧРЭП «ЭРАТОН-ФР» обеспечивает снижение потребления электроэнергии ШПУ по сравнению с электроприводом на базе ПРКС за счет снижения потребления электроэнергии в периоды разгона, замедления перед остановкой и при движении на ползучих скоростях при подходе к приемным площадкам.

Дополнительная экономия электроэнергии обеспечивается за счет рекуперативного торможения электропривода ШПУ с ЧРЭП «ЭРАТОН-ФР» в периоды равномерного движения сосудов при изменении знака концевого усилия с возвратом энергии с вала в сеть. Такие режимы возникают при подъеме клети с людьми из шахты, подъеме пустой клети из шахты и др.

Работа электропривода с минимальными потерями мощности в цепях ротора электродвигателей, а также возврат мощности с вала ШПМ в питающую сеть в режимах рекуперативного торможения за счет применения роторных преобразователей частоты «ЭРАТОН-ФР» обеспечивает высокую энергоэффективность электропривода ШПУ.

За счет формирования требуемой диаграммы скорости с плавным разгоном, регулированием и стабилизацией скорости, плавным замедлением и точной остановкой сосудов ШПУ ЧРЭП «ЭРАТОН-ФР» способен исключить проскакивания и удары клети, что продлит срок службы механизмов и снизит эксплуатационные затраты.

Применение роторного частотного электропривода типа «ЭРАТОН-ФР» позволит снизить потребление электроэнергии подъемной установкой на 50% и повысить производительность ШПУ на 10 - 12%.

5) Применение системы бесконтактной индуктивной связи типа «ЕСНО-Р»

Система связи типа «ЕСНО-Р» предназначена для обеспечения звуковой связи в подъемных установках шахт и рудников между рабочими, находящимися в движущемся сосуде и оператором подъемной машины.

Область применения системы – наземные помещения и подземные выработки шахт и рудников, в том числе опасные по газу (метану), пыли и внезапным выбросам в соответствии с «Едиными правилами безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом» ПБ 03-553-03 и «Правилами безопасности в угольных шахтах» ПБ 05-618-03.

Принцип действия системы основан на бесконтактной индуктивной связи по тяговым и несущим канатам шахтной подъемной установки. Разговорная и тональная сигнализация осуществляется по индуктивным дуплексным каналам связи. Основным условием работы системы ЕСНО является наличие замкнутого контура из канатов для протекания тока.

Передача сигнала осуществляется методом частотной модуляции.

Частотная модуляция (ЧМ) – модуляция, при которой несущая частота сигнала изменяется в соответствии с модулирующим колебанием.

Под барабаном ПМ установлена пара индукционных соединителей, таким образом, чтобы трос проходил через середину соединителей. Один индукционный соединитель работает на передачу данных, а другой на прием. Вторая пара соединителей установлена под стопором клети.

Система позволяет осуществлять:

– двунаправленную, дуплексную звуковую связь между оператором подъемной машины и рабочими, находящимися в движущемся сосуде;

– технологическую связь и сигнализацию при осмотрах и ремонтах стволов между осмотрщиком, находящимся на крыше клети или на противовесе, и машинистом подъемной установки;

– осуществление всех необходимых блокировок:

– замена нескольких старых конвейеров на новые конвейера марки «Continental» позволит снизить количество часов простоев оборудования по причине неисправности на 70%

– за счет снижения затрат времени на «зачистку» конвейеров и сохранения количества числа работающего персонала планируется увеличения рабочего времени и рабочей силы на проведения планово-предупредительных ремонтов. Вследствие чего планируется, снижение времени простоя оборудования на участке на 5%. Предполагается, что из-за снижения простоя оборудования добыча угля увеличится на 3 %.

Приобретение 3 гидравлических локомотивов марки DLZ-210F позволят снизить время монтажно-демонтажных работ в очистных забоях, а также будет снижена, либо полностью исключена, утомляемость рабочих вызванная необходимостью проходить большое расстояние (до 7 км) от ствола до рабочего места (очистного забоя, проходческих участков). Вследствие чего повысится производительность рабочего по добыче и проходке. Предполагается, что производительность рабочих очистного забоя повысится на 2 %.

Внедрение на клетевой и скиповой подъемных установках роторных частотно-регулируемых электроприводов типа «ЭРАТРОН-ФР», по заявлению производителя, позволит снизить потребление электроэнергии подъемных установок на 50% и повысить производительность на 10-12%.

Внедрение комплекса технических средств для повышения безопасности эксплуатации подъемных установок и система бесконтактной индуктивной связи «ЕСНО-Р» экономической выгоды предприятию не принесут, но нельзя забывать о безопасности производства. Имеющаяся и применяемая на шахтных подъемных клетевых установках система автоматизации морально и физически устарела. Новые системы помогут повысить уровень безопасности и комфорта рабочим и руководящему персоналу во время спуска и подъема по стволам шахты.

Таким образом, при внедрении мероприятий улучшаются существующие показатели на предприятии, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение фактических и проектных показателей шахты

Наименование показателей	Факт	Проект
Производительность шахты, тыс. т / год	1008,146	1072,68
Списочный состав работников ППП, чел	1353	1353
Среднесписочное число рабочих, чел	1125	1125
Капитальные затраты на техническое перевооружение, млн руб	-	180
То же - на 1 т годовой добычи, руб/т	-	167,80
Материальные затраты, руб/т	507,09	471,38
Затраты на оплату труда, руб/т	339,45	323,83
Отчисления на социальные нужды, руб/т	78,40	74,80
Амортизация основных фондов, руб/т	236,31	256,14
Прочие расходы, руб/т	166,39	160,51
Производственная себестоимость, руб/т	1327,64	1286,66
Внепроизводственные расходы, руб/т	0,25	0,24
Полная себестоимость, руб/т	1327,89	1286,9
Цена продукции, руб/т	2410	2410
Прибыль балансовая, тыс. руб	1090927	1204726
Рентабельность по себестоимости, %	81,48	87,27
Рентабельность основных фондов, %	71,04	71,10

В результате внедрения мероприятий увеличивается добыча угля, себестоимость 1 тонны угля снижается на 40,99 руб.

Рентабельность продукции увеличивается более чем на 5,5%.

Экономический эффект от мероприятий составит 113799 тыс. руб

УДК 621.31:622.23:378.147

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ» СТУДЕНТАМ-ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ

Пугачёва Э.Е.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Развитие высокотехнологичных производств и возрастающий объём потоков информации в современном обществе требуют наличия у выпускников высших учебных заведений таких качеств, как компетентность, творческая инициативность, самостоятельность мышления, ответственность за принимаемые решения, умение взаимодействовать с коллективом, желание и умение постоянно обучаться и пр.

Именно на формирование в студентах указанных качеств ориентированы новые рабочие программы вузов. Они основаны на применении интерактивных форм обучения как оптимальной методики для наработки этих качеств.

Новые тенденции в обучении направлены на переход от трансляции информации от преподавателя студентам, от накопления студентами баз знаний к формированию у обучающихся навыков использования знаний для решения конкретных задач, к раскрытию в них индивидуальных личностных особенностей, к наработке ими психологического состояния руководителя современного производства. Такой подход является в настоящее время приоритетом государственной политики в области образования.

Интерактивные формы обучения, такие как деловые игры, метод мозгового штурма, метод проектов, метод дискуссий и пр., направлены на создание в процессе обучения атмосферы творчества, самостоятельности, активности, ответственности, коллективности действий, самореализации студентов. Подобная атмосфера способствует вырабатыванию у обучающихся навыков интеллектуального труда, коллективного сотрудничества, устранению психологических барьеров, повышению личностной самооценки, пробуждает интерес к обучению, к активному восприятию учебной информации.

Специфика работы со студентами вечернего отделения состоит в том, что они имеют, как правило, опыт работы на промышленных предприятиях и зачастую настроены критично к ситуации, существующей в производственном процессе на их рабочих местах. Они не видят возможности её изменить в частности потому, что им не хватает качеств мышления руководителя, масштабного взгляда на процесс производства и осознания своих возможностей влиять на него. Поэтому в работе с этой категорией студентов требуется особый подход в подаче материала, направленный на изменение стереотипа мышления малозначащей фигуры и осознание себя как личности, способной реально улучшить организацию производственного процесса. То есть необходимо так организовать учебный процесс, чтобы дать студентам возможность наработать в себе качества руководителя современного производства, каким и является инженер.

Курс «Ресурсо- и энергосбережение» позволяет активировать у студентов как способность широко мыслить, охватывая проблему оптимального использования энергии и ресурсов в масштабах страны, планеты, перспектив развития человечества, так и способность разумно действовать в локальном масштабе своего рабочего места, организуя производственный процесс таким образом, чтобы правильно использовать ресурс, находящийся в его распоряжении.

С этой точки зрения очень хороший результат даёт использование такой методики, как написание студентами рефератов с последующим их прочтением и обсуждением в группе. Применение данной методики создаёт хорошую тренинговую ситуацию, которую можно рассматривать как форму интерактивного обучения студентов.

В качестве тем рефератов предлагаются спорные и неоднозначные вопросы, по поводу которых существуют различные точки зрения. Например, целесообразность использования возобновляемых источников энергии (солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, биотопливо и др.) в качестве альтернативных углю, нефти и газу, запасы которых ограничены, а процесс сжигания наносит вред экологии планеты. Или эффективность применения частотного регулирования электропривода с асинхронными двигателями в качестве основы энергосбережения, плюсы и минусы перехода от централизованной системы генерации электроэнергии к распределённой системе и др.

В процессе написания реферата студенты, прежде всего, определяют собственную точку зрения на выбранную тему, а затем подбирают материал, освещающий её. Следовательно, студент вынужден проработать большой объём информации и определить приоритеты в её подборе. Это как нельзя лучше формирует у него качество самостоятельности мышления и способности к восприятию и анализу массивных информационных потоков. Кроме того, оформление реферата требует оптимальным образом зафиксировать отобранный материал в компактной и ясной для восприятия форме, то есть даёт возможность тренировки в качественном изложении информации.

Следующим этапом является доклад по теме реферата. Он важен для наработки студентами умения говорить коротко и по существу, отвечать на возникающие вопросы, что является неотъемлемым качеством руководителя. Доклад также можно рассматривать как подготовку студентов к выступлению на защите дипломных проектов.

Важно мотивировать студентов к изложению собственного взгляда на предложенные темы, вывести их на активную жизненную позицию, заинтересовать в участии в общем деле. Для этого можно предложить группе дискуссию по каждому выступлению.

Целью организации дискуссии является обучение студентов аргументированному высказыванию своего мнения и эффективному взаимодействию с оппонентами. Важно вести процесс дискуссии так, чтобы её участники получили опыт именно аргументирования, а не отстаивания своей точки зрения, что нередко бывает при организации производственного процесса и создаёт конфликтные ситуации, которые являются серьёзным тормозящим фактором в развитии. Важно также научить участников дискуссии умению слушать и использовать противоречивую информацию либо для усиления собственной позиции, либо для её корректировки. Надо дать понять студентам, что оппоненты являются необходимым фактором для развития их мышления и умения вырабатывать оптимальную стратегию действий.

По сути, дискуссия отфильтровывает слабые позиции и выделяет сильные. Также в процессе дискуссии формируются важные социальные навыки общения, базирующиеся на взаимоуважении. Это даёт человеку возможность для самовыражения и расширения своих представлений о мире, о существующих в нём различных взглядах на одну и ту же проблему. Такой род дискуссии учит студентов аргументировать и корректировать собственную позицию в интересах общего дела. По ходу дискуссии преподаватель включается в те моменты, когда может дать информацию, систематизирующую всё сказанное, или предложить идею альтернативного характера. Это даёт преподавателю возможность направлять обсуждение в русло, наиболее эффективное для всех участников с точки зрения взаимообучения. Так создаётся активная творческая среда, в которой растормаживаются блоки, мешающие восприятию новой конструктивной информации, и студенты максимально активизируют свои потенциальные способности к обучению.

Не менее важный опыт получает преподаватель. Он выявляет и активизирует индивидуальные особенности мышления студентов при работе с информацией, что в дальнейшем помогает более эффективно выстроить процесс преподавания с точки зрения индивидуального подхода к обучению. Например, один студент мыслит и подаёт информацию легко и точно, другой склонен к глубокому системному анализу темы, третий силён в по-

иске новой неожиданной информации, взрывающей привычные представления, четвёртый добросовестно, в деталях прорабатывает вопрос и т.п.

Выделяя и развивая эти особенности, выводя мышление студентов на новый уровень, преподаватель раскрывает в обучающихся новое видение себя и своих возможностей как руководителей производства. Это позволяет им осознанно и максимально эффективно использовать свои индивидуальные качества в производственной деятельности.

В процессе дискуссии интересно ввести эти качества студентов во взаимодействие, создать атмосферу коллективного мышления, рождения новых идей, где становится очевидной важность каждого человека как части целого.

Такое направление решает сразу несколько важных задач обучения. Организуется обучающий процесс, который развивает в студентах качества руководителей и организаторов производства, а именно: способность к системному анализу существующей производственной ситуации, мобильность и гибкость мышления, необходимую для принятия быстрых и точных решений, умение взаимодействовать с людьми. Кроме того, расширяется кругозор студентов, а это в свою очередь стимулирует их восприимчивость к большим потокам информации и способность к систематизации этой информации, что рождает масштабность взгляда на задачи производства в инфраструктуре страны и формирует стратегическое мышление, необходимое современному руководителю.

СЕКЦИЯ «БЕЗОПАСНОСТЬ ДОБЫЧИ УГЛЯ И ШАХТНОГО МЕТАНА, ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕПРОДУКТОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ»

УДК 622.86:622.33:338.28

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

[1]Домрачев А.Н., [2]Лукин К.Д., [3]Лукин М.К.
1 - Новокузнецкий филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия
3 - ФГБОУ ВПО МГГУ, г. Москва, Россия

Одними из наиболее показательных вероятностных методов анализа и оценки риска являются байесовский метод и метод Монте-Карло [1,2]. В зарубежной практике при оценке риска использование сетей Байеса расширяется вследствие их интуитивной понятности и доступности компьютерных средств реализации [2,3]. В отличии от классической [1], Байесовская статистика не предполагает, что все параметры распределения фиксированы, но напротив, что все эти параметры – случайные величины. Сеть Байеса (рис. 1) формируется выполнением следующих шагов [2]:

-определение системы переменных;

-определение обычных связей между переменными;

-указание условных и предварительных вероятностей;

-построение сети;

-определение результата комбинированием предварительной информации и имеющихся вероятностей.

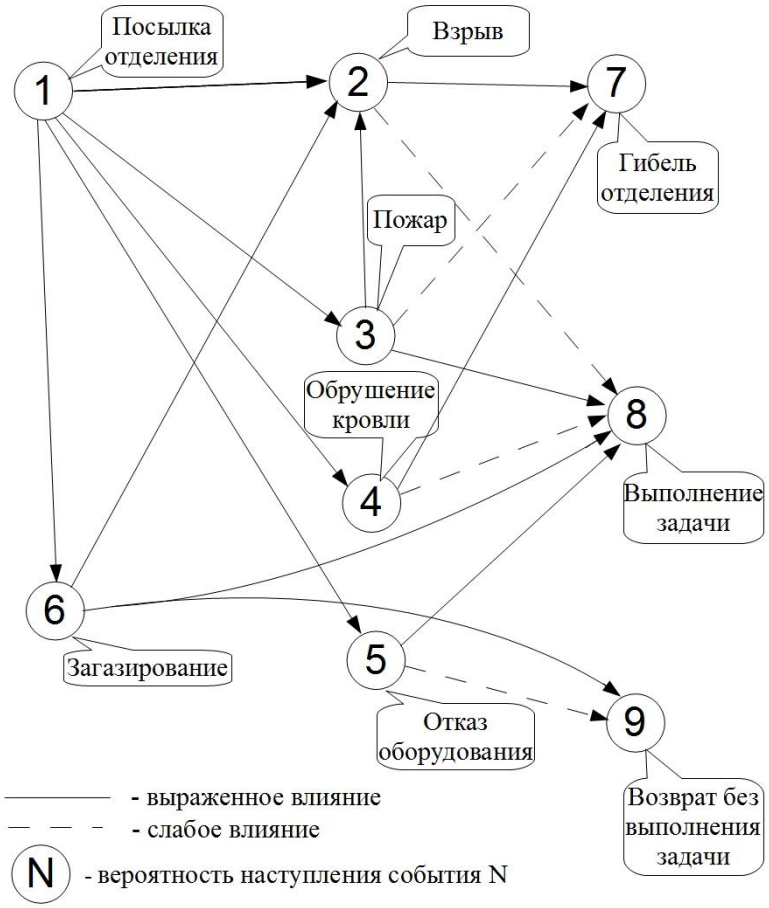


Рис 1. Графическая модель переменных и их вероятностных отношений при анализе риска ведения аварийно-спасательных работ

Важным элементом реализации сети Байеса является определение значений вероятностей анализируемых событий. Так вероятности взрыва пылеметановоздушной смеси (ПМВС), пожара или загазирования могут быть определены согласно закону пуассоновского распределения по формуле (1)

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где λ - среднее число событий за единицу времени (частота); k - прогнозируемое число наступлений события; t продолжительность прогноза.

При известных вероятностях взрыва ПМВС, пожара и др. условная вероятность поражения спасателей оценивается с использованием соответствующей пробит-функции согласно [1,4]. На основании имеющихся статистических данных разработана таблица Байеса для оценки риска аварийно-спасательных работ (АСР) на горных предприятиях, выполняемых в течение года (табл. 1).

Таблица 1

Байесовская таблица оценки риска при ведении АСР

События	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	$P_{12}\|P_{27}$	$P_{12} \mid \overline{P}_{27}$	0
3	0	$P_{13}\|P_{32}$	0	0	0	0	$P_{13} \mid \overline{P}_{32} \mid P_{37}$	$P_{13} \mid \overline{P}_{32} \mid P_{38}$	0
4	0	0	0	0	0	0	$P_{14}\|P_{47}$	$P_{14} \mid \overline{P}_{47}$	0
5	0	0	0	0	0	0	0	$P_{15}\|P_{58}$	$P_{15} \mid \overline{P}_{58}$
6	0	$P_{16}\|P_{62}$	0	0	0	0	0	$P_{16} \mid \overline{P}_{62} \mid P_{18}$	$P_{16} \mid \overline{P}_{62} \mid \overline{P}_{18}$

При формировании табл. 1 установлено, что для определения вероятностей P_{32} (взрыв при развитии пожара) и $\overline{P}_{32}$ (нормализация проветривания), P_{47} (гибель отделения при обрушении кровли) и $\overline{P}_{47}$ (продолжение выполнения задачи после обрушения кровли), P_{62} (взрыв МВС после загазирования) и $\overline{P}_{62}$ (нормализация проветривания и продолжение выполнения задачи), P_{69} (возврат при нарастании концентрации взрывчатой смеси газов) не существует стандартных методов, и их значения необходимо определять экспертно. В соответствии с алгоритмом, предложенным в [2], выполняется процедура корректировки вероятностей исходов тех или иных рисковых событий, результаты которой приведены в табл. 2.

Таким образом, уточнение вероятности успешного выполнения АСР в течение года составило всего 4,65%.

Согласно [2] метод Монте-Карло является эффективным в тех случаях, когда исследуемые системы слишком сложны для использования аналитических методов. Метод позволяет определить средние значения вероятностей состояний системы в широком диапазоне возможных вариантов развития ситуации. Чаще всего результатами являются относительные частоты значений вероятностей состояния системы в определенном диапазоне выходов, которые используются для численного анализа и оценки риска. Исходными данными для реализации метода Монте-Карло являются модель системы, включающая информацию о типах выходов, а также источниках и параметрах неопределенности. Неопределенность реализуется в виде набора случайных переменных, подчиняющихся соответствующему закону распределения (чаще всего равномерному, нормальному или логнормальному).

Таблица 2

Байесовская таблица корректировки оценки риска при ведении АСР

	Вероятности Prior					Posterior (уточненные)
	определяющего события	поражения (абсолютная)	поражения (условная)	успеха (абсолютная)	успеха (условная)	
Взрыв	0,090484	0,207087	0,018738	0,79291	0,07175	0,07558
Пожар	0,063832	0,456434	0,029135	0,54357	0,03470	0,03655
Загазирование	0,029113	0,010000	0,000291	0,99000	0,02882	0,03036
Отказ оборудования	0,00010	0,00000	0,000000	1,00000	0,00010	0,00011
Обрушение кровли	0,01	0,25	0,002500	0,75000	0,00750	0,00790
Штатные АСР	0,81	0,000010	0,000008	1	0,81	0,84951
ИТОГО	1		0,05067		0,94933	1,00000

Вероятности событий, для которых известны частоты, определены согласно пуассоновскому распределению (1). Для розыгрыша переходов использован линейный конгруэнтный генератор экспоненциального распределения со стандартными параметрами, результаты моделирования сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты оценки риска при ведении АСР с использованием метода Монте-Карло

Число моделирований		2900
№	исход	относительная частота (вероятность)
1	ШТАТНОЕ ЗАВЕРШЕНИЕ АСР	0,8813793
2	Отказ респиратора (при неопределенном исходе*)	0,0000000
3	Обрушение кровли (при неопределенном исходе*)	0,0331034
4	Блокирование (при неопределенном исходе*)	0,0137931
5	Загазирование	0,0717241
6	Взрыв ПМВС	
7	Пожар+взрыв пожарных газов	
8	ЦЕЛЬ АСР НЕ ДОСТИГНУТА	

*- под неопределенным исходом понимается ситуация, когда моделирование завершилось рисковым событием без оценки вероятности гибели или травмирования горноспасателей

При пересчете с расчетными вероятностями гибели (недостижения цели АСР) при блокировании прохода и обрушении кровли общая вероятность того, что цель АСР не будет достигнута, составляет 0,08841 (т.е вероятность успешного выполнения АСР составит 0,91159). При этом теоретическая вероятность (с учетом уточнения на основе сети Байеса) составила 0,94933 (расхождение 3,97%).

Таким образом, обе рассмотренные методики могут использоваться в качестве методологической основы для разработки методики анализа и оценки риска при ведении аварийно-спасательных работ на горных предприятиях. Недостатком методов следует считать отсутствие пробит-функций для определения ряда вероятностей, что требует реализации более сложного экспертно-вероятностного подхода.

Список литературы

1. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д.Вишняков, Н.Н. Радаев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 368 с.

2. INTERNATIONAL STANDARD IEC/FDIS 31010 Risk management — Risk assessment techniques. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sherq.org/31000.pdf

3. Тулупьев А.Л., Николенко С.И., Сироткин А.В. Байесовские сети: Логико-вероятностный подход/ А.Л. Тулупьев, С.И. Николенко, А.В. Сироткин. – СПб.: Наука, 2006. – 607 с.

4. Methods of approximation and determination of human vulnerability for offshore major accident hazard assessment [Электронный ресурс], - URL: www.hse.gov.uk/.../spctecosd30.pdf

УДК 622.142.5

ВИДЫ ОПАСНЫХ ЗОН ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

[1]Лазаревич Т. И., [1]Власенко Ю. Н., [2]Рогова Т. Б.
1 - Кемеровское Представительство ВНИМИ
2 – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет»
г. Кемерово, Россия

Современное развитие угольного производства сопровождается постоянным усложнением горно-геологических условий, вызванным ростом глубин ведения горных работ, увеличением горного давления, вовлечением в разработку пластов, склонных к горным ударам и внезапным выбросам, к самовозгоранию, опасным по прорыву воды и. т. д.

Кроме общей повышенной опасности, при ведении горных работ на отдельных участках возникают особо опасные ситуации – опасные зоны. Известно, что опасная зона это участок недр, в пределах которого при ведении горных работ требуется осуществлять дополнительные меры безопасности, предусматриваемые, как правило, специальными проектами [1].

Эффективная деятельность угледобывающего предприятия в таких условиях требует строгого применения специальных методов и средств ведения горных работ и внедрения систем контроля, обеспечивающих их правильность и безопасность.

На стадии проектирования шахты или ее реконструкции установление границ опасных зон и разработка мероприятий по безопасному ведению горных работ в них должны осуществляться проектной организацией и утверждаться в составе проектной документации. В процессе ведения горных работ проектные решения по установлению перечня и границ опасных зон, а также мероприятия по безопасному ведению горных работ в этих зонах, подлежат обязательному уточнению.

Если же опасная зона выявлена уже в процессе эксплуатации месторождения, дополнительные меры безопасности должны быть предусмотрены проектом мероприятий на безопасное ведение горных работ в опасной зоне, разрабатываемым предприятием. До составления проекта мероприятий горные работы должны быть остановлены.

Таким образом, одним из обязательных требований по обеспечению безопасности ведения горных работ в опасной зоне является своевременное ее выявление для принятия решений по приведению участка недр в безопасное состояние.

В настоящее время действующим нормативным документом, регламентирующим основные требования к безопасному ведению горных работ в опасных зонах, является «Положение…» [1].

При подземной разработке угольных месторождений (п. 1.2 «Положения…» [1]) принято выделять следующие виды опасных зон (рис. 1):

– зоны, обусловленные геологическими факторами;

– зоны, обусловленные горнотехническими факторами;

– зоны, опасные по прорыву воды;

– зоны, возникающие под воздействием геомеханических процессов.

Ниже приведены результаты обобщения исследований, проведенных Кемеровским Представительством ВНИМИ, в рамках анализа горно-геологических условий добычи угля на шахтах Кузбасса.

Рис. 1. Виды опасных зон по требованиям «Положения…» [1]

В результате исследований предложено конкретизировать виды опасных зон с учетом методики построения их границ. В соответствии с этим к опасным зонам у геологических нарушений следует относить участки пластов у разрывных нарушений, осей складок, в местах аномального изменения морфологии пласта, а также у выходов пластов под наносы, где в зоне выветрелых пород резко снижается устойчивость кровли выработок (рис. 2). *(Курсивом здесь и далее выделяются предлагаемые новые виды опасных зон)*

Рис. 2. Опасные зоны у геологических нарушений

Исследованиями Кемеровского Представительства ВНИМИ установлено, что каждое разрывное нарушение, исходя из механизма его образования, сопровождается зоной интенсивного дробления пород, прилегающей непосредственно к плоскости сместителя,

и зоной повышенной трещиноватости пород, которая распространяется по нормали в обе стороны от плоскости сместителя на некоторое расстояние.

Зона интенсивного дробления пород образуется в момент разрыва массива пород под действием тектонических сил и дальнейшего сдвижения разорванных блоков друг относительно друга. С точки зрения горно-геологических факторов, оказывающих влияние на ведение горных работ вблизи разрывного нарушения, зонам интенсивного дробления пород вдоль тектонических нарушений предложено дать определение «зона тектонического влияния» – *b*. Указанная зона характеризуется сильно перемятыми породами с «зеркалами» и «шрамами» скольжения и плоскостями притирания, керн из скважин раздроблен, куски пород различной формы, как правило, слабо связаны между собой и по физико-механическим свойствам приближены к свойствам сыпучих слежавшихся пород. Для разрывных нарушений с амплитудами более мощности пласта в каждом крыле – $b = 2{,}5\sqrt{N}$ [3]. При построении границ опасной зоны у разрывных нарушений на пластах, склонных к горным ударам ее ширина определяется из выражения $d = 0{,}5l$.

Зоны повышенной трещиноватости сопровождают каждое разрывное нарушение и, с точки зрения опасности прорыва воды и газа по ним, являются «опасными зонами» – *d*. Ширина зон *d* определяется в соответствии с п.1.15 Инструкции [4], согласно которой при слабой обводненности сместителя нарушения ширину опасной зоны в висячем и лежачем крыльях дизъюнктива принимают равной 20 м и отстраивают от ближайшей поверхности зоны перемятых пород. Ближайшей поверхностью зоны перемятых пород является граница зоны влияния *b*. При повышенной обводненности нарушений опасные зоны устанавливают в соответствии с требованиями п.1.4 Инструкции [4].

Границы зон тектонического влияния *b* и повышенной трещиноватости *d* отстраиваются на вертикальных разрезах по нормали к плоскости сместителя.

Необходимость выделения в отдельную категорию опасной зоны в замках антиклиналей и синклиналей обусловлена резким увеличением степени эндогенной трещиноватости по мере приближении горной выработки к приосевой части и связанными с ней осложнениями процессов проведения выработок и ведения очистных работ. Зона трещиноватых пород ориентирована вдоль оси складки и образуется в результате деформирования слоев пород и пластов угля под действием тангенциальных сил со стороны активных в тектоническом отношении областей.

Ведение горных работ зачастую сопровождается внезапным обрушением пород кровли, деформированием крепи, увеличением водопритока по трещинам из кровли и боков выработок. Примером может служить авария, происшедшая на шахте им. В. И. Ленина при проведении горизонтального квершлага. При приближении забоя квершлага к пласту III, осложненному флексурообразным изгибом, произошло резкое обрушение пород кровли на протяжении 10 м, в результате чего 12 горняков оказались изолированными в тупике выработки. Другим примером может служить проведение уклона №64-бис по пласту Инскому-3 на шахте «Октябрьская». При пересечении уклоном осевой части Ленинской синклинали в бортах выработки появились открытые трещины эндогенного происхождения, о чем свидетельствовал кальцитовой налет на стенках трещин, из которых в выработку стала поступать вода. По мере проведения выработки водоприток увеличивался и, при достижении 15 м^3/ч на забой, выработка была остановлена и временно изолирована.

Ширина опасной зоны для синклинальных (b_c) и антиклинальных (b_a) складок определяется в зависимости от величины внутреннего угла складки β, измеренного в радианах:

$$b_c = 126 - 41\beta \text{ и } b_a = 92 - 30\beta,$$

где $20 \le \beta \le 130^\circ$ ($0{,}3 \le \beta \le 2{,}4$ радиана).

При ведении горных работ на удароопасных пластах Кузнецкого бассейна ширину опасной зоны в каждом крыле замка синклинальной (b_c) или антиклинальной (b_a) складки рекомендуется определять по формулам [3]:

$$b_c = 75 - 30\beta \text{ и } b_a = 50 - 20\beta .$$

Явное снижение размеров опасной зоны при ведении горных работ на пластах, склонных к горным ударам, в сравнении с неудароопасными пластами, объясняется последующим увеличением ее ширины на часть зоны опорного давления (b+0,5l или b+0,7l).

Опыт ведения горных работ показывает, что на глубинах 50–60 м (реже до 100 м) от земной поверхности, в зонах окисления и выветривания коренных пород значительно затруднена проходка подземных выработок, а ведение очистных работ практически невозможно. Горные работы сопровождаются обрушениями и вывалами пород кровли, деформациями крепи, образованием куполов; осложняются увеличенными водопритоками, капежом воды из кровли и повышенным увлажнением породного массива.

Например, на шахте «Октябрьская», при подготовке лавы № 344 пласта Красноорловского произошло обрушение пород кровли с образованием купола высотой более 10 м и нарушением крепи на верхнем сопряжении вентиляционного штрека и монтажной камеры. Сопряжение было пройдено вблизи границы безопасного ведения горных работ под наносами, которая была установлена на глубину 18 м от поверхности коренных пород.

На шахте «Кыргайская» при выводе механизированного комплекса DBT в демонтажную камеру лавы 42-11 пласта Кыргайского-42, расположенную выше границы зоны выветривания, произошло задавливание выработки породами кровли. Зона окисленных и выветрелых пород была установлена на глубину 50 м от поверхности. Упрочнение пород смолами, выкладывание «костров» оказались малоэффективны, в результате был упущен купол и произошел «завал» комплекса, с образованием 55-метрового провала на поверхности.

На шахте «Первомайская» в зоне выветрелых пород из-за частого обрушения и высыпания кровли было затруднено проведение вентиляционного штрека № 720 пласта XXVII и при достижении длины выработки более 200 м безопасное поддержание ее стало невозможно. В результате выработка брошена и изолирована.

Пространственное положение границы безопасного ведения горных работ вблизи выходов пластов угля под наносы определяется следующими факторами:

– степенью экзогенного воздействия на массив внешних природных факторов (окисления);

– глубиной зоны выветривания угольных пластов и вмещающих пород;

– мощностью покрывающих коренные породы четвертичных отложений (наносов).

В настоящее время единая отраслевая методика обоснования безопасной глубины ведения горных работ вблизи выходов пластов угля под наносы отсутствует. Опасная зона устанавливается для каждого конкретного случая, исходя из результатов анализа горно-геологических условий залегания массива, полученных в процессе проведения геологоразведочных и горно-эксплуатационных работ, с использованием, при возможности, прямых измерений в выработках, а также имеющегося на шахтах опыта ведения очистных и горнопроходческих работ под наносами.

Изучение зон распространения выветрелых пород и окисленных углей с увеличением глубины проводилось Кемеровским Представительством ВНИМИ на шахте «Талдинская-Южная» при проходке центрального путевого ствола по пласту 48. С целью определения прочностных свойств угля и пород кровли поинтервально были отобраны пробы по равномерно размещенным по стволу пикетам. Коэффициент крепости угля определялся по методу толчения проф. М. М. Протодьяконова прибором ПОК. Установлено, что крепость угля закономерно увеличивается с f=0,8 на глубине 17 м до f=2,4 на глубине 80 м, где стабилизируется (при мощности наносов от 15 до 20 м). Следует отме-

тить, что по результатам изучения керновых проб при бурении геологоразведочных скважин мощность зоны выветрелых пород (от поверхности коренных пород) изменяется от 30 м в долинах рек и логов до 40 м на водоразделах. Мощность наносов изменяется от 15 м в долинах до 40 м на водоразделах.

Прочностные свойства пород кровли определялось прибором БУ-39 по 57 пробам. По результатам проведенных испытаний выявлено, что увеличение предела прочности при одноосном сжатии алевролитов в кровле пласта 48 происходит от 23 МПа (минимальное) до 37–40 МПа на глубине 80 м от поверхности, далее с глубиной – стабилизируется.

Кроме этого в конвейерном штреке 48-2, пройденном вдоль выхода пласта 48 под наносы на глубине от 70 до 160 м проведена оценка геомеханического состояния пласта и его кровли с помощью геофизической аппаратуры АЭШ-1. Принцип данной оценки основан на зависимости изменения электропроводности горных пород от величины горного давления и от степени расслоения и трещиноватости массива. В ходе зондирования, выполняемого через один метр, выделен участок выработки с интенсивной трещиноватостью пород кровли. Зона трещиноватости явно прослеживается на расстояние 7–12 м от штрека и распространяется вглубь массива. Данная зона распространена в интервале глубин 60–80 м от поверхности и, несомненно, связана с неустойчивыми и ослабленными породами, подвергшимися экзогенному выветриванию.

Изучение вопроса о пространственном положении границы безопасного ведения горных работ вблизи выходов пластов угля под наносы проводилось и на шахте «Анжерская-Южная» (опытно-эксплуатационный участок – блок № 2), которая осуществляет свою деятельность в горно-геологических условиях, характерных для северного Кузбасса. Для установления прочностных свойств угля и пород кровли, по граничным значениям которых можно определить нижнюю границу зоны экзогенного выветривания, были отобраны пробы угля и породы из пласта XXVII в вентиляционном штреке 7-2-1 и конвейерном штреке 7-2-1. Мощность рыхлых отложений на шахтном поле составляет в среднем от 5 м в долинах рек и ручьев до 30 м на водоразделах. Определение прочностных свойств алевролитов непосредственной кровли пласта выполнялось на установке БУ-39. Всего из 2-х штреков было отобрано 60 проб. Из анализа полученных проб следует, что прочность пород одного литотипа на одноосное сжатие изменяется от 29 МПа на глубине 43 м до 55 МПа на глубине 60 м от поверхности и далее стабилизируется, что свидетельствует о распространении коры выветривания коренных пород на глубину 20 м при мощности наносов 40 м.

С целью установления глубины воздействия процессов экзогенного выветривания углепородного массива в горно-геологических условиях, характерных для центрального Кузбасса, примером могут служить проведенные исследования по пласту Грамотеинскому-II шахты «Листвяжная». Оценка электропроводности горных пород, с помощью которой были выделены зоны повышенной трещиноватости угля и пород кровли, производилась зондированием из монтажной камеры 1303, вентиляционного и конвейерного штреков 1303, разрезной печи с помощью аппаратуры АЭШ-1. Зондирование в выработках выполнялось поинтервально через 1 метр на глубину в массив 12 м. В результате проведенных исследований были сделаны выводы о возможной безопасной эксплуатации выработок и безаварийного ведения очистных работ с глубины 80 м от поверхности (при мощности наносов 30 м).

При проведении подготовительных выработок в массиве выветрелых пород применение анкерной крепи запрещается, но допускается крепление их рамной или бетонной (железобетонной) крепью. Ведение очистных работ в опасной зоне вблизи выходов пластов угля под наносы допустимо только при наличии специально разработанных мероприятий. Следовательно, для зон окисленных и выветрелых пород требуется выделение отдельного вида опасных зон.

Опасные зоны, возникающие под воздействием геомеханических процессов, включают участки особоопасные по горным ударам, внезапным выбросам угля, породы и газа, а также участки повышенного горного давления от целиков или краевых частей.

Согласно требованиям пп. 1.10, 2.1, «Инструкции…» [3] проектирование новых предприятий и новых участков или горизонтов действующих предприятий осуществляется с учетом результатов геодинамического районирования, включающего выделение тектонически напряженных зон и склонных к динамике участков угольных пластов.

Опыт ведения горных работ шахтах Кузбасса («Конюхтинская», «Талдинская-Южная», «Листвяжная», «Красноярская» и ряде других) свидетельствует о том, что в выделенных в результате районирования геодинамических зонах наблюдаются структурные изменения состояния угольного массива, что вызывает ослабление устойчивости краевых частей пласта и его кровли, активизацию блоковых обрушений основной и непосредственной кровли в залавном пространстве, повышенные водопритоки в забоях, возрастание давления на крепь выработок (особенно при подходе забоя лавы), наличие кустовых скоплений малоамплитудных разрывов и др.

Следовательно, для обеспечения безопасных условий работы в геодинамических зонах необходима разработка дополнительных мер по приведению их в безопасное состояние. Такие зоны необходимо рассматривать как опасные и выделять как отдельный новый вид опасных зон (рис. 3).

.

Рис. 3. Опасные зоны, обусловленные геомеханическими и геодинамическими процессами

Таким образом, полученные Кемеровским Представительством ВНИМИ в последние годы новые знания о процессах, происходящих в горно-геологической среде при добыче угля, позволяют рекомендовать дополнить действующую классификацию видов опасных зон при подземной разработке угольных месторождений следующими видами: опасные геодинамические участки, опасные зоны в приосевых частях складок, опасные зоны у выходов пластов под наносы.

Предлагаемое развитие системы классификации опасных зон в сочетании с регламентом ведения горных работ в них позволит повысить уровень решения вопросов промышленной безопасности на шахтах и организовать объективный контроль исполнения обязательных мероприятий.

Список литературы

1. Положение о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах. – СПб. : ВНИМИ, 1994. – 28 с.

2. Единая методика прогнозирования горно-геологических условий разработки угольных пластов. – Л. : ВНИМИ, 1982. – 30 с.

3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам : РД 05-328-99 : утв. постановлением Госгортехнадзора России 29.11.99 № 87: ввод в действие с 01.10.2000. – 115 с.

4. Инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок. – утв. протоколом Госгортехнадзора России 30.05.95 № 10 – 32 с.

УДК 622.882:628.33

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО СЛОЯ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ

Зеньков И.В.
Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука»
Красноярский научный центр СО РАН,
г. Красноярск, Россия

На территории горнопромышленных регионов (Кузбасс, Красноярский край, Иркутская область и др.) нередкими являются ситуации, когда при рекультивации породных отвалов, углесодержащих шахтных терриконик, свалок под промышленными и твердыми бытовыми отходами отсутствует продуктивный почвенный слой в необходимом объеме. В центральных урбанизированных районах Красноярского края реализуется направление рекультивации свалок промышленных и бытовых отходов путем вертикальной планировки земельных участков под свалками с применением золошлаковых материалов, образуемых в больших количествах при генерации электрической и тепловой энергии на тепловых станциях при сжигании бурых углей.

Это направление реализовано на территории ЗАТО г. Зеленогорска, где имеется много стихийных свалок, в том числе размещены отходы лесопиления и деревообработки в период с 1960 по 2005 гг. в промышленном районе ЗАТО. В то же время для ОАО «Красноярская ГРЭС-2» на этой же территории актуальной является проблема разгрузки золошлакового отвала, поскольку его объем не может быть увеличен путем роста его в высоту. Решение этих проблем удалось осуществить в ходе взаимодействия бизнеса с органами государственного управления.

Согласно данным свидетельств радиационного качества, золошлаковые отходы, образующиеся на «Красноярской ГРЭС-2» при сжигании углей с разреза «Бородинский», соответствует нормативным требованиям норм радиационной безопасности НРБ-99 для строительных материалов. По совокупности показателей образующаяся зола (V класс опасности) соответствует радиационному качеству, как сырье для производства строительных материалов.

В отдельную проблему выделен весьма важный вопрос об источнике суглинков и почвенного слоя для рекультивации земельного участка под промышленными отходами после его вертикальной планировки золошлаковыми отходами. В ходе его решения разработаны технология и организация работ по формированию рекультивационного слоя, обладающего большой биологической продуктивностью.

Также было установлено то, что природный ландшафт участка, прилегающего к свалке, весьма серьезно нарушен карьерной выемкой, в восточном от нее направлении. Рельеф представлен чередованием небольших по площади и неглубоких котлованов, образованных при добыче общераспространенных полезных ископаемых в период с 1960 по 2000 гг. Вполне естественным и нормальным с позиции экологии считается формирование целостной ландшафтной архитектуры на территории свалки и карьерной выемки. Перекрыть элементы вертикальной планировки необходимо почвенным слоем. Так было принято решение о формировании почвенного слоя в объеме, необходимом для качественной рекультивации ландшафта. Отработать породные перемычки между выемками было предложено с параллельной углубкой на 2-3 м с целью получения нужного объема рекульти-

вационного почвенного слоя. В геологическом строении участка, на котором расположена карьерная выемка, принимали участие следующие четвертичные отложения (сверху вниз): плодородный слой почвы мощностью 0,4-0,6 м; потенциально плодородные породы мощностью 0,8-1,2 м; супесь, суглинки, суглинок с включением щебенки мощностью 3-5 м.

В общем виде научно-практическая задача формирования продуктивного почвенного слоя и прогнозирования его качественных показателей решается в увязке с отсыпкой породных отвалов (золошлаковых отходов).

Вертикальная отсыпка породного (золошлкового) отвала выполняется в три этапа, поэтому технологию формирования продуктивного почвенного слоя целесообразно увязать с работами по его отсыпке.

На первом этапе бульдозер снимает плодородный слой почвы (ПСП) – на рис. 1 это слой П и формирует бурт высотой 2-3 м. Потенциально плодородные породы (ППП1) совместно с суглинками, обозначенными как С1, вынимаются гидравлическим экскаватором и отсыпаются автосамосвалами непосредственно на поверхность и откосы создаваемого ландшафта в качестве планирующего слоя. Почвенные слои П1, П2 и ППП2 совместно вынимаются экскаватором и укладываются непосредственно на суглинки слоем мощностью 0,8 м. Отвал из положения А перемещают в положение В, засыпая при этом часть карьерной выемки, которая образуется в результате формирования почвенного слоя. Далее почвенные слои П3, П4 и ПП3 вынимают для размещения их на горизонтальной поверхности ландшафта на участке АВ. Часть этого объема размещают во временном складе – бурте ПСП.

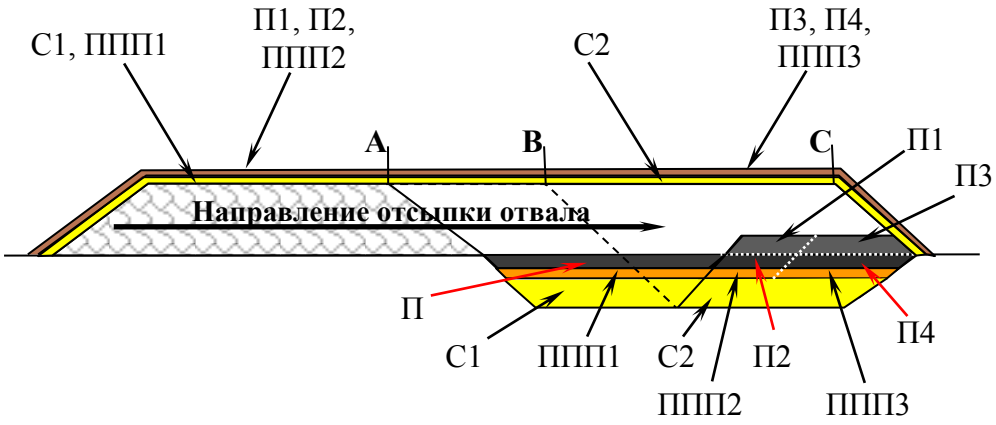


Рис. 1. Схема формирования почвенного слоя в рекультивации техногенных ландшафтов

На втором этапе отвал из положения В перемещают в положение С. Параллельно с этим производят выемку суглинков С2, наносят их на поверхность отвала, разравнивают бульдозером. После этого бульдозером перемещают ПСП из временного склада – бурта, расположенного на отрезке АВ.

Техногенный ландшафт формируют в виде насыпи высотой 8-10 м, элементы которой подлежат рекультивации. При этом почвенный слой, обладающий высокой продуктивностью, формируют в неглубокой пионерной карьерной выемке. Разработанная технология формирования почвенного слоя была использована в 2010-11 гг. при рекультивации свалки промышленных отходов в ЗАТО г. Зеленогорска. Схема производства работ по рекультивации свалки укрупненно показана на рис. 2.

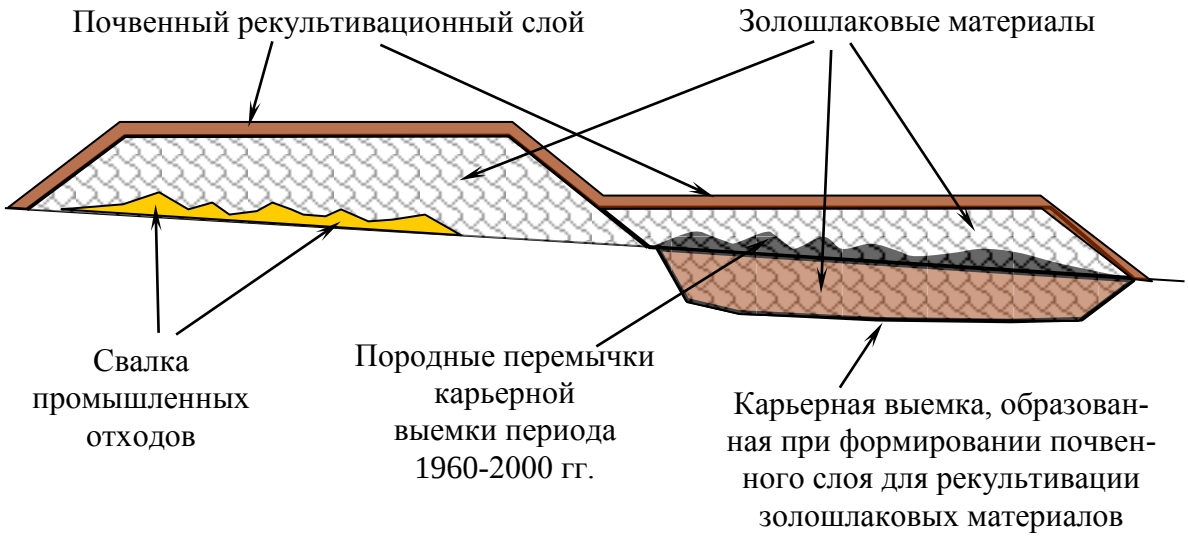


Рис. 2. Схема вертикальной планировки и рекультивации земельных участков под свалкой отходов и карьерной выемкой

Комплектация основных технологических процессов горнотранспортным оборудованием представлена в табл. 1.

Таблица 1

Комплектация спецтехникой технологических процессов формирования почвенной смеси для рекультивации поверхностей антропогенных ландшафтов

Наименование оборудования	Количество оборудования, ед.		
	выемка и транспортировка породы (ЗШО)	вертикальная планировка	выемка и нанесение почвенного слоя
Гидравлический экскаватор типа «обратная лопата» ЕК-300; 400	2	1	1-2
Автосамосвал МАЗ 5516, г/п 20-25 т	8-10	-	3-10
Бульдозер Б-10М (Т-170)	1	1	1

Разработанная технология формирования почвенного слоя может быть использована с индивидуальной адаптацией в рекультивации породных отвалов, угольных терриконов, стихийных свалок промышленных и бытовых отходов в районах с добычей угля открытым и подземным способом, масштабной генерацией электрической и тепловой энергии при сжигании бурых и каменных углей.

УДК 622.831.322

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ СРЕДСТВАМИ МОНИТОРИНГА ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА

Шадрин А.В., Дегтярева М.В., Бирева Ю.А.
ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет»
г. Кемерово, Россия

Газодинамические явления (ГДЯ) на угольных шахтах и, в частности, наиболее сложные из них – внезапные выбросы угля и газа опасны своими катастрофическими по-

следствиями. Так, внезапные выбросы, происшедшие на шахтах «Первомайская» в 1995 г., «№12» в 1997 г., «Красногорская» в 2000 г., «Коксовая» и «Абашевская» в 2001 г., сопровождались гибелью 24 человек и большим материальным и моральным ущербом.

В Кузбассе, основном угольном регионе России, в настоящее время 27 шахт отрабатывают пласты с мероприятиями по прогнозу и предотвращению внезапных выбросов угля и газа. Большинство противовыбросных мероприятий, которые включают в себя прогноз выбросоопасности, а в опасных зонах - способы борьбы с внезапными выбросами угля и газа и контроль их эффективности, к настоящему времени не обеспечены методами автоматизированного контроля.

Так, например, в Кузбассе наиболее широко применяется метод текущего прогноза выбросоопасности по структуре пласта и начальной скорости газовыделения при бурении контрольных шпуров. Метод продолжителен и трудоемок, что сдерживает темпы ведения подготовительных выработок и не позволяет использовать его в очистных.

То же относится к способам борьбы с внезапными выбросами и контролю эффективности их применения. Применение их либо отсутствует, либо осуществляется по устаревшим методикам, либо с помощью приборов, неадекватно оценивающих характер воздействия на горный массив. Так, например, способы противовыбросной гидрообработки пласта различаются интенсивностью развития трещин, а контролируются по давлению нагнетания, устанавливаемому в зависимости от веса вышележащих пород, без учета большого числа параметров, определяющих условия развития трещин и фильтрации жидкости в уголь. В результате гидрообработка пласта часто бывает недостаточно эффективной и в настоящее время для предотвращения ГДЯ не применяется.

Следует отметить также, что применяемый в настоящее время метод прогноза «по шпуру» продолжителен и поэтому, как правило, применяется в ремонтную смену. При прогнозе «не опасно» разрешается проходка на глубину 4 м до выполнения следующего цикла прогноза. Однако высокие скорости проведения подготовительных выработок современным оборудованием (более 10 м в сутки) требуют выполнения нескольких циклов прогноза за сутки. Поскольку это существенно снижает темпы ведения работ, на практике вопреки нормативным документам часто ограничиваются одним циклом прогноза в сутки и работают за пределами разведанной зоны, несмотря на опасность развязывания ГДЯ.

Анализ свидетельствует, что ниже критической глубины действительно выбросоопасные зоны составляют менее 5% суммарной протяженности проводимых подготовительных выработок. Достаточно редкая регистрация реально выбросоопасных зон снижает производственную дисциплину службы прогноза и предотвращения газодинамических явлений, что в конечном итоге приводит к авариям с тяжелыми последствиями. Обусловленный возможной тяжестью последствий выброса достаточно высокий «запас надежности» упрощенного метода прогноза по структуре пласта и начальной скорости газовыделения из контрольных шпуров приводит к дополнительному большому объему работ по выполнению способов борьбы с выбросами. Это сопровождается ростом дополнительных финансовых затрат. Так, например, осуществление такого нашедшего широкое применение способа борьбы с ГДЯ, как бурение разгрузочных скважин, сопровождается увеличением стоимости проходки примерно на 30%.

В очистных выработках на шахтах Кузбасса прогноз выбросоопасности вообще не ведется, т.к. на достигнутых глубинах выбросы в них происходили редко, а прогноз «по шпуру» неприменим из-за большой продолжительности. Если же с увеличением глубины ведения горных работ выбросы начнут проявляться и в очистных выработках, (происшедшее 10 апреля 2004 г. на шахте «Тайжина» обрушение пород с повышенным газовыделением, сопровождавшееся взрывом метана и угольной пыли и приведшее к гибели 47 человек, подтверждает эту тенденцию), то методов и средств их текущего прогноза, адаптированных для условий Кузбасса, кроме как методом контроля газовыделения в выра-

ботку с помощью аппаратуры контроля метана, характеризующимся завышенным «запасом надежности», нет.

За рубежом (в частности, в Украине) для автоматизированного прогноза ГДЯ широко применяется метод акустической эмиссии (АЭ). Однако достоверность прогноза этим методом недостаточна. Его применение обусловлено отсутствием на сегодняшний день более надежного метода прогноза, особенно в лавах. Но поскольку метод АЭ не мешает ведению горных работ и позволяет анализировать ситуацию по всей длине очистной выработки, разработчики продолжают искать более надежные критерии выбросоопасности данного метода, нежели аномальное увеличение «шумности» пласта.

Известен также метод прогноза по концентрации метана в атмосфере выработки вблизи опасного по выбросам забоя. Однако этот метод также показал низкую надежность прогноза вследствие того, что он контролирует преимущественно лишь один фактор выбросоопасности – газовый. Этим обусловлена необходимость большого «запаса надежности» при установлении критического значения показателя прогноза, чтобы не допустить ошибку первого рода – внезапный выброс.

Разрабатывался также в 90-е годы прошлого века метод прогноза по температуре забоя или газа в шпуре. Метод предназначен преимущественно для оценки газового фактора выбросоопасности. Однако он не доведен до стадии внедрения.

На шахтах Донбасса нашел применение метод прогноза по амплитудно-частотным характеристикам пласта, (другое название метода - спектрально-акустический). Сущность метода заключается в том, что анализируется спектральный состав шумов, излученных в горный массив режущим органом горного оборудования (комбайна, струга, буровой штанги, отбойного молотка) и прошедших через контролируемую призабойную зону. Экспериментальные работы на шахтах Украины и ряде шахт Кузбасса, а также выполненные нами аналитические исследования показали, что с увеличением действующих на призабойное пространство напряжений уменьшается коэффициент затухания акустических колебаний, причем для высоких частот это уменьшение проявляется гораздо сильнее чем для низких. Поэтому при увеличении показателя, определенного в форме отношения высокочастотных составляющих шумов к низкочастотным, делается вывод об увеличении напряжений, действующих в контролируемой зоне горного массива, и, следовательно, о возможности проявления газодинамического явления. Однако этот метод, также как и описанные выше методы автоматизированного прогноза выбросоопасности, контролирует всего один фактор выбросоопасности, в данном случае - напряженное состояние.

Помимо Кузбасса, проблема мониторинга отработки выбросоопасных угольных пластов с целью обеспечения выбрособезопасности остро стоит в Печерском угольном бассейне и на шахтах Ростовской области – в России, на шахтах Украины, Казахстана, Австралии, ЮАР и ряда других государств.

Поскольку в Кузбассе методы автоматизированного прогноза ГДЯ не применяются, необходимо разрабатывать и начать внедрять способы и средства прогноза, основанные на применении новых информационных технологий получения и обработки информации о состоянии горного массива, не мешающие ведению горных работ.

Нам представляется, что эту работу могло бы осуществлять малое инновационное предприятие, специализирующееся на разработке и внедрении такого оборудования и методик его применения, обучении шахтовых работников эксплуатации средств и методик, выполнению метрологического сопровождения оборудования и ремонтных работ.

Для выполнения этого проекта в Кемеровском государственном университете имеется научный задел, заключающийся в аналитическом обосновании применения для прогноза внезапных выбросов (и других типов ГДЯ) комплексного метода, включающего спектрально-акустический метод контроля напряженного состояния горного массива, газоаналитический метод контроля газового фактора выбросоопасности - по концентрации метана в атмосфере выработки, а также учет прочности наиболее перемятой пачки угля

прочностномером конструкции ИГД им. А.А. Скочинского [1, 2]. Метод защищен тремя патентами РФ. Осуществлены также работы по составлению блок-схемы системы автоматизированного мониторинга выбросоопасности и моделированию отдельных узлов устройства с помощью электронной системы моделирования радиотехнических устройств «Electronics workbench».

Запланированы работы по завершению разработки системы автоматизированного контроля основных параметров, определяющих устойчивость горного массива: газового фактора проявления ГДЯ и напряженного состояния массива. Предполагается оснастить систему блоками регистрации АЭ, что необходимо для контроля интенсивности развития трещин под действием нагнетаемой в пласт воды. Таким образом, система позволит осуществлять автоматизированный мониторинг всего комплекса мероприятий по обеспечению выбрособезопасности и предотвращения других видов ГДЯ, включающего текущий прогноз опасности проявления ГДЯ, управление параметрами профилактической гидрообработки угольных пластов и контроль эффективности выполненных мероприятий. Дополнительно можно было бы реализовать метод дифференцированного прогноза различных типов ГДЯ [1].

Список литературы

1. Шадрин А.В. Автоматизированный дифференцированный прогноз различных типов газодинамических явлений в угольных шахтах / А.В. Шадрин, А.О. Чугулев // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2010, №2. – С. 45-60.

2. Шадрин А.В. Акустический двухчастотный метод контроля напряженного состояния горного массива / А.В. Шадрин, М.В. Дектярева // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013, №1.2 (в печати).

УДК 624.012.41

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ – ВАЖНАЯ ЗАДАЧА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Лобков С.В., Варламова Л.Н., Миллер О.В.
ЗАО «НИИЦ КузНИУИ»
г. Прокопьевск, Россия

Здания и сооружения в угольной и горнорудной промышленности, согласно Федеральному закону №116 [1], идентифицированные как опасные производственные объекты (ОПО), подлежат экспертизе промышленной безопасности.

Основное количество зданий и сооружений, действующих в настоящее время, построены с 1960 по 1985 гг. с использованием унифицированных сборных железобетонных и стальных несущих и ограждающих конструкций. Хотя по причине отказа строительных конструкций серьезных аварий в последние годы не произошло, это не должно успокаивать руководство угольных шахт, разрезов и фабрик, так как уровень безопасности этих конструкций быстро снижается, и по некоторым конструкциям уже подошел к опасной черте. Это связано с физическим износом материалов конструкций, повреждениями их при ремонтах оборудования и другими причинами.

Анализ причин аварий подтверждает, что они происходят, как правило, от неблагоприятного сочетания нескольких факторов. Причины появления и степень влияния их на надежность эксплуатации различна, но повреждения от их сочетания могут создать

аварийную ситуацию на объектах со сроками эксплуатации 30-40 лет. На основании нашего опыта обследования зданий и сооружений приводим некоторые из наиболее существенных причин, снижающих надежность и долговечность строительных конструкций:

Отсутствие в проектной документации мероприятий по обеспечению расчетной долговечности конструкций, равной для капитальных зданий 50-60 годам. Эти вопросы в нормах проектирования (СНиПах) находились, как бы, «за кадром». Считалось, что если конструкции запроектированы по нормам проектирования, то долговечность их уже обеспечена в течение расчетного срока эксплуатации здания. Из-за игнорирования проблем долговечности оказалось, что целый ряд конструкций и узлов уже через 20-30 лет начинает терять работоспособность от коррозионных повреждений арматуры в железобетонных конструкциях и элементов стальных конструкций. Причем, степень повреждений такова, что требует срочного усиления или замены конструкций. Характерным примером такого досрочного выхода из строя железобетонных конструкций является сильная коррозия рабочей арматуры, где защитный слой бетона за 20-30 лет эксплуатации полностью карбонизирован. Из этого следует, что уже на стадии проекта предусмотрены строительные конструкции с различной долговечностью и эта долговечность гораздо ниже расчетной долговечности зданий и сооружений.

Другими причинами, снижающими надежность конструкций, являются грубые ошибки, допускаемые на всех стадиях строительства объекта, так называемый «человеческий фактор». По результатам анализа многочисленных аварий промышленных зданий показано, что они на 50-70 % происходят из-за некомпетентности или халатности исполнителей и контролирующих работников. Эти ошибки, как правило, не отражаются в исполнительной документации и могут быть выявлены только при проведении комплекса работ по экспертизе промышленной безопасности зданий и сооружений квалифицированными экспертами. При обследованиях ОПО выявляется большое количество ошибок, допущенных при проектировании, изготовлении и монтаже. Ошибки фиксируются во многих конструкциях и узлах. Причем, некоторые из них создают аварийную ситуацию даже без учета других нарушений. Например, в здании гаража РПП-1 Куранахской ЗИФ Алданского района, пос. Нижний – Куранах в ходе экспертизы была выявлена ошибка, допущенная при строительстве: отсутствие деформационного шва, вследствие чего образовались прогрессирующие трещины в каменной кладке.

Отмечена сильная коррозия анкерных болтов в узлах металлических каркасов зданий. Серьезное влияние на надежность и долговечность строительных конструкций зданий и сооружений оказывает уровень их технического обслуживания. Следует отметить, что в последние 10–15 лет обслуживание объектов производилось в условиях недостаточного финансирования. В это время практически не производились обследования, резко снизились объемы и качество ремонтно-восстановительных работ. В результате, отмечается рост числа аварийных конструкций и узлов, развитие дефектов которых произошло из-за несвоевременных ремонтов. Такое состояние строительных конструкций на ОПО во многом объясняется отсутствием или некачественным выполнением работ по техническому обслуживанию, согласно статье 36 [4].

Известно, что степень риска отказа строительных конструкций возрастает с увеличением количества повреждений. Из этого следует, что безопасная эксплуатация может быть обеспечена при снижении количества повреждений. Сами же повреждения и степень их опасности могут быть выявлены в процессе экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений. И при этом основное внимание должно уделяться выявлению грубых ошибок, которые приводят к отказам строительных конструкций с тяжелыми последствиями. Дефекты, которые вовремя не устранили, могут ухудшить нормальные условия эксплуатации (нарушить температурно-влажностный режим помещений, снизить звукоизоляцию ограждающих конструкций, повысить эксплуатационные расходы по зданию), снизить несущую способность конструкций, сократить их долговечность, привести к ча-

стичному разрушению или аварии здания. Дефекты, вызванные внешними воздействиями, обычно называют повреждениями конструкций. Все дефекты строительных конструкций, за исключением вызванных стихийными бедствиями, можно объяснить отсутствием надзора со стороны инженерно-технического персонала проектных, строительных и эксплутационных организаций, невысокой квалификацией исполнителей.

По многим объектам обследования технического состояния строительных конструкций производились 15-20 лет назад. Обследование ОПО по истечению нормативных сроков эксплуатации должны проводиться не реже 1 раз в 5 лет, согласно РД 22-01-97 [5]. Такая организация регулярных обследований позволит повысить уровень промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений, идентифицированных как опасные производственные объекты, является сложной технической проблемой, которая требует от экспертных организаций выявления слабых мест, подлежащих срочному ремонту или усилению конструкций. По окончанию экспертизы опасных производственных объектов эксперты, как высококвалифицированные специалисты, выдают заключение с мероприятиями по усилению строительных конструкций и рекомендациями по дальнейшей безопасной эксплуатации объекта. К сожалению, заказчики – руководители ОПО, часто игнорируют это и продолжают эксплуатировать здания и сооружения без надлежащего ремонта, приводя тем самым здания и сооружения в аварийное состояние. Примеры:

- в надшахтном здании породоуглубочного ствола ООО «Шахта Зиминка» в г. Прокопьевске вовремя не выполненные мероприятия по ремонту кладки привели к обрушению карниза, к счастью, при этом никто не пострадал;

- в здании производственной котельной ООО «Шахта Коксовая» в г. Прокопьевске в ходе экспертизы выявлено сильное разрушение плит покрытия (пробитые отверстия без усиления, оголение и коррозия арматуры, разрыв и деформация арматуры). Мероприятия по обеспечению условий безопасной эксплуатации здания с 2006 года так и не были выполнены заказчиком, к чему это в дальнейшем приведет, можно только догадываться;

- в здании центральной котельной Куранахской ЗИФ Алданского района, пос. Нижний – Куранах в раздевалке в металлических балках перекрытия обнаружена недопустимая сквозная коррозия. К счастью, руководители вовремя отреагировали и оградили людей от опасности, балки были усилены, никто не пострадал.

При выполнении регламентных работ по экспертизе промышленной безопасности зданий и сооружений может быть выявлено около 90% факторов риска методом диагностики строительных конструкций с привлечением высококвалифицированных экспертов.

Накопленный опыт, детальный анализ и изучение негативных явлений нашими экспертами позволяет своевременно предупредить появление дефектов и, тем самым, продлить срок службы сооружения и снизить эксплуатационные расходы. Как ни странно, но заказчиков в тендерах больше интересует цена, чем качество проведенных работ по экспертизе промышленной безопасности на ОПО.

Руководители ОПО должны быть в первую очередь заинтересованы в безопасности и защищенности людей, работающих на опасных производственных объектах, а это, напрямую, зависит от качественно выполненных работ по экспертизе промышленной безопасности. Качество – залог надежности, а качественно выполненная работа всегда оценивалась дорого.

Список литературы

1.Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов. Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ, в ред. от 04.03.2013 г. № 22-ФЗ.

2. Методические рекомендации по осуществлению идентификации опасных производственных объектов (РД 03-616-03).Серия 03. Выпуск 41 / Колл. авт. - М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.

3. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций/ А.В. Перельмутер Киев:УкрПСК, 2000 г.

4. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ.

5. Методические указания по проведению экспертных обследований шахтных подъемных установок (РД 03-422–01).Серия 03. Выпуск 5 / Колл. авт. – М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2001.

УДК 622.864

О КАЧЕСТВЕ ЭКСПЕРТИЗЫ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1]Журавлев Р.П., [1]Демидов В.И., [1]Лобков С.В., [2]Гуртенко П.И.
1 - ЗАО «НИИЦ КузНИУИ» г. Прокопьевск, Россия
2 – ООО «Спецгидравлика» г. Новосибирск, Россия

По принятому в первом чтении проекту изменения закона «О безопасности» № 116-ФЗ в части проведения экспертиз внесены следующие основные изменения: процедура утверждения экспертных заключений по промышленной безопасности заменяется на процедуру учета с ведением их реестра; устанавливается правовой статус эксперта – это должностное лицо, несущее административную ответственность; помимо административной ответственности предполагается уголовная ответственность «за дачу заведомо ложного заключения» с наказанием штрафом до 200 тысяч рублей или лишением свободы от 5 до 7 лет [1].

Отсутствует точное понятие «заведомо ложная экспертиза» и кто несет ответственность - эксперт или организация, экспертов на сложных объектах работает несколько. Кроме того, эксперт не несет ответственности за устранение нарушений. Полную ответственность за промышленную безопасность в соответствии с законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» несет предприятие, эксплуатирующее объект, и выбор компетентного эксперта - его право, а контроль за обеспечением безопасности возложен на Ростехнадзор. Экспертные организации малочисленны, страховые обязательства не могут компенсировать ущерб предприятия вследствие аварии. Регулирование системы экспертизы промышленной безопасности по-прежнему предусматривается лицензионное. И, хотя, проектом закона предусматривается отмена процедуры утверждения экспертных заключений и повышается ответственность экспертов (экспертных организаций) вплоть до уголовной, положение с улучшением качества экспертиз не изменится. Экспертные демпинговые организации, имеющие экспертов по совместительству, без собственной измерительной и нормативной базы, не испугает ответственность. Оформлять экспертные заключения без обследования они научились.

С возрастанием ответственности и повышением требований по качеству к экспертным заключениям, возрастут и проблемы экспертных организаций. Основными являются: кадровые; инструментально-измерительная база; нормативные и методические; организационные, экономические.

Высококвалифицированный кадровый состав является основой экспертной организации. Причем, во всех звеньях ее структуры. Надежность эксперта может быть обеспечена уровнем образования, постоянным повышением квалификации, освоением смежных

специальностей (технолога, механика, специалиста НК, знание основ конструирования, процессов производства продукции машиностроения, технологии открытых, подземных горных работ и переработки сырья в угольной и горнорудной промышленности), подбором кадров, освоением научно-исследовательских навыков. Уровень образования горных специалистов не учитывает современные требования к горным инженерам широкого профиля. Экспертные организации вынуждены создавать свою дорогостоящую систему подготовки кадров [2]. Высокие дополнительные расходы приходятся не только на подготовку специалистов, но и попытку их заинтересовать и удержать. По трудовому законодательству зарплату можно увеличить и практически трудно снизить, а поступление денег за услуги нестабильны. Следовательно, устанавливается заработная плата по возможности низкой, со сложной премиальной системой. Социальных льгот – официальных нет, награды правительственные не предусмотрены. Ведомственные награды с льготами представляются в основном только организациям с численностью от 500 и более человек. Льготы из чистой прибыли предприятия (беспроцентная ссуда, оплата учебы, выплата кредита в счет зарплаты, денежные премии и ценные подарки, оплата юбилеев, праздников и т.д.), тоже облагаются социальным налогом и приходиться их ограничивать.

Инструментально-измерительная база для экспертных организаций по горным и горно-перерабатывающим предприятиям помимо основных метрологических требований должна соответствовать и требованиям эксплуатации во взрывоопасных и пожароопасных средах, а также в условиях повышенного пылеобразования и влажности, перепада температур, ударных воздействий. Серийного исполнения измерительных и испытательных средств выпускается ограниченное количество, заказывать проектирование и изготовление таких средств в индивидуальном исполнении дорого, приходиться разрабатывать и изготавливать самим.

Накопилось большое количество противоречащих нормативных документов, связанных с изменениями статуса Ростехнадзора, Федеральных законов о безопасности и техрегулировании. Технические требования в настоящее время не учитывают изменения горнотехнических и горно-геологических условий, газообильности, применения новых материалов и технологий изготовления.

Выполнение работ по экспертизе и испытаниям невозможно представить без программ и методик. А, так как, никто не финансирует выполнение методических работ, то экспертная организация должна разрабатывать, согласовывать и утверждать их неизвестно с кем и у кого, да еще за это и заплатить. Создается замкнутый круг – надо, но никто не делает. В предполагаемом законопроекте отсутствуют нормы, регулирующие ответственность по ряду разработок методик с использованием современных методов обследования. Решение данного вопроса возможно только в саморегулируемых организациях, созданных в соответствии с Федеральным законом № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях». В системах регулирования лицензированием и аккредитацией вопросы методического обеспечения для реальных условий эксплуатации объекта решить практически невозможно.

Организационные вопросы в структуре экспертной организации полностью решаются системой менеджмента (управления) качеством – это обязательное требование для всех экспертных организаций. Сложными остаются организационные вопросы с клиентами. В первую очередь, неправдоподобно затянутые сроки подписания договоров. Много времени занимает оформление допуска на объект, предоставление необходимой документации, устранение выявленных замечаний, утверждение заключений в Ростехнадзоре.

Все вышеуказанные проблемы, в принципе, могут быть решены в рамках саморегулируемых организаций под правительственным контролем. Такие организации уже созданы, создан Союз саморегулируемых организаций для проведения экспертиз и испытаний на опасных производственных объектах. В рамках Союза создана сеть подготовки и квалификации экспертов, аккредитации специализированных лабораторий, инспекцион-

ного контроля. Материальная ответственность экспертов обеспечивается мощным страховым фондом. За каждого эксперта отвечает экспертная организация вместе с саморегулируемой организацией, членом которой она является. Установить, кто является ответственным за заведомо ложную экспертизу при наличии системы менеджмента качества, несложно.

Но вся система может рухнуть по весьма простой причине – экономической. В настоящее время практикуется тендерная закупка услуг экспертной организации. При этом стартовая цена ниже себестоимости услуг и снижается с ростом инфляции, ссылаясь на кризис. Приоритет отдается только минимальной цене и независимо от качества.

Для проведения экспертиз необходима предоплата, так как резервного капитала у продавца услуг нет. Предоплата заказчиками отвергается. Заказчиком услуг навязывается схема полной оплаты через 3-4 месяца после подписания акта приемки-сдачи работ (компании Евразхолдинг, СУЭК, Мечел и др.). Кредиторская задолженность заказчиков ежегодно достигает до 20% стоимости договорных работ. В судебном иске ежегодно не менее десятка предприятий. Иск в лучшем случае востребуется через год-два, в худшем вынуждены списать, выполнение договорных обязательств государством не регулируется. Вложив большие деньги в подготовку эксперта, удержать его в экспертной организации трудно.

Таким образом, из анализа можно сделать следующие выводы:

1. Экспертная организация с высоким качеством экспертиз не нужна ни предпринимателям горного машиностроения, горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, ни государству.

2. Экспертиза промышленной безопасности нужна работникам - горнякам, которые в ущерб своему здоровью в любом случае дают прибыль собственнику. Более того, при сдельной системе оплаты труда они сами выводят из строя системы защиты от аварийных ситуаций, мешающих им зарабатывать лишний рубль, а заодно увеличивать прибыль работодателю, исчисляемую миллионами.

3. Установка нормированной фиксируемой зарплаты, независимой от простоев из-за нарушения промышленной безопасности, заставит обратить внимание работодателя на промышленную безопасность.

4. На государственном уровне нетрудно установить льготы малым предприятиям в системе промышленной безопасности, ликвидировать дополнительные налоги с прибыли для вознаграждения сотрудников, запретить проведение тендеров на услуги в области промышленной безопасности, предоставить льготные кредиты на приобретение базового оборудования. Неотложны проблемы восстановления горной науки и образования, перевод экспертных организаций на саморегулирование, введение в обязательном порядке предоплаты за услуги и законодательное обязательство выполнения договорных обязательств с оплатой услуг в течение 20 банковских дней, ускорение процесса судопроизводства арбитражных исков и их реализации.

Список литературы

1. Федеральный закон о внесении изменений в отдельные части проведения экспертизы промышленной безопасности и уточнение отдельных полномочий органов государственного надзора при производстве по делам об административных правонарушениях //http://asozd.duma.gov.ru/main.nsf/(Spravka)?OpenAgent&RN=213183-6.

2. Журавлев Р.П., Лобков С.В. Организация качественного выполнения экспертных работ на горных предприятиях// Безопасность труда в промышленности. 2011. - К10. С. 28-31.

УДК 622.83

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ АКТИВИЗАЦИЙ НА ШАХТАХ КУЗБАССА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ НЕДР

Панин С.Ф.
Кемеровское Представительство ВНИМИ
г. Кемерово, Россия

Кузбасс является сейсмоактивной зоной. За более чем 100-летний период освоения природных ресурсов Кузбасса на его территории произошло более 100 природных землетрясений с магнитудой 2 и выше. В последние годы характер проявления сейсмических событий все чаще приобретает разнообразные формы, проявляя признаки зависимости от интенсивности и масштабов проведения горных работ.

Одной из наиболее опасных форм проявления сейсмических событий являются сейсмические активизации, представляющие собой роевые потоковые сейсмические явления низкого энергетического класса, проявляющиеся на малых глубинах в форме чередующихся подземных толчков с достаточно высокой сотрясаемостью земной поверхности. Воздействие последних на массив горных пород, как в зоне влияния горных работ, так и за ее пределами приводит к повреждениям жилых и производственных объектов шахтерских городов.

Наиболее характерными примерами таких активизаций являются активизации, выявленные в г. Полысаево, г. Осинники и пос. Разведчик. Достаточно отметить, что начавшись на локальном участке территории г. Полысаево, сейсмическая активизация к концу 2007 г. охватила практически Ленинский и Беловский районы, причем ряд произошедших в этот период событий были зарегистрированы, как землетрясения с магнитудой 3,0 сейсмологическими сетями Кемерово, Новосибирска, Красноярска, Казахстана. Ранее, в 2005 г., аналогичное «разрастание» зоны сейсмической активизации наблюдалось от г. Осинники до окрестностей гг. Калтан, Мыски Новокузнецк, с магнитудой до 3,0.

Своеобразие сейсмической активности в этих зонах заключается в том, что эта активность повсеместно проявлялась в форме «роевых» потоков микроземлетрясений, приуроченных к районам угольных месторождений, разрабатываемых на больших глубинах в условиях высоких природных напряжений. При этом, события, в силу малости глубин гипоцентров (до 1-5 км), характеризовались высокой сотрясаемостью земной поверхности и представляли фактическую угрозу жизнедеятельности населения.

В этой связи, вопросы, касающиеся обеспечения безопасности населения, проживающего в зонах сейсмических активизаций, потребовало организации контроля за развитием происходящих в недрах сейсмических процессов и детального изучения условий, способствующих их зарождения и развитию.

Не менее важными стали вопросы взаимосвязи между сейсмической активизацией и характером динамических проявлений на угольных шахтах, в том числе причинно-следственной связи между сейсмическими событиями и технологией ведения подготовительных и вскрывающих выработок в угольных шахтах, приуроченных к сейсмоактивной зоне. Безусловно, важным остается вопрос влияния проводимых вблизи шахт промышленных взрывов на карьерах (их негативное либо профилактическое воздействие на сейсмоактивность вмещающей геологической среды).

На практике, задачи по исследованию сейсмической активизации и, следовательно, оценка сейсмической опасности, связанной с подобными активизациями, на угольных предприятиях Кузбасса до настоящего времени не рассматривались и масштабные исследования, направленные на изучение природы подобного рода активизаций не проводились. Несколько непродолжительных серий сейсмологических наблюдений на проблем-

ных территориях Кузбасса выполнила Геофизическая служба СОРАН (АСФ ГС СО РАН, г. Новосибирск). Однако, эти временные серии наблюдений не позволили решить основные вопросы, касающиеся природы и механизма происходящих сейсмических явлений, а главное, выяснить, на сколько опасна сейсмическая активизация, и как долго она может продлиться.

По инициативе ВНИМИ в Кузбассе в рамках целевой региональной программы «Сейсмобезопасность территории Кемеровской области», в 2005 г. была создана региональная инженерная сейсмологическая сеть, существенно повысившая разрешающую способность сейсмологических систем и возможность решения отдельных задач геодинамической безопасности недр в масштабах региона. Однако, разрешающей способности этой сети оказалось недостаточно для решения задач локального контроля сейсмических процессов, происходящих на территориях отдельных шахтных полей и месторождений.

В этой связи, потребовалось организация систем горного сейсмологического мониторинга на проблемных участках угледобычи. С принятием изменений в п. 41 ПБ такие системы стали обязательным элементов многофункциональных систем безопасности угольных шахт при осуществлении контроля состояния горного массива.

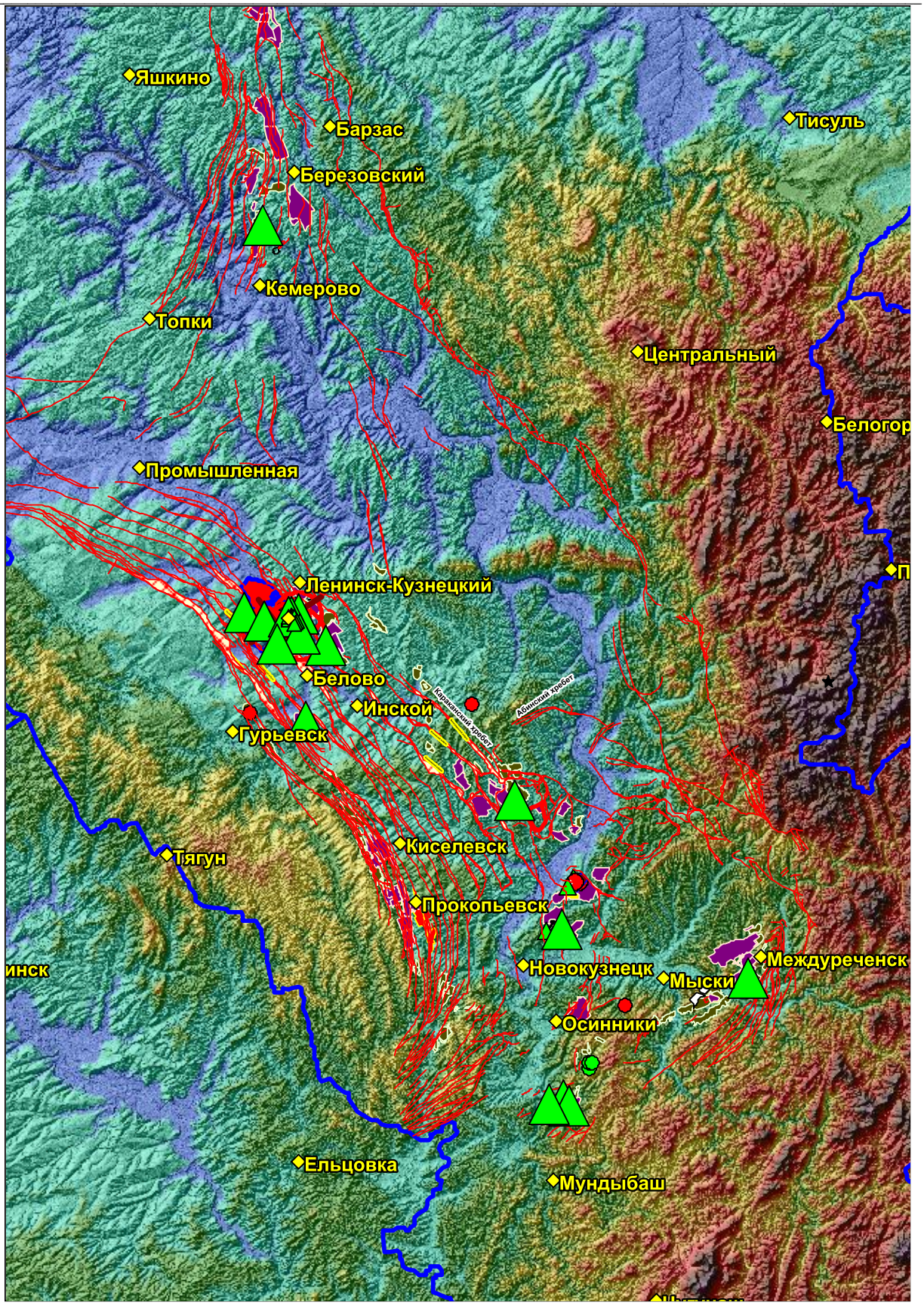
Для решения этих задач ВНИМИ регулярно проводит на территории горных отводов шахт Кузбасса серии сейсмологических наблюдений стационарными и переносными сейсмическими комплексами. Цель таких наблюдений - выявление участков проявляющихся сейсмических активизаций и прогноз возможных зон активизации естественных и техногенных сейсмических процессов, раскрытие природы и специфики развития сейсмических процессов и их взаимосвязи с проводимыми горными работами.

Так, с июня 2010 г. Кемеровским Представительством ВНИМИ организованы постоянные сейсмологические наблюдения на территории г. Полысаево. Собственная локальная сейсмологическая сеть, осуществляя наблюдения в непрерывном режиме и на постоянной основе, регистрирует все сейсмические события, начиная с энергетического класса $K \geq 2$, происходящие на территории города и прилегающих окрестностях. Такого рода наблюдения позволяют обеспечить контроль за сейсмической активностью на территории г. Полысаево, с целью своевременного информирования органов управления и реагирования оперативной информацией о происходящих на контролируемой территории геодинамических и сейсмических процессах.

Учитывая, что у ВНИМИ имеется большой опыт организации систем подземного мониторинга и контроля на шахтах Воркуты, рудниках ГМК «Норильский Никель», Таштагола и других горнорудных предприятий России, для решения проблем сейсмобезопасности территории г. Полысаево с октября 2011 г. существующая на шахте «Полысаевская» поверхностная сейсмическая сеть дополнена системой подземного сейсмологического мониторинга GITS. С августа 2011 г. Кемеровским Представительством ВНИМИ организованы постоянные сейсмологические наблюдения на территории шахты «Алардинская». На рис. 1 представлена карта размещения стационарных и переносных станций Кемеровского Представительства ВНИМИ.

За три года систематических наблюдений, организованных на территориях горных отводов шахт Кузбасса, в том числе и непрерывного сейсмологического мониторинга на шахтах «Полысаевская» и «Алардинская», удалось исследовать процесс развития сейсмического режима во взаимосвязи с ведением горных работ.

Анализ сейсмических данных, полученных по материалам наблюдений локальными сейсмическими сетями на территории горных отводов шахт, показал, что сейсмический режим на шахтах не является стабильным. Его развитие во многом зависит от горно-геологических и горнотехнических условий. К не менее значимым факторам, участвующим в формировании его (режима), относится и объем контролируемой области.



сейсмические станции

Рис.1. Карта размещения стационарных и передвижных сейсмических станций Кемеровского Представительства ВНИМИ на территории горных отводов шахт Кузбасса

Так, например, на локальном уровне (в пределах границ отрабатываемого выемочного столба) сейсмический режим в основном формируется горнотехническими условиями ведения очистных работ в лаве. При этом, практически на всех шахтах наблюдается значительное сходство в развитии сейсмической ситуации при изменении этих условий. Процесс снижения скорости отработки выемочного столба сопровождается понижением количества сейсмических событий, вплоть до полного их прекращения при остановке очистного забоя. Однако, на региональном уровне, при котором контролируемая область уже объединяет горные отводы нескольких шахт, включая геодинамически активные зоны разломов, сейсмический режим, как правило, формируется без непосредственного участия горных работ.

Интенсивность количества событий на такой территории не только не изменяется в сторону ее понижения при замедлении скорости очистных работ, а, напротив, приобретает характер нарастающей пульсирующей сейсмичности с формированием сейсмогенной зоны и миграцией эпицентров сейсмических событий.

Данные обстоятельства указывают на то, что региональный характер возникшей сейсмогенной зоны обусловлен наличием не только техногенных, но и природных источников повышенной концентрации напряжений, которые в пределах значительной области играют преобладающую роль в подготовке и проявлении горного давления во всей углевмещающей толщи пород массива.

Нужно отметить, что благодаря непрерывному сейсмологическому мониторингу, организованному на территории горных отводов шахт «Полысаевская» и «Алардинская» удалось зафиксировать процесс зарождения кризисной фазы развития горных работ на этих шахтах, своевременность выявления которого уже на стадии регионального прогноза способствовало принятию эффективных профилактических мероприятий по разгрузке массива, тем самым исключив развитие кризисной ситуации.

Обобщение имеющегося материала по слабой сейсмичности даже за относительно короткий период наблюдений позволяет сделать следующие предварительные выводы:

- Наблюдающаяся сейсмическая активность на территориях горных отводов шахт Кузбасса в настоящее время не превышает определенного энергетического порога и ограничивается верхним энергетическим пределом $K < 6.5$.
- Как правило, на шахтном поле можно выделить три основных зоны повышенной сейсмоактивности: локальная, непосредственно приуроченная к участку массива, в котором ведутся очистные работы, зональная, приуроченная к территории горного отвода и региональная, эпицентры событий которой локализуются за пределами горного отвода,
- Максимальный удельный вес сейсмособытий с низкой энергетикой в основном связан с первой (локальной зоной), с последующим перемещением эпицентров более крупных сейсмических событий в зональную и региональную зоны.
- Локальная зона роения очагов сейсмических событий впереди очистного забоя занимает область, ширина которой соизмерима с длиной лавы. Средний энергетический класс сейсмических событий локальной зоны составляет величину $K = 4,8$.
- Зональная и региональная зоны отмечаются рассеянной сейсмичностью по всему периметру шахтного поля, и, как показали наблюдения, проявляется в землетрясениях с энергетическим классом от 3,5 до 6,5.
- Вариации времен первых вступлений сейсмических волн и характер волновых форм регистрируемых сейсмических сигналов от разных станций свидетельствуют о наличии существенных различий в сейсмопроводящих свойствах геологической среды по различным направлениям.
- Отмечено, что масштаб и глубинность сейсмических проявлений напрямую зависит от размеров площади осваиваемой угледобычи (количества смежных шахтных полей).

- Площадное распределение эпицентров землетрясений на территории шахт ограничено региональными тектоническими разломами.

Выполненные работы за исследуемый период наблюдений позволили :

- определить основные параметры системы сейсмологического мониторинга для обеспечения непрерывного контроля сейсмичности на проблемной территории;
- определить оптимальное месторасположение пунктов наблюдений, входящих в сейсмическую сеть, исходя из радиуса реальной чувствительности каналов регистрации, с оценкой уровня технологических помех и минимальной сейсмической энергии явлений;
- выявить особенности записей сейсмических волн, вызванных сейсмическими явлениями;
- выявить активные сейсмические зоны, потенциально опасные для территорий шахт;
- выявить пульсирующий режим сейсмоэнерговыделения на участках шахтных полей, обусловленный скоростными параметрами отработки выемочных столбов и миграцию сейсмических событий по мере ведения горных работ.
- по изменению наклона графика повторяемости в зонах сейсмической активности установлены критические значения угла наклона, которые для сейсмоактивных зон (район г. Полысаево, ш. «Алардинская») составили $\gamma = -0{,}88 \pm 0{,}02$. Данные значения значительно отличаются от показателей угла наклона, которые соответствуют графику повторяемости для классических тектонических землетрясений, в том числе и для землетрясений Алтае-Саянского региона, что свидетельствует об иной природе этих событий.

Безусловно, это только предварительные результаты, полученные за столь короткий период сейсмологических наблюдений и в дальнейшем, по мере расширения зоны контроля будут уточняться, пополняясь новыми фактами, но уже сейчас можно утверждать, что созданная система сейсмологического контроля вполне дееспособна и может применяться при решении задач выявления участков проявляющихся сейсмических активизаций и прогноза возможных зон активизации естественных и техногенных сейсмических процессов, раскрытии природы и специфики развития сейсмических процессов и их взаимосвязи с проводимыми горными работами.

УДК 622.83

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ НА ПРИМЕРЕ ШАХТ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО РАЙОНА КУЗБАССА

Чухнов К.В.
Кемеровское Представительство ВНИМИ
г. Кемерово, Россия

Разработка мощных крутых пластов Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса характеризуется постоянным ухудшением геомеханической ситуации, что обусловлено рядом негативных факторов:

1. Глубина ведения горных работ большинства шахт Прокопьевско-Киселевского района Кузбасса на данный момент составляет 250 – 450 метров. Как следствие, это приводит к увеличению опасности возникновения газодинамических явлений, т.к. большинство шахт уже ведут горные работы на пластах ниже глубины склонности к горным ударам и внезапным выбросам угля и газа.
2. Система подготовки и отработки крутых пластов в основном принимаются согласно «Технологическим схемам разработки угольных пластов Прокопьевско-

Киселевского месторождения камерными системами», «Инструкции по безопасному применению технологических схем разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами», Прокопьевск, 2003 г [1] и «Технологическим схемам разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами», «Инструкции по безопасному применению технологических схем разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами», Прокопьевск, 2003 г [2]. Данные системы предусматривают отработку пластов короткими очистными забоями с оставлением целиков угля различной ширины и краевых частей пластов, что в свою очередь оказывать влияние на выше- или нижележащие пласты, в виде зон повышенного горного давления (ЗПГД). Так же стоит отметить, что в «Технологических схемах ...» [1,2] не рассматривается актуальный в настоящее время вопрос прогноза удароопасности пластов.

3. Сложное геолого-тектоническое строение района обуславливается наличием согласных и несогласных взбросов, сдвигов, вместе создающих сложные блоковые структуры. Размеры этих многочисленных нарушений изменяются от весьма крупных, выраженных мощными зонами дробления, до средних и мелких. Большинство складчатых форм этой зоны характеризуется многочисленными микроскладками, осложняющими ведение горных работ.

4. Сложный литологический состав угленосных отложений с преобладанием крепких песчаников, мощность которых иногда превышает несколько десятков метров, обеспечивают склонность к значительным зависаниям кровли.

5. В зонах геологических нарушений и зонах повышенных напряжений высока опасность внезапных обрушений пород кровли в подэтажные выработки. Связи с чем, для обеспечения устойчивости подэтажных (выемочных) штреков, требуется уменьшение шага установки рам крепи с обязательным усилением их за счет установки дополнительной стоек.

Наличие всех этих факторов весьма негативным образом отражается на ведении горных работ, тем более в условиях применения камерных систем разработок, не рекомендуемых с позиции безопасности «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам» [3].

Увеличивающиеся глубины ведения горных работ, наличие ЗПГД, сложное тектоническое строение, неравномерное напряженное состояние массива значительно повышают риски газодинамических явлений.

Для успешного решения проблем удароопасности требуется проведение инструментального обследования угольного массива и вмещающих пород и осуществление на его основе прогноза удароопасности. Одним из наиболее перспективных и апробированных методов прогноза является геофизический метод основанный на использовании наведенных электромагнитных полей. Для этой цели ВНИМИ разработана и повсеместно используется аппаратурный комплекс АЭШ-1.

Оценка напряженного состояния горного массива при помощи аппаратурного комплекса АЭШ-1, основана на зависимости электропроводности горных пород от величины горного давления (их напряженности), степени расслоения и трещиноватости. Известно, что с ростом напряжений электропроводность большинства пород увеличивается. Создав в окружающих горную выработку породах переменное электромагнитное поле токами высокой частоты и, изучив его распределение в массиве, можно судить о напряженном состоянии самого массива, выявлять пригруженные и разгруженные участки и зоны. В основе такой оценки лежит зависимость амплитуды электромагнитного поля от удельной электропроводности горных пород. Измерения аппаратурой АЭШ-1 производятся в режимах дипольного электромагнитного зондирования (ДЭМЗ), напряженность массива при этом оценивается по величине параметра «*F*»:

в плоскости, перпендикулярной оси выработки

$$F = \frac{V_{xx}}{V_{yy}},$$

в направлении кровля – почва

$$F = \frac{V_{xx}}{V_{zz}},$$

где V_{xx}, V_{yy}, V_{zz} – амплитуда электромагнитного поля в трех направлениях.

Параметр наведенных электромагнитных полей «*F*» характеризует напряженное состояние массива, которое зависит от целого ряда факторов, в том числе от его структуры, нарушенности и трещиноватости, типа пород и т.д.

Имеющиеся многочисленные наблюдения аппаратурой АЭШ-1 на шахтах Кузбасса (в том числе и на шахтах Прокопьевско-Киселевского района) позволили наработать критериальные значения параметра напряженности «*F*», так по значению показателя $F \geq 1{,}0$ отбивается разгруженная, преимущественно трещиноватая зона в краевых частях пласта в зонах геологических нарушений. Пригруженное ядро целика определялось значением $F < 0{,}12$ при котором фиксируется категория УДАРООПАСНО. Чем меньше значения показателя напряженности $F < 0{,}12$, и чем больше таких значений фиксируется на ширине защитной зоны в краевой части пласта, особенно в наиболее приближенной к горной выработке, тем выше удароопасное состояние массива. Значение показателя $F > 0{,}12$ указывает на плотное, но неудароопасное состояние пласта. На рис. 1 представлены результаты оценки напряженного состояния пластов геофизической аппаратурой АЭШ-1 на шахте «Зиминка». Данные исследования производились на пластах Мощном и Горелом, угрожаемым по горным ударам с глубины 250 метров и внезапным выбросам угля и газа с глубины 150 метров, на глубинах 350 – 380 метров в 2011 – 2012 годах. Электромагнитное зондирование осуществлялось из выемочных штреков через 1 метр на глубину в массив до 13 – 14 метров.

Как видно из графиков, распределение напряжений в угольном массиве вблизи обследованных выработок не равномерное, в пластах преимущественно преобладает зона трещиноватости угля ($F \geq 1{,}0$), чередующаяся с небольшими участками плотного, ненарушенного трещиноватостью угля. Вблизи выработок зона трещиноватости угля ($F \geq 1{,}0$) распространяется на глубину от 1 до 2 метров. На удалении в массив на глубину более чем на 2 – 3 метра, зона трещиноватости сменяется плотной структурой массива ($F \leq 1{,}0$). В пределах защитных зон n и $1{,}3n$ [3], а также за их пределами, повышенных напряжений не имеется. На расстоянии 7 – 9 м, массив пластов Мощного и Горелого находится в трещиноватом состоянии. С увеличением глубины зондирования в массив структура угля в пластах не становится плотной, а все так же преобладает зона трещиноватости.

В породах кровли пластов прослеживается аналогичная ситуация. Зоны трещиноватости вблизи обследованных выработок распространяется на расстояние 1 - 2 метров. Вмещающие породы на глубине зондирования до 13 – 14 метров не однородны, есть как плотные зоны, так и трещиноватые зоны, которые объясняются геологическим строением кровли.

Таким образом, инструментальными геофизическими наблюдениями аппаратурой АЭШ-1, выполненными по пластам Мощный и Горелый на глубинах 350 – 380 м, установлено наличие крайне неравномерного напряженного состояния массива. На всей протяженности защитной зоны, как и на всей глубине зондирования, повышенных напряжений не обнаружено, напряженное состояние пласта Мощного и Горелого на момент проведения наблюдений оценивается как низкое. Данные исследования были подтверждены с помощью стандартного метода прогноза по выходу бурового штыба [3]. На основании инструментальных геофизических наблюдений, с целью обеспечения безопасности ведения горных работ на шахте «Зиминка», было рекомендовано уменьшить шаг крепления подэтажных выемочных штреков и возвести крепи усиления.

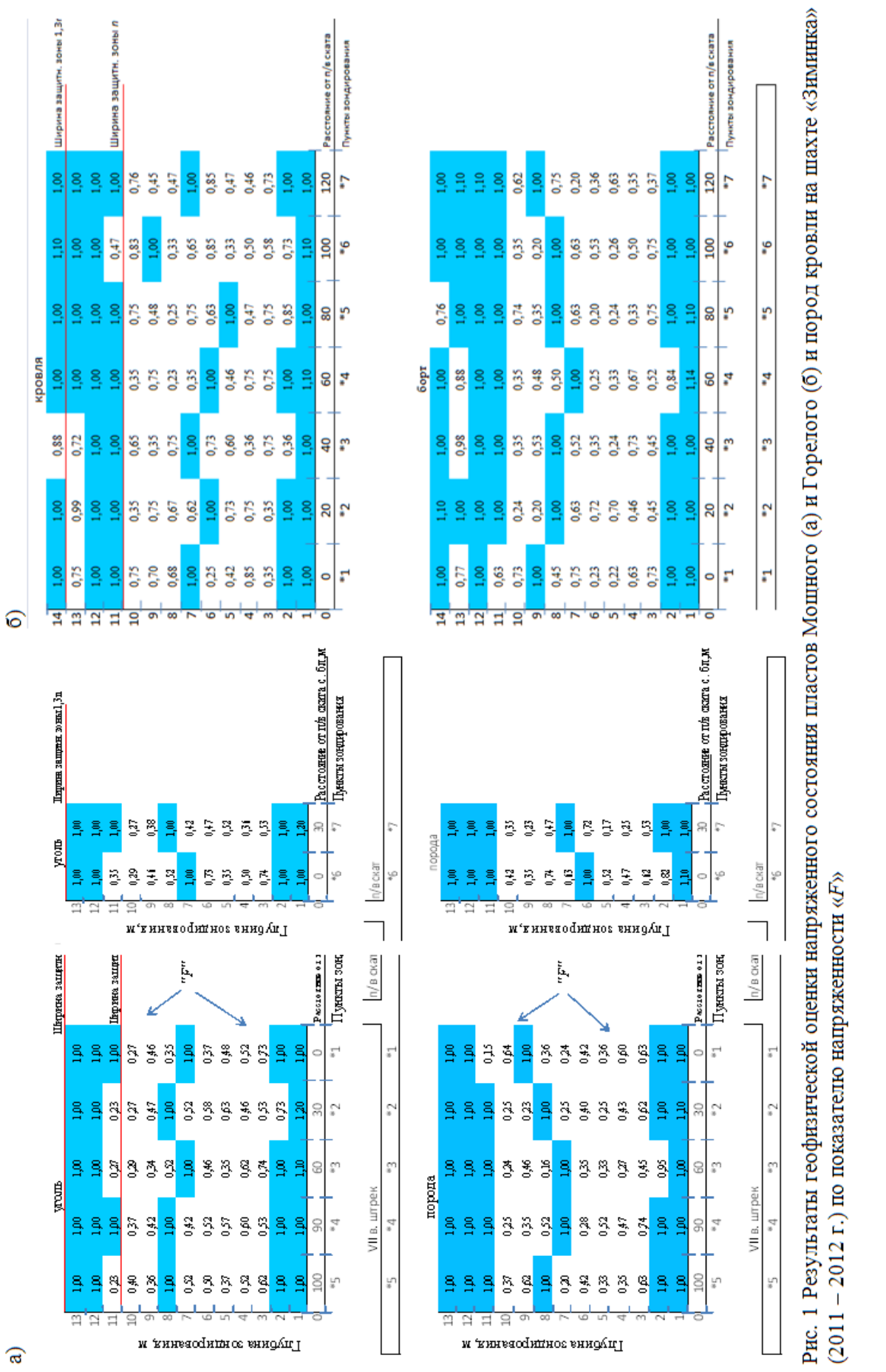


Рис. 1 Результаты геофизической оценки напряженного состояния пластов Мощного (а) и Горелого (б) и пород кровли на шахте «Зминка» (2011 – 2012 г.) по показателю напряженности «*F*»

Крепление выработок производить по специально разработанному паспорту. Пустоты за крепью подбучивать и надежно расклинивать.

На основании выполненных инструментальных геофизических наблюдений была осуществлена комплексная прогнозная оценка удароопасности пластов Мощного и Горелого, угрожаемых по горным ударам и выбросам угля и газа, и состояния нарушенности вмещающих горных пород при использовании камерных систем разработки. Показана возможность эффективного использования геофизических методов контроля для решения комплекса геомеханических задач, направленных на обеспечение безопасного ведения горных работ в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях на крутопадающих пластах, склонных к горным ударам и внезапным выбросам.

Список литературы

1. Технологические схемы разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами. Инструкции по безопасному применению технологических схем разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами, Прокопьевск, 2003.

2. Технологические схемы разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами. Инструкции по безопасному применению технологических схем разработки угольных пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения камерными системами, Прокопьевск, 2003.

3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам.- М.: 2000.

УДК 622.83

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА КАК ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В ОБНОВЛЕННОЙ РЕДАКЦИИ ПБ

Поляков Д.А.
Кемеровское Представительство ВНИМИ
Кемерово, Россия

После серии тяжелых аварий, произошедших на шахтах Кузбасса в последнее десятилетие, Роснадзором предприняты кардинальные шаги по изменению стратегии контроля безопасности угольных шахт. В первую очередь это касается внесения в пункт 41 «Правил безопасности в угольных шахтах» требований к созданию многофункциональных систем безопасности угольных шахт, оснащенных комплексом современных, высокоэффективных систем и технических средств контроля состояния горной среды по различным факторам риска.

В качестве наиболее ответственных её подсистем, в обновленной редакции ПБ рассматривается подсистема контроля безопасного состояния горного массива и прогнозирования горных ударов. В п.41 ПБ введено требование к созданию на всех действующих шахтах страны систем комплексного мониторинга основных форм геодинамических и техногенных процессов, сопутствующих подземной добыче. Системы эти должны обеспечить:

- кардинальное повышение эффективности и достоверности оценки геомеханического состояния горного массива;
- надежность региональных и локальных прогнозов удароопасности на основе проведения режимных сейсмических, геофизических, маркшейдерских и геомеханических наблюдений.

Для решения этих задач потребовалось привлечение как новейших, разработанных в последние годы систем, так и уже испытанных и ранее зарекомендовавших себя технических средств контроля. Ввиду более высокого уровня сложности поставленной задачи, на наш взгляд, должны по новому решаться и вопросы комплектации, архитектуры и методического обеспечения деятельности многофункциональных систем безопасности угольных шахт, их аппаратурной и функциональной совместимости.

За многие годы эксплуатации аналогичных систем на многочисленных горнодобывающих объектах РФ, ВНИМИ выработаны стандартные условия их рационального конструктивного исполнения и эффективного функционирования. Предложены оптимальные принципы построения этих систем, предполагающие:

- трёхуровневое построение систем мониторинга геодинамических и техногенных процессов, ударооопасности угольных пластов, включающих уровни региональных, зональных и локальных оценок мер рисков;
- обеспечение непрерывного (для локального прогноза – периодического) режима регистрации контролируемых процессов и параметров;
- обеспечение адаптационного режима функционирования систем с учетом изменяющихся горно-геологических и горнотехнических условий;
- обеспечение аппаратурной совместимости подсистем;
- диспетчеризация функций контроля с визуализацией и выводом контролируемых параметров на рабочие места;
- «обучаемый» режим функционирования систем, обеспечивающий условия постоянной наработки и уточнения критериев для оценки характера и мер рисков удароопасности.
- разработку алгоритма принятия решений по обобщенным параметрам проводимого мониторинга;
- обеспечения научного сопровождения функционирования систем мониторинга и метрологического контроля используемых в нем технических средств.

Хорошо известно, что горный массив по своей природе является весьма сложным объектом контроля, поскольку потенциально содержит в себе многочисленные формы природных и техногенных рисков, способных привести к аварийным ситуациям. Поэтому эффективность создаваемых систем контроля определится тем, насколько подобранный для условий конкретных шахт инструментарий контроля будет соответствовать преобладающим и реально проявленным формам рисков, а пространственное размещение обеспечит своевременное выявление мест зарождающихся аварийных ситуаций.

В качестве основных форм рисков нами рассматриваются:

- крупные аварии газодинамической природы;
- горные удары и внезапные выбросы;
- роевые потоковые сейсмические события (глубинные толчки);
- крупные массовые обрушения кровли;
- прорывы глин;
- негативное влияние затопленных шахт;
- воздействие зон повышенного горного давления (ЗПГД);
- подработка действующих подземных выработок и размещенных на земной поверхности опасных объектов;
- проблемы управление тяжелыми кровлями (зависания и задержки в посадках кровли);
- опасные разрушение целиков;
- встреча забоем лавы неспрогнозированных геологических нарушений;
- влияние геологических нарушений;
- влияние промышленных взрывов, производимых на ближайших объектах открытой добычи;

– опасные зоны на выходах пластов под наносы;
– деформирование и потеря работоспособности крепи.

Основополагающим принципом является трехуровневое построение систем контроля, включающих подсистемы **регионального прогноза** сейсмических и геодинамических рисков**, перспективного прогноза** удароопасности (в том числе горно-тектонических ударов) и **локального прогноза** удароопасности с решением сопутствующих геомеханических задач безопасной добычи.

На уровне регионального прогноза, обеспечивается, также, контроль влияния крупных региональных и транзитных землетрясений на состояние безопасности подземных горных работ, развития сейсмических активизаций. Явления такого рода наблюдались в шахтерских городах Осинники и Полысаево. Для решения этих задач предусматривается организация подземных и наземных систем сейсмологического мониторинга.

К задачам второго ранга отнесены задачи контроля за развитием крупномасштабных процессов на отрабатываемых пластах, охватывающих площади выемочных столбов, междупластий отрабатываемых пластов, выработанных пространств, уклонных полей, зон сдвижения пород. Для решения этих задач предусматривается построение комплексных систем подземного сейсмодеформационного мониторинга на основе сейсмическирх и геофизических систем контроля.

К задачам третьего ранга отнесены задачи непосредственного контроля состояния горного массива в рабочих зонах отрабатываемых пластов (забой лавы, выработки), по оценке уровней действующих в массиве нагрузок, наличия признаков разрушения массива и крепи горных выработок, потери устойчивости кровли и обнажений угольного пласта. Для решения этих задач ВНИМИ традиционно используются системы деформационного и геофизического мониторинга типа АЭШ, «АНГЕЛ», «ВОЛНА», КДМ и др.

После выявления главенствующих рисков и установления необходимых видов мониторинга осуществляется подбор оптимального состава оборудования и конструкции системы мониторинга, адаптированной под условия конкретной шахты. Типовой набор контролирующих систем для наиболее распространенных в Кузбассе форм рисков представлен в табл. 1.

Решение большинства задач геомеханического контроля обеспечивается *подсистемами подземного деформационного мониторинга*. Как правило, они представляют собой комплекты деформационных датчиков, рассредоточенных на участках максимальной концентрации нагрузок, блоки хранения и передачи данных о происходящих в массиве деформационных процессах в Центр сбора и обработки информации. Конструктивно эти системы могут оснащаться как отдельными комплектами датчиков (типа КДМ), так и автоматизированными системами контроля горного давления типа АС КГД конструкции ВНИМИ.

В соответствии с назначением систем деформационного мониторинга они могут использоваться в режимах эпизодических, частотных, непрерывных измерений, либо бинарных состояний («опасно»-«неопасно»). В процессе их эксплуатации предусмотрена возможность перемонтажа датчиков с установкой их в наиболее ответственных конструктивных элементах горной среды.

В основном, системы деформационного мониторинга планируется использовать для выявления критической стадии развития **деформаций угольного пласта и вмещающих пород** на участках, испытывающих повышенное горное давление (ЗПГД, межлавные, барьерные и предохранительные целики, геологические нарушения) а также на выходах пластов под наносы, вблизи водозащитных целиков и т. д.

Не менее важным направлением деформационного мониторинга является контроль за развитием **процессов сдвижения горных пород.** В многофункциональных системах контроля ему, по-прежнему, будет отводиться роль базового средства геомеханического анализа.

Таблица 1

Типовая функциональная характеристика **с**истемы контроля безопасного состояния горного массива как элемента многофункциональной системы безопасности

Ранг подсистемы	Цель мониторинга	Тип сети подсистемы	Основные задачи мониторинга
I	**Региональный прогноз** уровней геодинамических (сейсмических) рисков	Привлечение материалов инженерной Кузбасской сейсмологической сети, дополненных данными наземной сейсмологической сети на поле шахты как единой сейсмической группы	Выделение и контроль за развитием: – негативных влияний прохождения волн транзитных землетрясений на состояние горной среды и подземных сооружений; – состояния сейсмической и геодинамической активности территории действующей и смежных шахтных полей (в том числе затопленных). – выявления фаз нарастания и спада сейсмической и периодичности их проявления
II	**Перспективный прогноз** геодинамической активности	Наземная сейсмологическая сеть на базе сейсмостанций «Байкал»	– контроль за режимом первичной и последующих посадок основной и непосредственной кровли; – выделение зон повышенного уровня горного давления на участках планируемого и осуществляемого развития горных работ.
III	**Локальный прогноз** удароопасности	Системы непрерывного деформационного мониторинга и режимных геофизических наблюдений с использованием аппаратурных комплексов АЭШ, «АНГЕЛ», «ВОЛНА», система КДМ.	– оценка степени удароопасности краевых частей массива и целиков; – оценка эффективности применяемых мер профилактики горных ударов и внезапных выбросов; – установление границ влияния ЗПГД и зон разгрузки; – выявление участков интенсивного расслоения кровли; – проведения геофизического обследования оконтуренных комплексно-механизированных забоев (лав) с целью выявления аномальных тектонических зон и других участков изменения геомеханических характеристик кровли; – контроль качества установки и состоянием анкерной крепи

Объектом данного вида контроля является вся область влияния подземных горных работ с учетом всей совокупности факторов. В динамике развития процесса сдвижения

проявляют себя все ключевые особенности и сценарии развития сил горного давления, газодинамики пластов, удароопасности, пожароопасности, провалообразования, прорывов глин и других негативных геомеханических процессов.

В последние годы все большее значение приобретают ***геофизические методы контроля,*** в основном осуществляемые с помощью аппаратурных комплексов конструкции ВНИМИ типа АЭШ, «АНГЕЛ», «ВОЛНА». В их использовании наметился заметный прогресс, связанный как с заметным техническом совершенствовании этих систем, так и разработкой принципиально новых методических подходов, более адекватно отражающих физику происходящих в массиве геомеханических процессов. Одним из важнейших направлений их использования является геофизическое обследование оконтуренных выемочных столбов с целью выявления аномальных тектонических зон и других участков изменения геомеханических характеристик кровли.

По результатам мониторинга с использованием всего технического арсенала многофункциональных систем безопасности, руководством шахт должны приниматься необходимые технологические решения, устраняющие негативные процессы. Их правильный выбор требует глубокое системное обобщение полученной информации с учетом преобладающих факторов риска и ответной реакции горной среды. На стадии наработки критериев для обобщенных оценок и разработки алгоритма принятия технических, технологических и управленческих решений, считаем совершенно необходимым привлечение профильных научных учреждений.

УДК 658.567.1:622.411.3

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ МЕТАНА НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА

Богданова Е.О., Гринкевич О.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

В последние годы резко возросло внимание к проблемам эмиссии метана в атмосферу. Помимо того, что метан - причина аварий на шахтах, он так же является парниковым газом, который, присутствуя в атмосфере, влияет на температуру Земли и ее климат. Безусловно, такая проблема не может оставаться без внимания мировой общественности.

Эмиссия парниковых газов является главным виновником изменения климата. Считается, что эмиссия двуокиси углерода наносит самый ощутимый вред вместе с метановой эмиссией. Эмиссия двуокиси углерода составляет при этом 63,5%, метана – 20,5%, закиси азота – 4,5%, других – 11,5%. Метан занимает второе место после углекислого газа по степени опасности для окружающей среды. Уже сейчас для стабилизации содержания парниковых газов необходимо сокращение выделения метана в атмосферу примерно на 15%. Общее влияние метана на глобальное потепление оценивается в 18%.

Метан, поступающий в атмосферу, в 22 раза более эффективен с точки зрения влияния на потепление поверхности Земли, чем соответствующее количество углекислого газа. Подсчитано, что 1 кг (1,395 м^3) метана наносит приблизительно в 70 раз больше вреда атмосфере, чем 1 кг (0,505 м^3) диоксида углерода (через 100 лет этот вред будет в 21 раз больше).

Уменьшение поступления метана в атмосферу на 10-20% от существующего уровня способно уменьшить потепление Земли на 1°С за столетие, а это составит 25% от ожидаемого уровня потепления.

Подземная разработка газоносных угольных пластов сопровождается обильными выделениями метана, которые составляют 91% от общей добычи угольных пластов, 17-

20% его выделений природными источниками или 5-7% глобальной эмиссии метана на Земле (рис.1).

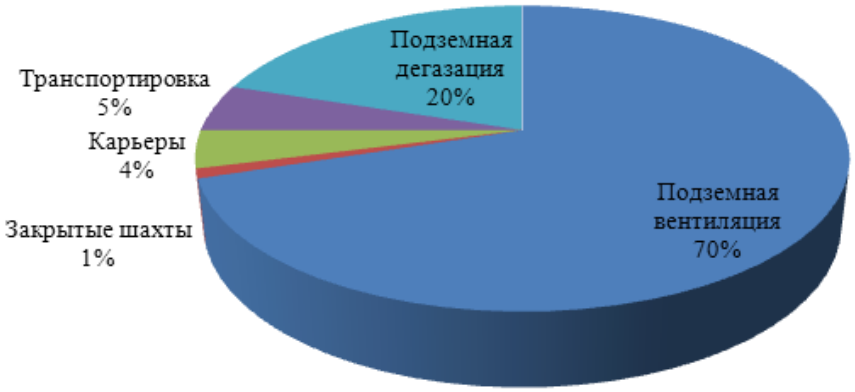


Рис. 1. Долевое участие систем метановой эмиссии на угольных месторождениях

Горные предприятия выбрасывают в атмосферу миллионы кубометров в год метановоздушной смеси. Шахтный газ является значительным, но практически не освоенным ресурсом с основными запасами, находящимися в следующих странах: Китай, Россия, США, Австралия, ЮАР, Индия, Польша, Германия, Великобритания и Украина. Они являются крупнейшими «загрязнителями» атмосферы, совместно отвечая за почти три четверти от всего мирового выброса шахтного газа. По прогнозам, количество выбрасываемого шахтного газа увеличится на 2% к 2020 году в основном за счет роста угольной добычи в Китае. Оценка геологических ресурсов метана угольных пластов в мире представлена в табл. 1.

Таблица 1

Геологические ресурсы метана угольных пластов в мире

Страна	Россия	США	Китай	Австралия	Индия	Германия	ЮАР	Украина	Казахстан	Польша
Запасы, трлн. $м^3$	78	60	28	22	18	16	13	8	8	3

Всего в мире запасы метана оцениваются в 240 трлн. $м^3$.

По сравнению с Польшей, Чехией, Германией и Великобританией уровень утилизации шахтного метана, извлекаемого системами дегазации, в России самый низкий. На 480 млн. $м^3$/год дегазированного метана приходится 8,5% его утилизации (41 млн. $м^3$/год), хотя ежегодно в странах СНГ дегазационными установками из угольных шахт извлекается и выбрасывается в атмосферу около 3 млрд куб. м метана, в том числе в России - более 1 млрд куб. м. Данные по утилизации шахтного метана представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уровень утилизации шахтного метана, извлекаемого системами дегазации

Показатель	Страна				
	Польша	Чехия	Германия	Великобритания	Россия
Дегазировано метана, млн. $м^3$/год	241	210	650	500	480
Процент утилизации, %	85	95	70	50	8,5

Общие ресурсы метана в угольных пластах России составляют по различным источникам 100-120 млрд $м^3$/год с учетом восточных и северо-восточных бассейнов. Сегодня газообильность выработок составляет около 30-40$м^3$ метана на тонну добываемого угля.

В современных условиях рынка угля нецелесообразно увеличивать объемы выпускаемой продукции, т.к. спрос ограничивает предложение. Остатки угля на складах в Кемеровской области на 1 января 2013 года составили 16,9 млн. тонн, что в 2,5 раза больше норматива. Если Кузбасс выйдет на новые рынки, то себестоимость угля значительно увеличится за счет возросших затрат на транспортировку, а это снизит конкурентоспособность Кузбасских предприятий.

Соответственно, есть смысл лишь снижать себестоимость добычи угля. А если это делать с помощью инновационных технологий, то есть возможность открытия новых источников прибыли. С помощью утилизации шахтного метана можно обеспечить безопасность труда шахтеров, а так же получить экономический эффект и улучшить экологическую обстановку в регионе.

В Кузбассе есть несколько предприятий, которые утилизирует шахтный метан. Одним из них является ОАО «СУЭК-Кузбасс» шахта имени Кирова, расположенная в Ленинск-Кузнецке. Для того, чтобы утилизировать метан шахтой были построены в 2009 году стационарная ваккум-насосная станция, смонтирована факельная установка для сжигания метана, в котельной установлено оборудование, позволяющее производить совместное сжигание угля и газа. На сегодняшний день шахта продолжает использовать данные технологии. Так же утилизацию шахтного метана и направление его на собственные нужды практикуется на шахтах «Красногорская» (г.Прокопьевк), «им. Ленина» (г.Междуреченск) и «Чертинская-Коксовая» (Белово).

ООО «Шахта «Усковская», расположенная в Кемеровской области, обладает характеристиками, позволяющими применять новые технологии добычи и переработки метана.

Шахта относится к сверхкатегорным по газу. Предприятие имеет 3 дегазационные установки. Объемы выброса газовой смеси и его состав представлены в табл. 3.

Таблица 3

Объем и состав выброса газовой смеси на ООО «Шахта «Усковская»

Наименование дегазационной установки	Объем выброса газовой смеси, $м^3$/мин	Объем выброса метана, $м^3$/мин	Концентрация метана, %
Lennental	52	22	42
МДУ (ГНС)	44	12	27
МДУ (купол)	37	23	62
Итого	133	57	43

Такие объемы выброса газа возможно использовать в двух направлениях:

- применение мобильных ТЭС;
- участие в проекте «Метан Кузбасса».

Шахта может вместо того, чтобы сжигать в факельных установках выделяемый газ, использовать мобильные ТЭС, работающие на метане, которые вырабатывают тепло- и электроэнергию. Таким образом, предприятие может полностью обеспечивать себя энергоресурсами.

При применении такой технологии затраты на электроэнергию и отопление возможно снизить в несколько раз и, как следствие, снизить себестоимость 1т добычи угля. При той же цене прибыль увеличится в разы.

Это позволит шахте повысить безопасность труда шахтеров, эффективность отработки угольных месторождений (при увеличении спроса увеличить нагрузку на очистной забой и темпы проведения подготовительных выработок), комплексно использовать полезное ископаемое и улучшить экологическую обстановку. Сокращение выбросов метана снизит выплаты предприятия за загрязнение атмосферы.

В связи с мировыми тенденциями отечественные производители горношахтного оборудования активно осваивают производство миниэлектростанций, цена которых значительно ниже зарубежного оборудования.

Добыча угля не может считаться эффективной, если он добывается ценой жизни шахтеров, поэтому экономика предприятия должна быть социально направленной. Главной характеристикой такой модели экономики является социальная безопасность, социальная справедливость и социальный прогресс. Одним из путей достижения социальной безопасности является реализация мероприятий по утилизации шахтного метана.

Как уже отмечалось ранее, предприятие может принять участие в проекте «Метан Кузбасса», по которому оно могло бы с минимальными для себя затратами проводить дегазацию.

Суть проекта заключается в том, чтобы решить задачи по качественному повышению безопасности горных работ, тесно связанному с обязательной предварительной дегазацией угольных пластов; добычей и использованием в промышленных целях извлекаемого в процессе дегазации шахтного газа-метана; участию в работе по созданию федеральной законодательно-правовой базы, обеспечивающей производственную и экологическую безопасность в угольной промышленности.

В 2003 г. «Газпром» приступил к реализации проекта по оценке возможности промышленной добычи метана из угольных пластов в Кузбассе. Целью данного проекта является создание новой подотрасли по добыче метана из угольных пластов, расширение собственной ресурсной базы углеводородного сырья и рынков сбыта, организация широкомасштабной газификации Кемеровской области и южных районов Сибири.

В Ерунаковском районе на Талдинском месторождении пробурены 4 экспериментальные скважины, создан экспериментальный полигон, где были получены первые притоки газа. Были разработаны и апробированы технологии добычи метана, подготовлены методики подсчета запасов метана угольных пластов, создана нормативная база, обеспечивающая освоение ресурсов. На сегодняшний день разведочные скважины эксплуатируются.

Кроме того, 19 декабря 2012 года принят Государственной Думой и 26 декабря 2012 года одобрен Советом Федерации Федеральный Закон «О внесении изменений в статьи 336 и 337 части второй Налогового кодекса Российской Федерации и статью 6 Федерального Закона «О внесении изменений в Бюджетный Кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации». Согласно этого закона, метан признан полезным ископаемым, а это означает, что он является ресурсом, подлежащим добыче и использованию. Попутная добыча метана в ближайшие годы перерастет в отдельную отрасль, а это - полноценная заявка по превращению метана врага шахтеров в субъект полноценного бизнеса, которым можно эффективно распорядиться в условиях растущего спроса на энергоресурсы во всем мире.

УДК 502.55:622.8

НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНОГО БАССЕЙНА

Златицкая Ю.А.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Предприятия угольной промышленности в процессе своей эксплуатации наносят невосполнимый ущерб всем составляющим воздушному и водному бассейнам, недрам, почвам, флоре и фауне и, исходя из особенностей природно-климатических условий Ке-

меровской области и технологий ведения горных работ, большая часть его локализуется здесь же. Особенно это характерно для загрязнения водного бассейна возникающего в результате негативного воздействия горного производства на недра и непосредственно на подземные и поверхностные воды на всех стадиях разработки месторождений.

Отличительной особенностью горного производства является необходимость для обеспечения возможности разработки месторождения его осушение и перенос с осушением поверхностных водоемов и водотоков приводящие к уменьшению запасов подземных, грунтовых и поверхностных вод и нарушению гидрогеологического и гидрологического режимов водного бассейна. В дальнейшем в процессе вскрытия, подготовки и эксплуатации месторождения дополнительно происходит загрязнение водного бассейна за счет сброса сточных и дренажных вод, из-за нарушения целостности массивов горных пород в недрах посредством изменения их напряженно-деформированного состояния при проведении горных выработок и отработки участков шахтного поля. В этом случае идет активный дренаж поверхностных вод в недра, а затем уже загрязненные воды откачиваются снова на поверхность в поверхностные водоемы вместе с подземными водами.

Процесс добычи угля при этом сопровождается значительным загрязнением подземных вод: взвешенными веществами (до 6 г/л), фенолом (от 0,002 до 0,4 г/л), аммиак по азоту (от 0,5 до 5 мг/л), органическими соединениями ($БПК_{20}$ от 0,004 до 0,4 г/л), железом общим, растворенными газами и др. Кроме того шахтные воды как правило высоко минерализованы **(**сульфатов SO_4^{2-}, ионов Ca^{2+}, Mg^{+}, Na^{+}, K^{+}, Cl, HCO_3^{-} в сумме от 1 до 80 г/л**).** Из чего следует, что сбрасывать такие воды без очистки в водный бассейн, не причиняя ему таки образом вреда, нельзя.

Угольная промышленность занимает второе после энергетической отрасли место по загрязнению водных объектов, сбрасывая ежегодно более 200 млн. т воды, причем только около 70% предприятий имеют локальные очистные сооружения.

Эта проблема становится еще более актуальной в связи с ликвидацией ряда угольных шахт и разрезов, так как основным способом их ликвидации является затопление, дополнительно приводящим к загрязнению подземных вод, являющихся источником питьевого водоснабжения. В результате в области средняя величина антропогенной нагрузки на 1 жителя составляет по сбросам в водные объекты – свыше 150 кг/год.

Поэтому в связи с тем, что в угольной промышленности происходит интенсивный рост нагрузок на очистные забои, возрастает концентрация работ, усложняются горно-геологические условия, постоянно увеличивается масштаб воздействия горных предприятий на недра и водный бассейн, а, следовательно, растут и объемы сточных вод. При проведении и поддержании выработок в сложных горно-геологических условиях существует значительная вероятность разрушения пород в окрестности выработок из-за возникновения критических напряжений и смещений. Для предотвращения этих негативных явлений и поддержания выработок в безремонтном состоянии в течение всего периода эксплуатации применяются различные способы повышения устойчивости пород кровли выработок за счет их крепления, которое не всегда способно обеспечить требуемую устойчивость горных пород в окрестности горных выработок, использование технологий физико-химического упрочнения пород, изменения порядка отработки пластов и выемочных участков, все они способствуют уменьшению водопритоков в выработки.

В процессе упрочнения происходит заполнение трещин химическими вяжущими составами с усилением связи между частицами горных пород, что приводит к образованию более монолитной пачки пород. Поэтому, упрочнение влияет на один из основных параметров напряженно-деформированного состояния определяющих устойчивость горных пород – их коэффициент крепости. При анализе полученных данных выявлена гиперболическая зависимость вертикальных смещений от коэффициента крепости пород кровли.

Так как эффективность ведения работ по упрочнению зависит от параметров технологии, то выявляются необходимые и достаточные параметры, при которых разрушение пород в окрестности выработок не будет происходить. В результате упрочнение пород следует проводить, как правило, в зоне с радиусом 1,0 – 2,2 м, то есть на контуре выработок, где происходит повышение сжимающих напряжений в краевых частях массива пород, что способно обеспечить уменьшение смещений в 2,4 – 3,1 раза.

Уголь после обработки полимерными растворами не склонен к быстрому разрушению, его прочность и коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову увеличиваются, пористость уменьшается, а газопроницаемость снижается, что способствует устранению отжима, снижению вероятности вывалообразования и дренажа воды.

Таким образом, упрочнение повышает устойчивость массивов горных пород за счет снижения смещений вокруг выработок. Это позволяет уменьшить расслоение пород кровли и снизить нагрузки на крепь с ее деформациями, существенно сократив приток воды в действующие горные выработки. В свою очередь это приведет к уменьшению объемов ежесуточно выдаваемых на поверхность сточных вод, таким образом, позволяя сохранить запасы, режимы и качество поверхностных и подземных вод и повысить эффективность ведения горных работ. В дальнейшем необходимо применение мероприятий восстановительного характера, включающих рациональное использование, очистку и возврат вод в поверхностные водоемы, водотоки и подземные горизонты.

Список литературы

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2012 году. – Кемерово, Администрация Кемеровской области, 2013. – 71 с.

2. Златицкая Ю.А. Исследование влияния упрочнения пород кровли на напряженно-деформированное состояние углепородного массива в окрестности горных выработок / Ю.А. Златицкая // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Материалы Международной научно-практической конференции 18-20 июня, 2002. – Новокузнецк, 2002. – С. 48-54.

УДК 666.7:658.567.1:622.7

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАШЕНИЯ

Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Бережное отношение к природным ресурсам государства в период интенсивного развития промышленного производства является не только обязательным с точки зрения экологической безопасности нынешнего и будущих поколений, но и экономически целесообразным. Поэтому в цивилизованных обществах не вырубают бездумно леса в своей стране, не извлекают без надобности нерудное сырье, а осознанно используют промышленные и бытовые отходы, образующиеся в процессе деятельности человека.

Примером такого отношения к собственным природным ресурсам является Китай, где законодательно запрещено использовать для производства керамического кирпича глинистое сырье в местах, имеющих промышленные запасы техногенных отходов. Правительство Китая с 1999 г. поощряет с помощью налоговых льгот применение вместо глин отходов промышленности при производстве кирпича. В настоящее время для производ-

ства кирпича и черепицы там широко используются отходы углеобогащения, зола-унос, сланцы, речной и озерный ил [1].

Наша страна в 80-е годы прошлого столетия являлась передовой в области технологических разработок по вовлечению отходов в производство керамического кирпича. Однако в настоящее время редкие примеры использования промышленных отходов и растущие их объемы заставляют снова обращаться к этой проблеме, эффективному решению которой может помочь изучение опыта наших предшественников.

Статья посвящена новой технологии производства керамического кирпича из отходов обогащения углей, разработанной с учетом опыта работы единственного в СССР и в Российской Федерации завода по производству керамического кирпича на основе 100 % отходов углеобогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк). Завод был построен в Новокузнецке по проекту Института горючих ископаемых и ВНИИстрома им. П.П. Будникова в 1986 году. Проектная мощность предприятия составляла 10 млн. шт. кирпича в год с марочной прочностью изделий не менее 12,5 МПа.

Технологическая схема производства включала в себя отбор с обогатительной фабрики отходов класса +13 мм влажностью 12-14 % и их дробление на щековой дробилке. Последующее измельчение отходов в шахтной молотковой мельнице позволяло получить высушенный до остаточной влажности 3-4 % порошок крупностью не более 1 мм, который поступал на увлажнение в двухвальный смеситель СМ-1238 для получения однородной массы влажностью 6-8 %. В дальнейшем в стержневом смесителе СК-08 происходила окончательная гомогенизация и уплотнение пресс-порошка.

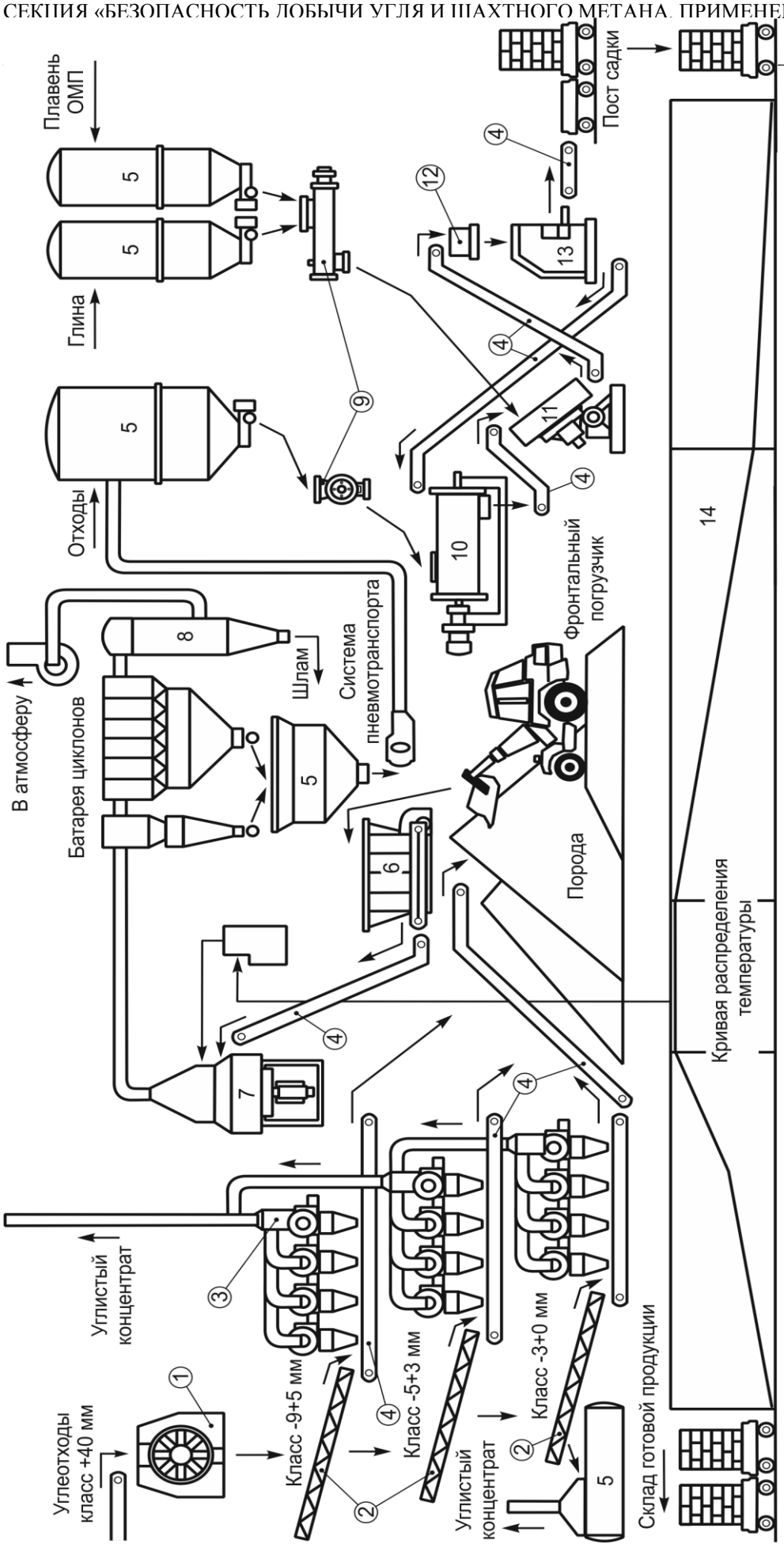
Прессование пустотелого кирпича-сырца осуществлялось на прессах СМ-1085Б, сушка и обжиг – в туннельной печи, вмещающей 56 вагонеток. Режим обжига составлял 56 часов и рассчитывался с учетом протекания реакции горения угля в теле кирпича-сырца до его полного выгорания. Температура обжига в зоне выдержки составляла 950-1000 ºС.

За 20 лет работы предприятия был накоплен огромный опыт работы с отходами углеобогащения, выработаны четкие требования к их вещественному составу, который обеспечивал получение качественного керамического кирпича марок 150-175. Прежде всего – это содержание угля в отходах: оно должно быть 5-6 %; зольность – 85±5 %; SiO_2 – не менее 54 %; Al_2O_3 – 19-21 %. Повышение содержания карбонатов в отходах (более 6 %) приводило к разрушению кирпича после обжига, снижение содержания оксидов железа ниже 5-6 % – к ухудшению цвета изделий.

Разработанная в 80-е годы XX века технология производства кирпича была рассчитана только на определенный вещественный и химический состав отходов, изменения которых в результате износа оборудования на обогатительной фабрике привели к остановке кирпичного завода.

Авторами разработана новая технология производства керамического кирпича, основанная на концепции рационального использования отходов углеобогащения и учитывающая нестабильность их вещественного состава. Предлагаемый способ заключается в организации глубокой переработки отходов обогащения углей непосредственно на кирпичном заводе, где необходимо проводить их вторичное обогащение с целью выделения излишков угля и получения энергетического угольного топлива для основного производства. Образующиеся в процессе обогащения «хвосты» стабильного состава с содержанием угля 3-8 % являются основным сырьем для производства керамического кирпича. В качестве корректирующей добавки, обеспечивающей постоянство состава шихты, используется глинистое сырье, количество которого, в зависимости от содержания угля в отходах после вторичного обогащения, колеблется от 15 до 30 %.

Схемой производства стеновых керамических материалов (рис. 1) из отходов углеобогащения предусматривается:



1 – молотковая дробилка; 2 – инерционный виброгрохот; 3 – пневмосепаратор; 4 – ленточный конвейер; 5 – силос; 6 – ящичный питатель; 7 – измельчительно-сушильная установка; 8 – рукавный фильтр; 9 – весовой дозатор; 10 – турболопастной смеситель-гранулятор; 11 – тарельчатый гранулятор; 12 – мешалка-питатель; 13 пресс; 14 – туннельная печь-сушилка

Рис. 1. Технологическая схема новой технологии производства керамического кирпича из отходов обогащения углей

- доставка на завод и первичная переработка отходов углеобогащения (дробление, грохочение, классификация, выделение углистой части);

- добыча, доставка на завод и первичная переработка (дробление, выделение каменистых включений) глинистого сырья;

- вторичная переработка отходов углеобогащения и глинистого сырья (сушка, помол, механоактивация), их хранение в силосах запаса;

- получение пресс-порошка (грануляция, опудривание);

- прессование кирпича-сырца, сушка и обжиг изделий.

Исследовательские работы и полузаводские испытания новой технологии проводились на отходах обогащения Абашевской ЦОФ (г. Новокузнецк) и углистых аргиллитах Коркинского угольного разреза (Челябинская область). Отходы имеют повышенное содержание углерода, о чем свидетельствует высокое значение потерь при прокаливании, поэтому предварительно проводилось их вторичное обогащение, что привело к изменению их химического состава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав отходов и корректирующих добавок

Наименование отходов	Массовая доля компонентов на высушенное вещество, %								
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	SO_3	*nnn*
ЦОФ «Абашевская»	54,9	16,9	0,72	3,68	3,48	1,99	3,68	0,13	13,6
То же после обогащения	60,4	16,8	0,66	5,21	3,87	1,89	3,88	0,13	7,12
Коркинские аргиллиты	40,87	16,74	0,84	16,47	2,12	2,51	1,91	0,25	17,81
То же после обогащения	48,13	16,81	0,76	17,21	2,01	2,44	1,9	0,2	11,42

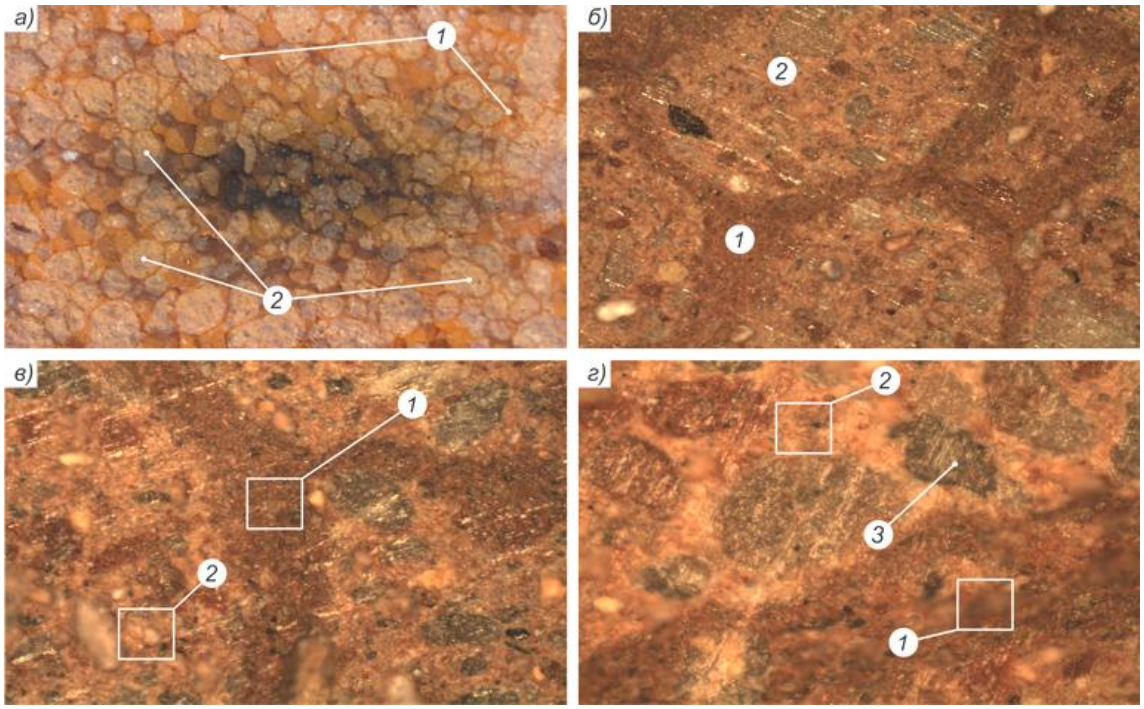
Технология получения керамического кирпича состояла в следующем. Основное по составу сырье – отходы обогащения ЦОФ Абашевская и углистые аргиллиты Коркинского месторождения после дробления, грохочения и выделения пневмосепарацией углистой части сушились и измельчались в измельчительно-сепарационной установке до класса -0,25 мм.

Полученный порошок гранулировался на турболопастном смесителе-грануляторе и опудривался порошком новокузнецкого суглинка. Для улучшения декоративных свойств изделий в качестве окрашивающей добавки вместе с суглинком вводились гематитсодержащие отходы – пыль рукавных фильтров газоочистки от сталеплавильных печей (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк).

Новая технология позволяет сформировать матричную структуру черепка и обеспечить требуемые эксплуатационные свойства керамического кирпича из малопластичного неспекающегося техногенного сырья. Согласно разработанной авторами теоретической модели [2] получение керамических матричных композитов заключается в «укрупнении» дисперсных частиц отходов в отдельные агрегаты, «обмазке» их глинистым веществом с последующим полусухим прессованием и обжигом. В результате формируется пространственный ячеистозаполненный каркас, играющий роль дисперсионной среды после прессования изделий. При обжиге дисперсионная среда продуцирует жидкую фазу, которая внедряется в периферийную зону дисперсной фазы (граничный слой) и после кристаллизации образует прочную матрицу (рис .2).

По результатам оптической и электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии поглощения установлено, что в процессе обжига в теле и на границе гранул протекают процессы твердофазного и жидкофазного спекания

керамического черепка на основе отходов углеобогащения. Происходят полиморфные превращения кварца и разложение карбонатов, слоистых силикатов и других минералов. При обжиге появление жидкой пиропластичной фазы обусловливает более раннее протекание реакций в твердой фазе с образованием соединений ферритов кальция, гематита, оливина, железистой шпинели и энстатита. Стеклофаза заполняет межзерновые пустоты, связывает частицы минералов между собой и способствует формированию прочного морозостойкого черепка.



1 – граничный слой между гранулами (матрица); 2 – тело гранулы; 3 – непрозрачные обособления темного цвета

Рис. 2. Матричная структура керамического черепка из отходов углеобогащения, гранулированных на турболопастном смесителе-грануляторе и опудренных суглинком: *а*) излом образца; *б, в, г*) аншлиф, отраженный свет, увеличение соответственно 25×, 50×, 100×

Составы шихт и результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных на Бердском и Шарыповском кирпичных заводах, представлены в табл. 2. Внешний вид керамического кирпича с 17-тью сквозными пустотами, выпущенного на заводе ООО «Красный кирпич» (Красноярский край, Шарыповский р-н, г. Шарыпово) из гранулированных отходов обогащения углистых аргиллитов, представлен на рис. 3.

Таблица 2

Состав шихт и характеристики кирпича, полученного в заводских условиях

Состав шихты, мас. %	Предел прочности,		Средняя плотность, кг/м^3	Водопоглощение, %	Морозостойкость, цикл.
	при сжатии МПа	при изгибе МПа			
Коркинские аргиллиты-60; Суглинок – 25; Стеклобой – 10; Гематитсодержащие отходы – 5	12,2	3,04	1549	17,28	25
Отходы Абашевской ЦОФ – 85; Суглинок – 15	15,5	3,49	1589	14,1	50

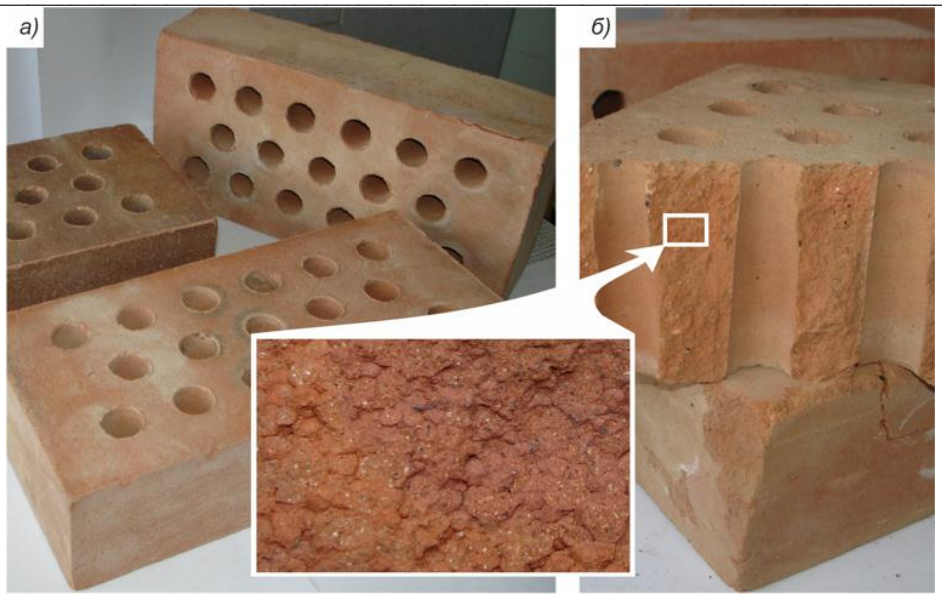


Рис. 3. Пустотелый керамический кирпич формата 1 НФ на основе гранулированных отходов обогащения углистых аргиллитов (а) и макроструктура черепка после физико-механических испытаний (б)

Результаты испытаний кирпича, проведенные в заводских лабораториях, показали, что керамический кирпич на основе техногенных отходов, полученный путем их грануляции с последующим опудриванием глинистым сырьем, имеет четкие грани, геометрические размеры и соответствует требованиям ГОСТ 530-2007 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» для марок 100-150 в зависимости от состава шихты.

Таким образом, проведенные исследования показывают реальную возможность и насущную необходимость в угольных районах нашей страны использовать отходы углеобогащения, как в качестве основного сырья, так и в качестве источника энергии для энергоемкого производства изделий стеновой керамики.

Список литературы

1. Кройчук Л.А. Использование нетрадиционного сырья для производства кирпича и черепицы в Китае [Текст] / Л.А. Кройчук // Строительные материалы. – 2008. – № 7. – С. 62.

2. Storozhenko G. Ceramic bricks from industrial waste / G. Storozhenko, A. Stolboushkin // Ceramic & Sakhteman. Seasonal magazine of Ceramic & Building. – Teheran, Iran. – 2010, Winter. – № 5. – p. 2-6.

УДК 658:622.7

ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МАСЛЯНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ ШЛАМОВ НА ЦОФ «АБАШЕВСКАЯ»

Смирнова С.А., Хайбулин А.В.
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия

Рядовой уголь, поступающий на фабрику от различных поставщиков, делится по маркам следующим образом: марка Г поступает с шахт «Тагарышская», «Кушеяковская»; марка ГЖ поступает с шахты «Осинниковская»; марка Ж поступает с шахт «Абашевская»,

«Есаульская»; марка ГЖО поступает с шахты «Грамотеинская». Из углей различных марок составляется шихта необходимого состава, поступающая в процесс обогащения.

Главный корпус фабрики состоит из двух секций. Первая секция работает по следующей технологической схеме (рис. 1). Уголь подается на четыре грохота ГИСТ -72 мокрой классификации для разделения на классы 0-13 мм и 13-200 мм. Уголь крупностью 13-200 мм ленточными конвейерами подается в колесный сепаратор СКВП-32 с минеральной суспензией удельного веса 1.8 т/м3, где разделяется на породу и микст. Порода с элеваторного колеса поступает на грохот ГИСЛ-72 для отделения кондиционной суспензии, отмывки магнетита и обезвоживания. Обезвоженная порода ленточными конвейерами подается на сборочный ленточный конвейер, транспортирующий породу в погрузочные бункера.

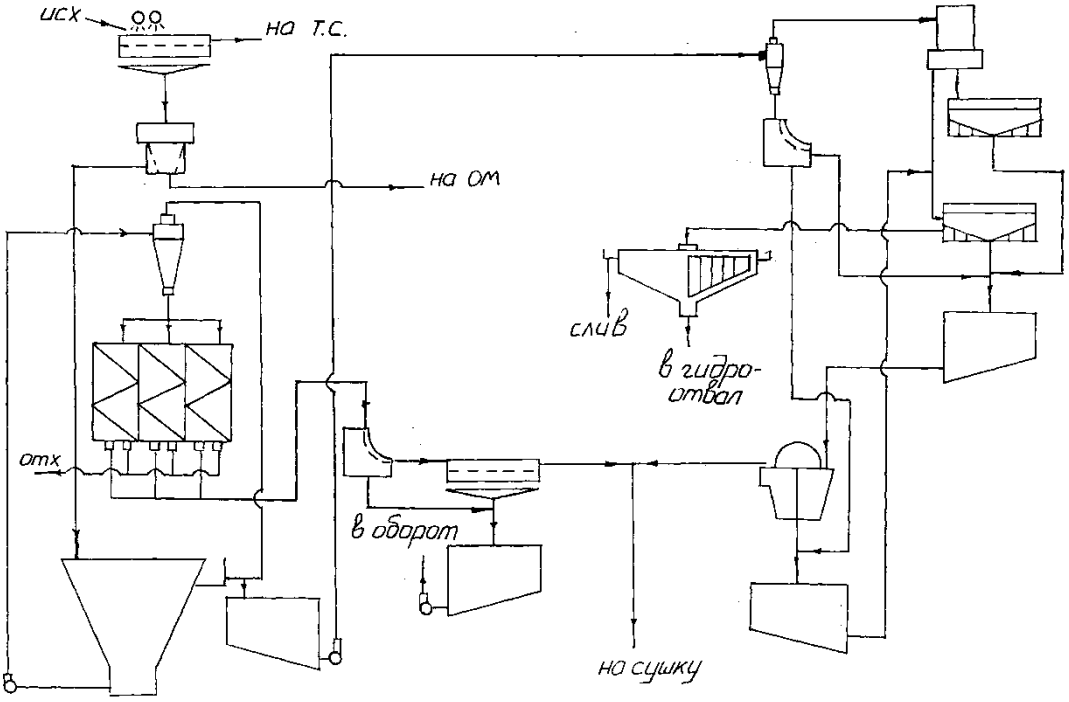


Рис. 1. Водно-шламовая схема первой секции до внедрения масляной грануляции шламов

Микст после отделения кондиционной суспензии, отмывки магнетита и обезвоживания на грохотах ГИСТ-72 поступает в колесный сепаратор СКВ-20 с удельным весом суспензии 1,4 т/м^3 для разделения на концентрат и промпродукт, которые после отделения кондиционной суспензии, отмывки магнетита и обезвоживания на грохотах ГИСЛ-62 конвейерами, минуя сушку, подаются на склад готовой продукции.

Подрешетный продукт мокрой классификации (класс 0-13 мм) по первой секции поступает на сито ОSO, с размером щели 1-2 мм, где разделяется на классы 0-2 мм и 2-13 мм. Надрешетный продукт сит ОSO, крупностью 2-13 мм поступает на обогащение в отсадочные машины типа ОМ-18, где разделяется на концентрат, промпродукт и породу. Порода после обезвоживания в элеваторе с породой винтового сепаратора ленточными конвейерами транспортируется в породные погрузочные бункера. Концентрат отсадочных машин после гидроклассификации в багер-зумпфе обезвоживается в центрифуге ФВВ-1000 и подается ленточными конвейерами на сушку.

Подрешетная шламовая вода с сит ОSO крупностью 0-2 мм направляется в гидроклассификатор, слив которого поступает в зумпф питания флотации. Пески с гидроклассификатора насосами качаются на восемь гидроциклонов. Слив гидроциклонов крупностью 0-0,2 мм направляется в зумпф питания флотации, а пески гидроциклонов крупностью 0,2-2 мм обогащаются на винтовых сепараторах. Концентрат с винтового сепаратора поступает на сито сброса, где удаляется основная масса воды, и дальше на высо-

кочастотный вибрационный грохот. Обезвоженный концентрат на сборном конвейере объединяется с концентратом отсадки и направляется на сушку.

Шламовая подрешетная вода высокочастотного вибрационного грохота объединяется с фугатом центрифуг и отходами ЭБМ и насосами качается на брызгала классифицирующих грохотов. Слив багер-зумпфа также направляется на брызгала классифицирующих грохотов. Порода винтового сепаратора обезвоживается в багер-элеваторах с породой отсадочных машин.

Слив гидроциклонов, крупностью 0 – 0,2 мм поступает в зумпф питания флотации, откуда насосами качается на пять гидроциклонов, слив которых идет в АКП-1600, а пески на дуговое сито. Надрешетный продукт сита поступает в зумпф флотоконцентрата, а подрешетный в зумпф фильтрата.

Реагенты из аккумулирующих баков автоматически дозируются в зависимости от объема и плотности поступающей пульпы, объединяются, после чего примерно 60 % смеси реагентов подается в АКП - 1600, а 40 % дробно подается в камеры флотации. Обработанная реагентами пульпа из АКП-1600 по трубопроводам распределяется по флотомашинам. Флотоконцентрат, предварительно пройдя вакуумное механическое пеногашение в пеногасителе ПЦВ-750М, направляется в зумпф, из которого насосами подается на вакуум-фильтры ДУ-250 «Сибирь». Фильтрат вакуум-фильтров поступает в зумпф, а оттуда насосами возвращается на флотацию (в АКП-1600).

Отходы флотации самотеком поступают в радиальный сгуститель П-30. Сгущенные отходы флотации насосами перекачиваются в сборный зумпф, откуда углесосами направляются в гидроотвал. Слив сгустителя и осветленная вода из гидроотвала возвращаются в технологический процесс.

К недостаткам технологической и водно-шламовой схем первой секции фабрики можно отнести:

- высокая циркуляция шламовых вод после обезвоживания продуктов обогащения (отходы ЭБМ, фильтрат центрифуг, слив багер-зумпфа, подрешетный продукт высокочастотного вибрационного грохота), которые возвращаются в технологический процесс без регенерации;
- разбавление пульпы перед флотацией в результате подачи в нее фильтрата вакуум - фильтров;
- низкая удельная производительность флотационных машин (0,21-0,33 т/м^{3}ч);
- высокий расход реагентов-собирателей;
- недостаточная селективность процесса флотации (35-50 %);
- низкая удельная производительность вакуум-фильтров (0,1 т/м^{3}ч).

Для повышения эффективности процессов обогащения и обезвоживания угольных шламов на первой секции фабрики необходимо решить следующие задачи:

- повысить селективность процесса флотации для сокращения потерь угля с отходами флотации;
- повысить скорость флотации для сокращения количества используемых флотомашин;
- снизить расход флотационных реагентов;
- повысить плотность флотоконцентрата для улучшения его последующего обезвоживания.

Все эти задачи можно решить за счет использования предварительной селективной масляной агрегации мелких угольных частиц перед флотацией.

Масляная агломерация – процесс, который эффективен для обогащения шламов рядовых углей, переобогащения высокозольных отходов флотации, а также шламов с илонакопителей.

Процесс заключается в том, что естественно гидрофобные или гидрофобизированные угольные частицы при турбулизации в водной среде с углеводородной жидкостью

образуют агломераты, состоящие из частиц угля связанных между собой тонкой пленкой масла. Постепенно агломераты уплотняются, структурно преобразуясь в плотные, преимущественно сферической формы, гранулы, которые легко отделяются от гидрофильных частиц при флотации, фильтрации или просеивании (в зависимости от размера гранул).

Эффективность процесса зависит от свойств и расхода вводимого масла, интенсивности турбулизации и продолжительности процесса. Продолжительность процесса в свою очередь зависит от плотности, температуры и pH суспензии. Влияние pH суспензии особенно существенно при агломерации тонких и частично окисленных частиц. Роль температурного фактора резко снижается при использовании низковязких масел.

Для испытаний и создания установки масляной грануляции необходимо использовать пятикамерную флотационную машину МФУ-12 с объемом камер 12 $м^3$ и двумя блоками импеллеров в каждой камере (флотомашина Г). В первых двух камерах флотомашины необходимо смонтировать четыре камеры грануляции, а последние три камеры использовали для пенной флотации. Перемешивание пульпы в каждой камере грануляции осуществляется турбинной мешалкой закрытого типа со скоростью вращения 760 об/мин. Вращение мешалки получают через ременную передачу от асинхронного электродвигателя мощностью 45кВт, при числе оборотов в минуту, равном 960.

Технологическая схема отделения флотации первой секции перед флотацией выглядит следующим образом. Слив гидроклассификатора и слив гидроциклонов поступают в зумпф питания флотации, из которого насосом качаются на пять гидроциклонов диаметром 350 мм, установленных в отделении флотации. Пески гидроциклона поступают на дуговые сита, надрешетный продукт которых направляется сразу на фильтрацию вместе с флотоконцентратом, а подрешетный продукт направляется в аппарат кондиционирования пульпы АКП и на флотацию.

Слив гидроциклонов поступает в АКП, куда также возвращается фильтрат с вакуум-фильтров. Из АКП обработанная реагентами пульпа может распределяться на четыре флотационные машины.

Реагенты собиратель-термогазойль и вспениватель-КЭТГОЛ в виде смеси после эмульсирования дробно подаются в АКП и камеры флотационных машин. Примерно 60-70% смеси реагентов в виде эмульсии подается в АКП. Расход собирателя в период испытаний был постоянным и составлял 6 кг/т, а расход вспенивателя менялся в зависимости от характеристик питания флотации в диапазоне 6-8 $г/м^3$.

В обычных условиях на первой секции работают: флотомашина А производительностью 450-500 $м^3/ч$ и флотомашина В производительностью 300-350 $м^3/ч$. При включении в работу машины Г с установкой масляной агрегации на нее подавалось 300-350 $м^3/ч$ исходной пульпы, а машина В останавливалась. Реагентный режим флотации не менялся, а дробная часть реагента машины Г подавалась в первую камеру грануляции.

Для оценки эффективности процесса масляной грануляции угольных частиц перед флотацией по результатам сменных опробований флотомашин проводилось сравнение технологических показателей работы машины А и машины Г, а также совместной работы машин А и В без грануляции с работой машин А и Г с грануляцией. Результаты промышленных испытаний позволяют утверждать, что при работе флотомашины А и флотомашины Г с масляной агрегацией угольных шламов по сравнению с работой флотомашин А и В без агрегации выход концентрата увеличился на 1,2 %, содержание твердого в пенном продукте выросло на 17 г/л и зольность отходов повысилась на 6,2%.

В табл. 1. приведен ориентировочный расчет экономической эффективности от внедрения масляной агрегации угольных шламов на флотомашине Г.

На основании промышленных испытаний принято решение изготовить и внедрить установку масляной грануляции с производительностью, обеспечивающей эффективную агрегацию всей флотационной пульпы на первой секции фабрики. Это позволит сократить фронт флотации, увеличить выход флотоконцентрата и снизить расход реагентов.

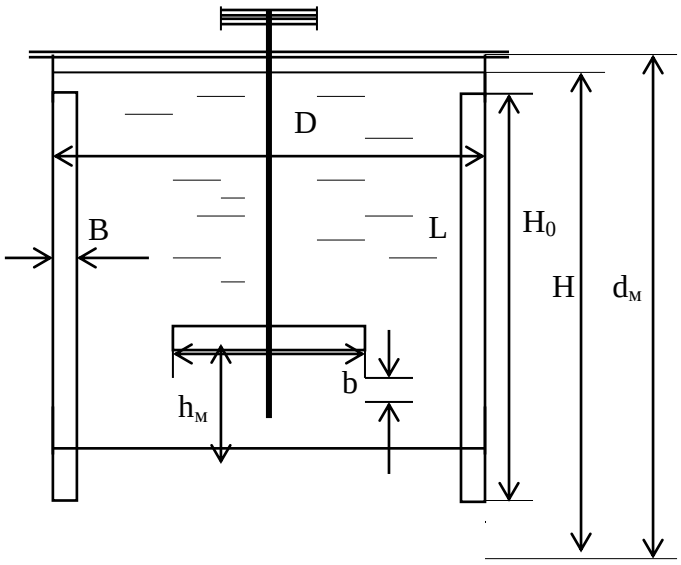
Таблица 1

Результаты промышленных испытаний

Показатели	Выход концентрата, %	Выпуск концентрата, т/год
Без грануляции	84,20	321503
С грануляцией	85,44	332623

Исходные данные для проектирования установки и технологические параметры процесса, принятые на основании результатов исследовательских работ и промышленных испытаний следующие.

Для масляной грануляции шламов предлагается использовать цилиндрическую камеру с одной мешалкой турбинного типа на вертикальном валу. Основные геометрические характеристики аппарата грануляции с мешалкой и их обозначение приведены на рис. 2.



$d_м$ – диаметр мешалки; D – диаметр камеры; H – высота камеры; H_o – высота слоя жидкости; $h_м$ – высота расположения мешалки над дном; b – ширина лопасти мешалки; B – ширина перегородки; L – высота перегородки

Рис. 2. Геометрические параметры аппарата грануляции с мешалкой

Объем пульпы, поступающей в аппараты агрегации 600-650 $м^3$/ч при содержании твердого 70-80 г/л. Необходимое время агрегации от 2 до 4 минут; окружная скорость вращения мешалки не менее 10 м/с; отношение диаметра камеры к диаметру мешалки $D/d_м$ = 4-5, тип мешалки – турбинная закрытого типа, соединенная с полой трубой для засасывания воздуха в камеру при перемешивании. Воздух необходим для интенсификации процесса агрегации и снижения нагрузки на электродвигатель. В камерах агрегации устанавливаются 1 или 2 отражательных перегородки шириной B = 0,08D, глубина погружения мешалки $h_м$ = 0,5H. На основании указанных исходных данных выполнен расчет геометрических параметров камер грануляции и проведен выбор электродвигателя.

Капитальные вложения составили 10000 тыс. руб.

Схема обогащения угольных шламов с предварительной масляной агрегацией тонких частиц показана на рис.3.

Схема цепи аппаратов отделения флотации с установкой масляной грануляции шламов (УМГ) предусматривает возможность работы отделения флотации по старой схеме и по новой с масляной грануляцией шламов. При работе по новой схеме задвижка между сборником слива гидроциклонов и АКП закрывается, а другая задвижка на УМГ открывается. Слив гидроциклонов по трубе поступает в загрузочный желоб, откуда рав-

номерно распределяется по двум ниткам грануляции. Реагенты собиратель и вспениватель могут подаваться в виде смеси или раздельно в трубу перед УМГ или в первые камеры грануляции. После грануляции пульпа из разгрузочной камеры может направляться на машину А или машину В.

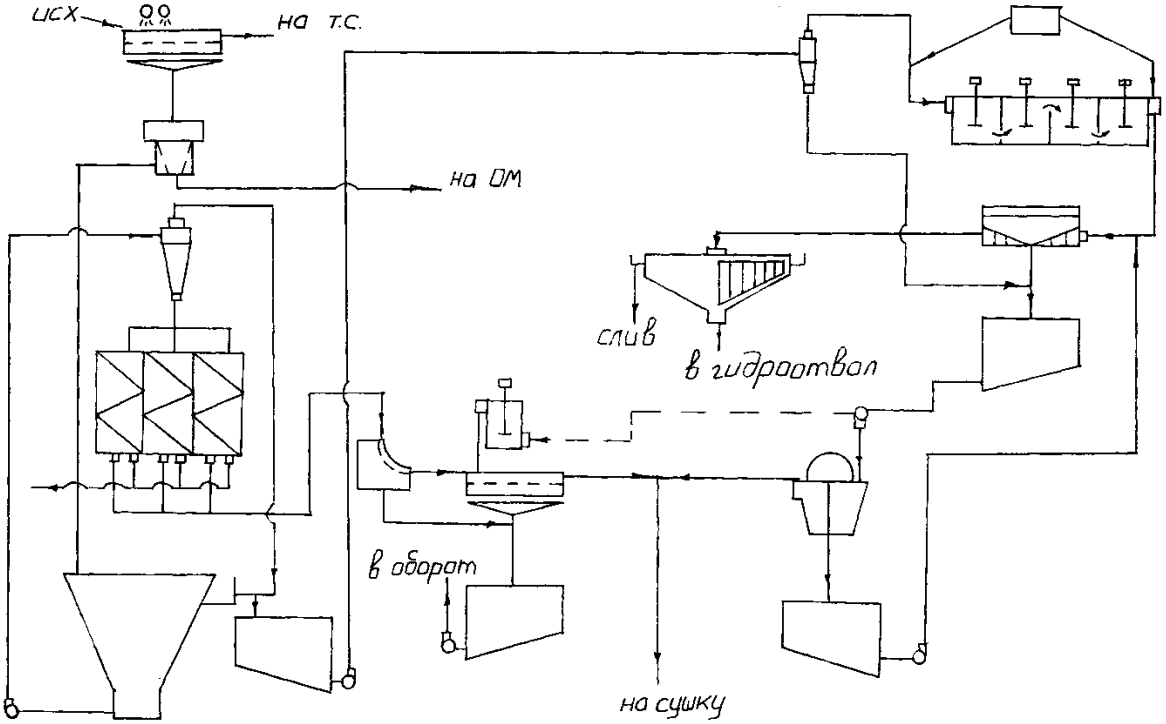


Рис. 3. Водно-шламовая схема первой секции после внедрения масляной грануляции шламов

Схема цепи аппаратов отделения флотации с УМГ предусматривает возможность работы отделения флотации по старой схеме и по новой с масляной грануляцией шламов. При работе по новой схеме задвижка между сборником слива гидроциклонов и АКП закрывается, а другая задвижка на УМГ открывается. Слив гидроциклонов по трубе поступает в загрузочный желоб, откуда равномерно распределяется по двум ниткам грануляции. Реагенты собиратель и вспениватель могут подаваться в виде смеси или раздельно в трубу перед УМГ или в первые камеры грануляции. После грануляции пульпа из разгрузочной камеры может направляться на машину А или машину В.

После внедрения технологии масляной грануляции предприятие увеличит скорость протекания флотации гранулированного угольного шлама, что позволит сократить фронт флотации в 2 раза. Высокая селективность разделения продуктов масляной грануляции обеспечит получение качественного концентрата и высокозольных отходов. Несмотря на то, что после грануляции в пенный продукт флотации извлекаются практически все ультратонкие угольные частицы (зольность класса –0,1 мм в отходах больше 80 %), фильтрация флотоконцентрата на вакуум-фильтрах не ухудшилась: производительность фильтров, влажность осадка и содержание твердого в фильтрате сохранились на прежнем уровне. Это объясняется повышением плотности пенного продукта флотации и агрегацией мелких угольных частиц.

Эффективность процесса масляной грануляции зависит от способа подачи реагентов в пульпу. Проверка результатов лабораторных исследований на промышленной установке показала, что такие факторы, как точка подачи реагентов и их эмульсирование, а также раздельная подача собирателя и вспенивателя или в смеси, не оказывают заметного влияния на эффективность масляной грануляции и флотации.

За время эксплуатации УМГ удалось установить возможность увеличения расхода вспенивателя без нарушения работы водно-шламовой схемы секции, т.е. не происходит запенивания системы. Увеличение расхода вспенивателя позволило дополнительно сократить расход собирателя и увеличить скорость процесса масляной грануляции.

В табл. 2 приведено сравнение полученных результатов с показателями обогащения шламов без масляной грануляции использовали с результатами до внедрения УМГ.

Таблица 2

Средние показатели работы отделения флотации до и после внедрения масляной грануляции угольных шламов

Продукты	Без грануляции				С грануляцией			
	Q, кг/т		γ, %	A^d, %	Q, кг/т		γ, %	A^d, %
	соб.	вспен.			соб.	вспен.		
Концентрат	6,11	0,08	87,2	7,2	2,86	0,08	91,6	7,2
Отходы			12,8	45,5			8,4	65,3
Всего			100,0	12,1			100,0	12,1

Таким образом, можно сделать выводы:

1) внедрение процесса масляной агломерации шламов улучшило технологические показатели обогащения: расход собирателя уменьшился на 3,25 кг/т; выход концентрата увеличился на 4,4 %; сократились потери угля с отходами ($A^d_{отх}$ увеличилась на 20 %); фронт флотации сократился практически в два раза.

2) затраты электроэнергии с пуском УМГ не увеличились.

3) показатели фильтрации флотоконцентрата на вакуум-фильтрах не ухудшились, несмотря на повышенное содержание тонкого угля в нем.

4) УМГ может эффективно работать с одной ниткой грануляции (4 камеры).

Эффект внедрения технологии масляной грануляции шламов приведен в табл. 3. Из табл. 3 видно, что выпуск концентрата увеличится на 4,4%, себестоимость переработки рядового угля уменьшится на 0,5%, на это повлияет снижение реагента на 10%, или на 1,3 руб./т. При этом численность и среднемесячная заработная плата работников списочного состава не изменится.

Таблица 3

Изменение показателей после внедрения мероприятий масляной грануляции шламов на ЦОФ «Абашевская»

Наименование показалелей	2010 год факт	Проект	Абсолютное отклонение	Относит. отклонение
Объем переработки угля, тыс. т	2107,1	2107,1	-	-
Выпуск концентрата, тыс. т	1471,9	1536,66	64,76	104,4
Полная себестоимость, тыс. руб. (изменения произойдут по статье материалы):	365 198	363458,77	-1739,23	99,5
- реагенты (руб./т)	12,98	11,68	-1,3	90
Амортизация основных фондов	28046	29046	1000	103,56
Численность работников	368	368	-	-
Среднемесячная заработная плата работников списочного состава, тыс. руб.	17,625	17,625	-	-
Себестоимость переработки рядового угля руб./т	173,31	172,5	-0,82	99,5

Показатели финансовых результатов реализации проекта внедрения масляной грануляции шламов, сведены в табл. 4.

Таблица 4

Финансовые результаты реализации проекта

Наименование показателя	2010 год	Проект	Абс. откл.	Отн. откл.
Выпуск концентрата, тыс. т.	1471,9	1536,66	64,76	104,40
Стоимость за выпуск 1т концентрата	275,6	275,6	-	-
Выручка от реализации продукции, тыс.руб.	405693	423503,5	17810,5	104,4
Себестоимость переработки, тыс. руб.	365198	363458,77	-1739,23	99,5
Прибыль от реализации продукции, тыс. руб.	40495	60044,73	19549,73	148,2
Налог на прибыль, тыс. руб.	8099	12008,9	3909,9	148,2
Чистая прибыль, тыс. руб.	32396	48035,8	15639,8	148,2

По данным табл. 4 видно, что выпуск концентрата увеличился на 4,4%, себестоимость переработки снижается на 0,5%. Следовательно, увеличится выручка от реализации продукции на 4,4%, или на 17810,5 тыс. руб. Также возрастут доходы государственного бюджета на 48,2%, чистая прибыль возрастет на 15639,8 тыс. руб. Проект внедрения масляной грануляции окупится примерно за 8 мес.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ....4
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ
Фрянов В.Н., Павлова Л.Д. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия....6
АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОТЧЕТОВ ОЦЕНОК XMDA СИСТЕМЫ MARCO SYSTEMANALYSE UND ENTWICKLUNG GMBH (ГЕРМАНИЯ) ПРИ ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ШАХТЕ «КОМСОМОЛЕЦ» ОАО «СУЭК – КУЗБАСС»
Клишин В.И., Вессель А.О. Институт угля СО РАН, г. Кемерово, Россия....13
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ОБВОДНЕННЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПЛАСТАМИ БОЛЬШОЙ ЕДИНИЧНОЙ МОЩНОСТИ
Ческидов В.И., Бобыльский А.С., Резник А.В. Институт горного дела СО РАН г. Новосибирск, Россия....19
ТЕХНОЛОГИИ РУП «ПО «БЕЛОРУСНЕФТЬ» ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ»
Ткачёв Д.В., Демяненко Н.А., Пысенков В.Г., Третьяков Д.Л., Бутов Ю.А. БелНИПИнефть г. Гомель, Республика Беларусь....26
СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА» 32
ОПЫТ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДОРОБОТКЕ ОСТАВШИХСЯ ЗАПАСОВ РАЗРЕЗА ИНАГЛИНСКИЙ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ СИСТЕМОЙ РАЗРАБОТКИ
[1]Никольский А.М., [1]Ордин А.А., [2]Цивка А.Ю., [1]Неверов А.А., [1]Неверов С.А.
1 – Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, Россия 2 – ООО СП «ЭРЭЛ» г. Нерюнгри, Республика Саха (Якутия), Россия....34
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ МОЩНОСТИ И ГЛУБИНЫ ОТРАБОТКИ ЛИЦЕНЗИОННОГО УЧАСТКА «РАЗРЕЗ РАСПАДСКИЙ»
[1]Ордин А.А, [2]Васильев И.В. 1 - Институт горного дела СО РАН, 2 - ОАО «Сибгипрошахт» г. Новосибирск, Россия....41
ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ МОЩНОГО ПОЛОГОГО УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СТОЛБАМИ-КАМЕРАМИ
Федорин В.А., Варфоломеев Е.Л., Кассина О.В. Институт угля СО РАН, г. Кемерово, Россия....44
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БАЙНАЗАР
Куленова Н.А., Чуб В.В., Шерегеда З.В., Ахметвалиева З. ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан....48
РЕЛЬСОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
Авдеев А.М., Большунов А.В., Соколова Г.В. Национальный минерально-сырьевой университет «ГОРНЫЙ», г. Санкт-Петербург, Россия....51
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ВТОРИЧНЫХ КАМЕР ПРИ ЭТАЖНО – КАМЕРНОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ С ЗАКЛАДКОЙ НА СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ УЧАСТКЕ ТАШТАГОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
Цинкер Л.М., Смирнов С.М. ООО «ВостНИГРИ» г. Новокузнецк, Россия....55
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ПОДРАБОТАННОМ МАССИВЕ В УСЛОВИЯХ ОАО «РАСПАДСКАЯ»
[1]БубновК.А., [2]Ремезов А.В. 1 - ОАО «Распадская», г. Междуреченск, Россия
2 – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет», г. Кемерово, Россия....60

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРОБОВАНИЯ РУДЫ, ПРОМПРОДУКТОВ И ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ ПОДЗЕМНЫХ РУДНИКОВ ГОРНОЙ ШОРИИ
Цинкер Л.М., Смирнов С.М., Волынер А.М. ООО «ВостНИГРИ» г. Новокузнецк, Россия 66
МОНИТОРИНГ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ШЕРЕГЕШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ
Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Лобанов С.А. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 69
ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ НЕФТИ, ГАЗА И РУДНЫХ ТЕЛ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ В СВЕТЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ И ФЛЮИДОНАСЫЩЕННЫХ ЗОН ЗЕМЛИ
Черных Н.Г. ОАО «Гидроуглестрой» г. Новокузнецк, Россия 76
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ НАПРЯЖЕННЫХ РУДНЫХ МАССИВОВ НА ЗАЖИМАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИ СИСТЕМЕ ЭТАЖНОГО ОБРУШЕНИЯ
[1]Волченко Г.Н., [2]Серяков В.М., [1]Волченко Н.Г., [1]Фрянов В.Н. 1 – ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия
2 - Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия 82
ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВАРИАНТА ПОДЗЕМНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ЭТАЖНОГО УПРАВЛЯЕМОГО САМООБРУШЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ
[1]Волченко Г.Н., [1]Фрянов В.Н., [2]Серяков В.М., [1]Волченко Н.Г. 1 – ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия
2- Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск, Россия 95
ОСОБЕННОСТИ ТОЛЩИНОМЕТРИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ФАСОННОГО ПРОКАТА
Лобков С.В., Абакумов В.Л., Лилипу К.В., Шолохов А.И. ЗАО «НИИЦ КузНИУИ» г. Прокопьевск, Россия 111
МОБИЛЬНЫЙ ГИДРОСТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРООБОРУДОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ
Журавлев Р.П., Демидов В.И, Лобков С.В., Митусов Е.Л. ЗАО «НИИЦ КузНИУИ» г. Прокопьевск, Россия 114
ДИСКРЕТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА
Бартышев А.В., Каледин В.О., Штейнбрехер О.А. Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета г. Новокузнецк, Россия 116
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЛОИСТОГО УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ПОРОД
Корнев Е.С., Павлова Л.Д., Фрянов В.Н. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк 119
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЩЕЛЕВОЙ РАЗГРУЗКИ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ВЫРАБОТКИ
Цветков А.Б., Фрянов В.Н. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 126
О МОДИФИКАЦИИ СИМПЛЕКС-МЕТОДА ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Шкредова Н.С., Гаврилов Б.И. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия 129

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЗОНДИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ
Важенцева Н.В., Зеркаль С.М. Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет г. Новосибирск, Россия 133
СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ» 139
ЭКСПРЕСС-МЕТОД РАНЖИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПО ИНТЕГРАЛЬНОМУ ИНДИКАТОРУ РИСКА
Новоселов С.В. Международная академия наук экологии и безопасности г. Кемерово, Россия 141
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ (ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ) В ДОЛГОСРОЧНОМ ПЕРИОДЕ
Новоселов С.В. Международная академия наук экологии и безопасности г. Кемерово, Россия 144
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ И ОПЛАТЫ ТРУДА
Нифонтов А.И., Кушнеров Ю.П. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия 146
ОЦЕНКА РИСКА БАНКРОТСТВА ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
Черникова О.П., Никитина С.А. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 149
КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ИЗДЕРЖЕК В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ УГЛЯ
Дубовик Ю.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 157
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ТРУДА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
Гринкевич О.В., Иванников А.Е., Фролова А.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 160
ПРИКЛАДНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СКЛАДСКОГО ЗАПАСА ПРЕДПРИЯТИЙ
Евса Я.М. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 163
ПОВЫШЕНИЕ ЛИКВИДНОСТИ И ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПРИМЕРЕ ОАО «ЮЖНЫЙ КУЗБАСС»
Калюкина К.Е., Зиганшина Е.А. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 165
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕГИОНА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД
Смирнова М.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 169
ВЛИЯНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕКСИХ РЕСУРСОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА
Смирнова М.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 173
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИНАНСОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ХОЗЯЙСТВУЮЩЕГО СУБЪЕКТА
Наумкин Е.В. Разрез «Салек» г. Новокузнецк, Россия 176
РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ
Медведев Б.Н., Васкевич А.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 178

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ШАХТЫ «АНТОНОВСКАЯ»
Медведев Б.Н., Романова В.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 182
СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ»..... 185
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»
[1]Ивушкин К.А., [2]Шипунов М.В., [2]Грачев В.В. ,[3]Мышляев Л.П.
1 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой» 2 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» 3 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия..... 187
ИССЛЕДОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ВОЗМУЩЕНИЙ И ДИНАМИКИ ОБЪЕКТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА)
[1]Евтушенко В.Ф., [1]Макаров Г.В., [1]Мышляев Л.П., [2]Ивушкин К.А., [1]Буркова Е.В.
1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»
2 – ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой» г. Новокузнецк, Россия..... 191
РЕГУЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ МАГНЕТИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ В УСЛОВИЯХ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ «МАТЮШИНСКАЯ»
[1]Киселев С.Ф., [2]Циряпкина А.В., [1]Линков А.А., [2]Мышляев Л.П., [2]Березин Д.Г. 1 - ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» 2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия..... 195
РАЗРАБОТКА В СРЕДЕ UNITY3D ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА
Мочалов П.С. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия..... 200
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА
[1]Пугачев Е.В., [2]Бих В.В., [2]Журавлев А.А. 1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 2 - ООО НПП «Ингортех» г. Екатеринбург, Россия..... 203
ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ И РУДНИКОВ
[1]Сорокин А.А., [2]Мещерин А.Т., [2]Пугачев Е.В., [2]Ваулин Г.А., [2]Сухов М.В., [2]Мещерина Ю.А., [2]Иванов А.С. 1 - ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ»
2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия..... 205
ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ПОДЗЕМНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
[1]Кипервассер М.В., [1]Инжелевская О.В., [2]Аниканов Д.С. 1 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» 2 - ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой» г. Новокузнецк, Россия..... 209
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (АСКУЭ) НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
[1]Шишова И.В. [2]Кипервассер М.В., [2]Инжелевская О.В. 1 - Евраз Кокс Сибирь - филиала ОАО "ЕВРАЗ ЗСМК", 2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия..... 213

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ОТ АКТИВНОЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДОВ ТАПЛИВА НА ТЭЦ
Кузнецова Е.С., Свирская Г.С., Дивин Г. В., Карачевцев И. О. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 216
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ ООО «ИНГОРТЕХ»
Лапин С.Э., Бабенко А.Г., Кокорев А.Н. ООО «ИНГОРТЕХ» г. Екатеринбург, Россия .. 219
К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ТРАНСПОРТА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КУЗБАССА
Жарков Д.Ю., Иванов А.А. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 226
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАХТНЫМ ТРАНСПОРТОМ НА ШАХТЕ «ОСИННИКОВСКАЯ»
Медведев Б.Н., Пелипецкий И.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 229
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ» СТУДЕНТАМ-ЭЛЕКТРОМЕХАНИКАМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ
Пугачёва Э.Е. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 236
СЕКЦИЯ «БЕЗОПАСНОСТЬ ДОБЫЧИ УГЛЯ И ШАХТНОГО МЕТАНА, ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕПРОДУКТОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ» 239
ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ
[1]Домрачев А.Н., [2]Лукин К.Д., [3]Лукин М.К. 1 - Новокузнецкий филиал ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2 - ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия 3 - ФГБОУ ВПО МГГУ, г. Москва, Россия 241
ВИДЫ ОПАСНЫХ ЗОН ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
[1]Лазаревич Т. И., [1]Власенко Ю. Н., [2]Рогова Т. Б. 1 - Кемеровское Представительство ВНИМИ 2 – ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет» г. Кемерово, Россия 244
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО СЛОЯ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ
Зеньков И.В. Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск, Россия 250
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ СРЕДСТВАМИ МОНИТОРИНГА ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ УГЛЯ И ГАЗА
Шадрин А.В., Дегтярева М.В., Бирева Ю.А. ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет» г. Кемерово, Россия 252
ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ – ВАЖНАЯ ЗАДАЧА В ОБЛАСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
Лобков С.В., Варламова Л.Н., Миллер О.В. ЗАО «НИИЦ КузНИУИ» г. Прокопьевск, Россия 255
О КАЧЕСТВЕ ЭКСПЕРТИЗЫ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
[1]Журавлев Р.П., [1]Демидов В.И., [1]Лобков С.В., [2]Гуртенко П.И. 1 - ЗАО «НИИЦ КузНИУИ» г. Прокопьевск, Россия 2 – ООО «Спецгидравлика» г. Новосибирск, Россия 258

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ АКТИВИЗАЦИЙ НА ШАХТАХ КУЗБАССА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ НЕДР
Панин С.Ф. Кемеровское Представительство ВНИМИ г. Кемерово, Россия 261
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ КРУТЫХ ПЛАСТОВ НА ПРИМЕРЕ ШАХТ ПРОКОПЬЕВСКО-КИСЕЛЕВСКОГО РАЙОНА КУЗБАССА
Чухнов К.В. Кемеровское Представительство ВНИМИ г. Кемерово, Россия 265
КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА КАК ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В ОБНОВЛЕННОЙ РЕДАКЦИИ ПБ
Поляков Д.А. Кемеровское Представительство ВНИМИ Кемерово, Россия 269
ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ МЕТАНА НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КУЗБАССА
Богданова Е.О., Гринкевич О.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 273
НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧИ НА СОСТОЯНИЕ ВОДНОГО БАССЕЙНА
Златицкая Ю.А. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 276
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ИЗ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАШЕНИЯ
Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 278
ОБОСНОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МАСЛЯНОЙ ГРАНУЛЯЦИИ ШЛАМОВ НА ЦОФ «АБАШЕВСКАЯ»
Смирнова С.А., Хайбулин А.В. ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» г. Новокузнецк, Россия 283

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных статей

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 25.05.2013г. Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 35,16 Уч.-изд. л. 37,24 Тираж 1000 экз. Заказ 253

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42,
Типография издательского центра СибГИУ

СУЭК

СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

SUEK

SIBERIAN COAL
AND ENERGY COMPANY