Министерство образования и науки Российской Федерации

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

ЗАО «Кузбасская ярмарка»

Международная научно-практическая конференция

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Сборник научных статей

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Новокузнецк
2012

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: Изд. центр СибГИУ, 2012 – 320 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, 2012

УДК 622.411.33

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И УСЛОВИЙ ПЕРЕХОДА МЕТАНА ИЗ ГИДРАТНОГО В КЛАТРАТНОЕ И ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ В МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИРОДНЫХ БЛОКОВ И ЛИНЕАМЕНТОВ

Фрянов В.Н., Павлова Л.Д.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Традиционная система управления газодинамическими процессами угольных шахт основана на теории рудничной аэрологии, изучающей законы движения воздуха с учетом влияния множества факторов: температуры, влажности, давления, газообразных и твердых примесей [1-4 и др.]. На основе результатов теоретических исследований и большого объема шахтных и лабораторных исследований, проведенных в прошлом веке, разработаны методики и руководства для практического применения систем газоуправления на угольных шахтах [4-6].

Параллельно развивалась теория о структуре и процессах миграции флюидов в газонасыщенном горном массиве. Исходя из потребностей горного производства по предотвращению газодинамических явлений были разработаны соответствующие методические документы, регламентирующие условия отработки высоко газоносных угольных пластов, опасных по горным ударам, внезапным выбросам угля (породы) и газа [21].

Однако практика применения этих документов показала, что проектные решения, разработанные с учетом действующих нормативных и методических документов, не всегда приводили к предупреждению аварий и инцидентов. Более того, в последних работах ВНИМИ [22] результаты теоретических исследований проявления газодинамических процессов, например [23], подвергаются ревизии и предлагается учитывать влияние неравномерного тектонического поля напряжений на геомеханические и газодинамические процессы.

В настоящее время в РФ и за рубежом осваиваются технологические системы высокоинтенсивной подземной разработки угольных месторождений с применением новейшего оборудования. При этом выявлены существенные несоответствия проектных решений по управлению газодинамическими процессами угольных шахт реальным параметрам шахтной атмосферы, которые регламентированы действующими нормативными документами [4-6 и др.]. Эти несоответствия подтверждаются результатами анализа опыта отработки высоко газоносных пластов, многих шахтных измерений параметров шахтной атмосферы, в том числе автоматизированными системами Minewatch PC 21 фирмы Davis Derby, МИКОН 1Р и GRANCH SBTC-2. Установлено, что современные технологические схемы шахт с использованием высокопроизводительных очистных механизированных комплексов (КМЗ) способны обеспечить нагрузку на очистной забой 10-20 тыс.т/сут. при метаноносности до 13 $м^3$/т [1]. Фактическая метаноносность угольных пластов существенно выше и достигает в Араличевском районе 31 $м^3$/т, на шахтах Байдаевского месторождения Кузбасса – 30 $м^3$/т [1, 7].

Возможности вентиляции на действующих шахтах ограничены. Причинами этого являются: высокое аэродинамическое сопротивление главных воздухоподающих и вентиляционных выработок, морально и физически устаревшие вентиляторные установки главного проветривания, наличие большого количества поддерживаемых выработок с расходом воздуха по ним, значительно превышающим нормативный.

Зачастую на основные объекты проветривания (выемочные участки, подготовительные забои) поступает не более 30 % объема воздуха, подаваемого в шахту.

Очевидно, что с учетом возможностей вентиляции высокая производительность очистных забоев достижима только при газоносности угольных пластов не более 13 $м^3$/т [8].

В настоящее время в Кузбассе широко применяются технологические схемы комбинированного проветривания выемочных участков и полей при разработке свит высоко

газоносных угольных пластов пологого и наклонного падения с применением газоотсасывающих вентиляторов.

Эти схемы позволяют эффективно управлять метановыделением в пределах выемочного участка. Но они являются опасными с точки зрения образования местных скоплений метана за пределами выемочного участка, а также в отношении эндогенной пожароопасности, особенно при отработке свит пластов, склонных к самовозгоранию [9].

Кроме этого концентрация метана на газоотсасывающих вентиляторах должна быть не более 2 % и поддерживается за счет подсвежения вентиляционной струи в районе вентиляторов, в это же время концентрация метана в выработанном пространстве в районе очистного забоя может достигать взрывоопасных концентраций. Большая протяженность газодренажных выработок, до 5 км, и количество перемычек до нескольких десятков снижают эффективность работы газоотсасывающих вентиляторов из-за большого количества подсосов и высокого аэродинамического сопротивления газодренажной сети.

В соответствии с [6] дегазация должна осуществляться на газовых угольных шахтах, где средствами вентиляции невозможно обеспечить содержание метана в воздухе в пределах норм безопасности. Дегазация разрабатываемых пластов должна применяться во всех случаях, когда на участках ведения очистных и подготовительных работ метаноносность пласта составляет 13 $м^3$/т и более [1].

В настоящее время разработаны и используются более 30 способов и технологических схем дегазации. Среди них наиболее распространены:

– предварительная пластовая дегазация;

– дегазация выработанного пространства скважинами, пробуренными с поверхности;

– дегазация выработанного пространства и спутников рабочих пластов скважинами, пробуренными из подготовительных выработок;

– барьерная дегазация.

В ряде зарубежных стран – США, Австралия, Казахстан применяется заблаговременная дегазация угольных пластов до начала строительства шахт.

В Кузбассе способ заблаговременной дегазации угольных пластов находится в стадии начала эксперимента. Применяемое для бурения скважин дорогостоящее буровое оборудование, сложность конструкции скважин не позволяют надеяться, что заблаговременная дегазация будет осуществлена в ближайшем будущем при ограниченных инвестициях на промышленную и экологическую безопасность.

В настоящее время для каждой шахты, разрабатывающей газоносные пласты, выполняется отдельный проект по дегазации. С учетом того, что проекты проходят экспертизу промышленной безопасности, качество их довольно высокое. Экспертиза оценивает соответствие проектных решений требованиям действующих нормативных документов и рекомендаций. Однако при реализации проекта не достигается главная цель дегазации: остаточная метаноносность угольных пластов остается, как правило, выше допустимой по условиям промышленной безопасности.

Таким образом, результаты проведенного краткого анализа подтверждают, что дальнейшее совершенствование вентиляторных установок, схем проветривания газовых шахт и традиционных схем и способов дегазации угольных пластов не обеспечит существенное повышение нагрузки на очистной забой и уровня промышленной безопасности.

Нужны новые методические и практические подходы, обеспечивающие управляемое воздействие на угольный пласт, в том числе посредством формирования и консервации в угольном пласте газогидратов, разложения соединений метана и воды в безопасных участках шахтного поля или на земной поверхности с замещением метана углекислым газом и последующим использованием метана в качестве энергоносителя.

Разработанные к настоящему времени теоретические положения о клатратных соединениях, включающие гипотезы и обобщения результатов лабораторных и натурных исследований процессов клатратообразования, аккумуляции клатратов в природе и искусственных

сооружениях, перехода клатратов из кристаллического состояния (гидратного) в растворы и газообразное состояние, интенсивно развиваются, что подтверждается большим количеством публикаций в монографиях, технических журналах и диссертационных работах [11-19 и др.].

Клатраты подразделяют на два больших класса в зависимости от свойств соединения-хозяина: молекулярные клатраты и клатраты углеводородных газов.

Молекулярные клатраты образуются «хозяевами», имеющими внутримолекулярные полости (рис. 1); такие клатраты могут существовать как в растворе, так и в кристаллическом состоянии (гидраты). Характерным примером решетчатого клатрата является гидрат метана, в котором молекулы метана заключены в пустоты кристаллической решетки льда. Это соединение широко распространено в природе; запасы метана на дне океанов, вероятно, значительно превышают запасы газа в свободном состоянии.

а б

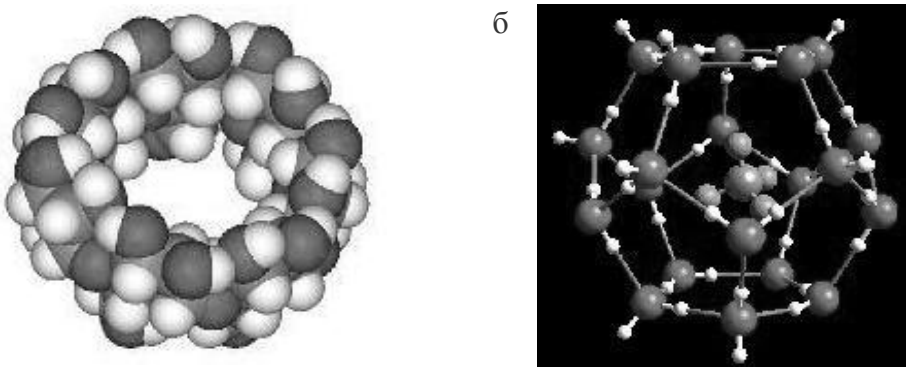


Рис. 1. Клатраты метана [16]: а – молекулярные клатраты; б – решетчатые клатраты

Клатраты углеводородных газов, согласно [16], представляют собой соединения, в которых молекулы легколетучих газов или жидкостей заполняют структурные пустоты кристаллической решетки, образованной молекулами воды. Условия образования и существования гидратов: давление 2 Па – 1,7 ГПа, температура 50-350 К. Один объем воды в гидратном состоянии связывает от 70 до 350 объемов газа. Внешне гидраты похожи на спрессованный снег или молодой лед. Плотность гидратов 900-1100 кг/м^3, теплота образования около 420 кДж/кг, теплоемкость (50-60)*10^3 Дж/моль-град. Проницаемость воды через гидраты (1-500)*10^{-20} м^2. По другим литературным источникам и справочникам указанные параметры клатратов несколько отличаются. Согласно справочнику [24], клатраты метана могут быть потенциальным источником топливного газа с запасами около трёх триллионов тонн. Заслуживает внимание применения метода добычи метана из клатратов посредством сброса давления (клатраты образуются при температуре, близкой к нулю градусов, и давлении около 50 атмосфер). Отмечается, что при добыче метана в залежах клатратов не исключена цепная реакция – резкий выброс газа. Безопасный способ освоения залежей клатратов – закачивание в пласты углекислого газа, который способен образовывать более стабильные клатраты и вытеснять метан. Однако при этом возникает проблема связывания и захоронения излишков углекислого газа [35]. Одним из вариантов складирования CO_2, образующегося при использовании ископаемых топлив в электроэнергетике (буроугольная ТЭС мощностью 1800 МВт производит в год около 10 млн.т CO_2 [35]), является закачка газа в антиклинальные складки горного массива и выработанные пространства. При создании в угольных пластах условий, благоприятных для формирования клатратов, возможно связывание метана и CO_2 в клатраты, то есть вместо дегазации угольных пластов предлагается консервация метана в клатратных соединениях.

Клатраты, в том числе, газогидраты, являются промежуточной стадией существования соединений метана и воды. В потоках жидкости и газов гидраты накапливаются в угольных пластах, скважинах, трубопроводах. Условия формирования гидратов, процессы перехода из твердого состояния и из растворов в газообразное состояние изучены недостаточно. Соответственно существует несколько гипотез возникновения клатратных соединений в природе, при техногенном воздействии на углепородный массив, в трубопроводах, скважинах, а также

распада этих соединений на газ и воду. Следует также отметить, что разные авторы приводят неоднозначные толкования и определения гидратов и клатратов: гидраты газа метана, газовые кристаллогидраты, соединение включения и др. [48-53].

Результаты анализа первоисточников подтверждают или резко отрицают наличие клатратных соединений в угольных пластах при температуре и давлении, которые установлены на глубинах разработки угольных месторождений до 800 м. Отсутствие глубоких теоретических исследований, объясняющих природу внезапных выбросов угля и газа в угольных шахтах, привело к необходимости поиска новых закономерностей формирования условий и предвестников проявления газодинамических процессов в краевых частях угольных пластов. Одним из таких направлений является применения гипотез формирования и перехода клатратов в газообразное состояние с учетом изменения температуры и давления в пространственно-временной системе иерархии породных блоков, линеаментов и горных выработок [1, 20]. Однако существует мнение, что в угольных пластах невозможно образование клатратов метана [12, 25, 26 и др.]. Как установлено многими исследователями [13-19], образование газовых гидратов происходит при определенном составе газа, его плотности, давлении, температуры и влажности, а также при влиянии других факторов (табл. 1).

Как следует из табл. 1, диапазоны изменения отдельных параметры газовых клатратов в лабораторных условиях и в углепородном массиве совпадают. Однако для создания газогидратов необходимо наличие среды, характеризующейся одновременным сочетанием нескольких параметров. На основе анализа сочетаний температуры, давления, концентрации метана, влажности авторы или подтверждают или отрицают возможность образования газовых клатратов в углепородном массиве.

Таблица 1

Условия образования и существования газовых клатратов

Наименование параметра	Размерность	Пределы изменения параметра при образовании клатрата	Пределы изменения параметра в углепородном массиве	Литературный источник
Давление газа	МПа	0,000002-1700	0,3-6,0	[16, 24]
Температура	^{o}C	-223-(+77)	14-42, выше 700 при пожаре	[16]
Концентрация метана в смеси	%		92-96	[16]
Плотность гидратов	кг/м^3	900-1100		[16]
Теплота образования	кДж/кг	Около 420		[16]
Теплоемкость	Дж/моль-град.	(50-60)*10^3		[16]
Проницаемость воды через гидраты	м^2	(1-500)*10^{-20}		[16]
Отношение объема газа к одному объему воды в гидратном состоянии		70-350		[16]
Влажность		Насыщенные пары воды		

Доводы противников образования газовых клатратов следующие. Авторы работ [12, 25, 26, 58 и др.] за основу приняли формулу кубической структуры газогидрата метана с длиной образующей куба около 12 ангстрем, которая имеет вид

$$8CH_4 \cdot 46H_2O \text{ или } CH_4 \cdot 5{,}75H_2O, \quad (1)$$

где CH_4 – молекула метана; H_2O – молекула воды.

В качестве базы при исследованиях приняты теоретические основы, изложенные в монографиях [25, 26], и результаты анализа обобщения случаев внезапных выбросов угля и газа на угольных шахтах. Термодинамические условия, при которых возникают внезапные выбросы угля и газа, следующие: давление газа в угольных пластах может изменяться в пределах 0,3 – 6,0 МПа и более, температура для различных глубин залегания пласта составляет от 14 – 42 С. На основе этих данных утверждается, что не может происходить процесс образования гидратов метана, так как газовое давление метана в угольном пласте недостаточное для гидратообразования.

Был проведен анализ влияния значительных похолоданий климата и оледенений суши, происходивших в четвертичный геологический период, на процесс гидратообразования. Установлено, что на территории Кузнецкого и Карагандинского бассейнов оледенений практически не было. То есть не созданы благоприятные термодинамические условия как для образования, так и для сохранения метана в гидратном состоянии в угленосной толще, где в настоящее время происходят внезапные выбросы.

Третья гипотеза, отрицающая возможность образования газогидратов в углепородной толще, базируется на воздействии тектонических напряжений, под влиянием которых скопления газа сжимались в локальных зонах. Происходило повышение давления газа до величин, при которых возможно образование кристаллогидратов. В результате тектонического сжатия скопления газогидратов локализовались в виде вкраплений в угольных пластах и песчаниках. Однако в процессе тектонических подвижек геологических блоков по линеаментам и при метаморфизме углей происходило повышение температуры, которая также не способствует образованию кристаллогидратов.

Рассмотрено также влияние воды на вероятность образования газовых клатратов. Под влиянием капиллярных сил вода в пористых породах может повышать давление. Как известно [27], капиллярное давление можно определить по формуле

$$H_k = \frac{2\sigma\cos\theta}{r}, \qquad (2)$$

где H_k – капиллярное давление; σ – поверхностное натяжение на границе раздела двух фаз; θ – угол смачивания; r – радиус мениска.

При условии $H_k > H_г$, где $H_г$ – давление газообразного метана и паров воды в поре у контакта с газогидратом, возможно его образование.

На основе расчетов по формуле (2) при $70 < \theta < 88^o$, размере кристаллогидрата 54-108 ангстрем, поверхностном натяжении $\sigma = 70 * 10^{-4}$ кг/м установлено, что капиллярное давление может достигать 20 МПа, а образование газоклатратов возможно при температуре ниже 18^o. На основании расчетов сделан прогноз о невозможности образования газогидратов в углепородном массиве.

Окончательно, подводя итоги исследований сторонников невозможности образования газоклатратов в углепородном массиве, можно сделать следующие выводы и обобщения.

1) Утверждение, что понижения температуры при оледенении земной поверхности не оказало существенное влияние на образование газовых клатратов противоречиво по следующим признакам: в шахтах Кузбасса по опросам машинистов буровых установок часто происходит выделение из шпуров вместе со штыбом белого тумана и подобной льду мелочи. В разные геологические периоды Кузнецкая котловина неоднократно испытывала поднятия и опускания и высока вероятность изменения климата на разных высотах.

2) Отрицание влияния тектонических напряжений на деформации, температуру и давление газа в углепородном массиве не содержит достаточного обоснования. В настоящее время Алтае-Саянская складчатая область находится в 6-8 балльном сейсмически активном районе. Техногенные землетрясения интенсивностью 3-4 балла, обусловленные влиянием выработанного пространства и перераспределением природного поля напряжений, приводят к прорыву глубинного газа метана в горные выработки шахт [28]. Это подтверждается на шахтах «Абашевская», «Распадская», «Алардинская» и др. в Кузбассе. Причем, по утвержде-

нию [28], существуют глубинные каналы миграции метана и локальные метановые ловушки, в которых при землетрясениях изменяются температура и давление пород и газа, возможна их комбинация, в том числе в диапазонах, указанных в таблице 1.

3) Влияние капиллярного давления воды в поровом пространстве угля обосновано на результатах расчетов по приближенной формуле Лапласа (2), в которой не учтено множество факторов и условий: размеры блоков, естественных и техногенных линеаментов, минерализованной воды, температуры, естественного напора подземных вод, в том числе в зоне формирования газовых клатратов.

Исследователи, подтверждающие возможность образования газовых клатратов в углепородном массиве, приводят доказательства, обоснованные на результатах лабораторных и натурных измерений и наблюдений [11-19, 28-32].

Процесс образования газовых клатратов рассматривается как переход на диаграмме от точки равновесия сил к области, в которой преобладают векторные силы взаимного притяжения молекул над разрушающими силами теплового движения молекул, препятствующими их взаимной ориентации. Это происходит в условиях, близких к полному насыщению газа водяными парами.

Принципиальным положением, которое подтверждает точку зрения сторонников газоклатратных концепций, является соотношение между содержанием воды и метана в углепородном массиве, которое соответствует соединению газового клатрата.

На основе анализа графиков изменения влажности и газоносности угольных пластов при увеличении глубины их залегания доказано, что на глубине 100 м количество молекул воды превышает количество молекул метана в 4 раза. При глубине 750 м это отношение равно примерно единице.

Из формулы (1) следует, что для кристаллогидрата метана отношение молекул метана и воды равно 5,75. Так как в угольном пласте такое отношение метана и воды не достигается, то есть недостаток воды на нижних горизонтах шахтных полей полностью исключает возможность существования в них метана в состоянии газового клатрата. Этим выводом подтверждается несостоятельность теории внезапных выбросов, базирующейся на внезапном выделении метана из газовых клатратов.

Этот вывод подтверждается экспериментально, так как при переходе в гидратное состояние 1 $м^3$ воды способен связать до 200 $м^3$ газа. На практике при влажности угля 5 % один кубометр воды связывает всего 7,4 $м^3/т$ метана. Как известно, при такой метаноносности угольных пластов внезапные выбросы не происходят, то есть, нет смысла связывать газодинамические явления с газовыми гидратами. Кроме того, из практики расследования причин внезапных выбросов следует, что выброшенный уголь характеризуется повышенной сухостью. Если бы в угольном пласте были кристаллогидраты, то горная масса была бы влажной, так как вследствие разложения кристаллогидрата, на каждую молекулу метана при выбросах должно было выделяться 5,75 молекулы воды, а на стенках горных выработок и оборудования имелись бы пленки сконденсированной влаги.

Сущность метода искусственного создания газового гидрата в угольном пласте с целью упаковки молекул метана в газогидрат, заполнения и упрочнения линеаментов в угольном пласте твердыми кристаллогидратами состоит в использовании скорости формирования и разложения кристаллогидратов.

Скорость разложения кристаллогидратов изучалась при образовании и ликвидации гидратных пробок в магистральных газопроводах при транспортировке в них природного газа. Ликвидация этих пробок возможна разными способами, например, посредством снижения давления в трубопроводе. При этом время, необходимое для ликвидации пробки, достигает нескольких часов [33]. В соответствии с приведенными результатами натурных исследований можно утверждать, что в угольном пласте скорость разложения кристаллогидрата не может быть высокой, так как при разложении кристаллогидрата на метан и воду необходима интенсивная фильтрация компонентов. Так как скорость фильтрации воды, особенно в зоне

повышенного горного давления, где трещины закрываются и снижается проницаемость угольного массива, не высокая, и процесс фильтрации медленный.

Идея искусственного создания кристаллогидратов в угольном пласте, содержащем метан, состоит в том, что для образования кристаллогидрата необходимо в угольный пласт подать воду и некоторое количество другого газа (не метана), способного снизить давление гидратообразования и создать сложное гидратное соединение вида

$$n_1 CH_4 \cdot n_2 M \cdot n_3 H_2O_2\,, \qquad (3)$$

где М – молекула газа (не метана), способного образовывать с водой кристаллогидрат при природных или техногенных значениях температуры и давления газа; n_1, n_2, n_3 – количество молекул соответственно метана, газа (не метана) и воды в сложном гидрате.

В качестве газа (не метана) можно подавать сероводород, углекислый газ и другие газы, способные образовывать кристаллогидраты при природных термодинамических или техногенных условиях. Например, сероводород способен с водой и метаном образовывать кристаллогидрат при следующих значениях соответствующих температурах t и давлении p: t = 5, 10, 15, 20, 25, 27 °С и p = 0,15; 0,3; 0,5; 0,75; 1,2; 1,5 МПа. Как следует из приведенных диапазонов температуры и давления условия возникновения сложного соединения соответствуют шахтным.

Так как сероводород является опасным газом в условиях ограниченного подземного пространства, то возникает актуальная научная задача поиска газообразного вещества, обеспечивающего образования сложного соединения при термодинамических условиях шахты, а также обоснование оптимальных соотношений между этим веществом и метаном, при которых в водной среде образуется газовый клатрат.

Для выявления оптимальных соотношений между газом (не метаном), метаном и водой можно использовать результаты исследований, полученных А.Ю. Манаковым [13, 16]. По результатам исследований состава исходной смеси $CO_2 \cdot 6{,}3H_2O$ установлены параметры P-T диаграммы. Доказано, что при высокой растворимости газа-гостя в воде следует ожидать гидратообразование не только с участием углекислого газа, но и сероводорода, ацетононитрила и других газов.

В работе [13] установлено, что гидрат метана $CH_4 \cdot 5{,}75H_2O$, может существовать до давления 0,6 ГПа. При превращении гидрата метана в газообразный метан при температуре 20-22 °С и давлении 560-575 МПа выделяется 0,041-0,052 см^3 метана на 1 грамм воды. В области низких давлений (до 10 МПа) структура кристаллогидрата подобна структуре льда. В этих условиях гостевые молекулы метана имеют достаточную свободу движения в так называемой потенциальной яме. Гидраты при низких давлениях обладают высокой энтропией. При увеличении давления в полости гидрата формируется предельная упаковка атомов гостя.

Иной научный подход к описанию процессов формирования и разложения газовых клатратов прредложен С.А. Калякиным [34], который рассматривает клатраты как нанографеновые и нанографитовые структуры и газообразные продукты внедрения. Эти соединения представляют собой метастабильную форму макромолекул угольного вещества. Обоснованы следующие условия существования таких соединений [34]:

$$P_k \le [\sigma]_p + P_г, \qquad (4)$$

где P_k – внутреннее давление газа в полости клатрата; $[\sigma]_p$ – предел прочности углеродной структуры при разрыве; $P_г$ – внешнее горное давление.

В формуле (4) участвует величина горного давления, то есть природное и техногенное влияние на условия существования газового клатрата. Таким образом, теоретически доказано, что в условиях угольных шахт, отрабатывающих метаноносные угольные пласты, вероятно образование, существование и разложение газовых гидратов. Возможны два пути управления метановыделением: дегазация угольных пластов, эффективность которой обычными способами не превышает 20 %, или нейтрализация метана посредством искусственного создания газовых клатратов, заполнения последними линеаментов, изменения плотности угля и структуры иерархических блоков в пласте.

Выводы. Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем.

1) Обоснована научная идея повышения эффективности дегазации газоносных угольных пластов посредством искусственного образования клатратов в угольном пласте (связывания метана с водой и двуокисью углерода) и разложения клатратных соединений в безопасных для человека и производства условиях, в том числе с использованием метана в качестве источника энергии и утилизацией углекислого газа.

2) Установлено, что традиционная система управления газодинамическими процессами угольных шахт, базирующаяся на теории рудничной аэрологии, обеспечивает эффективность способов, схем и средств проветривания подземных выработок. Однако теория о структуре газонасыщенного углепородного массива и процессах миграции флюидов в дезинтегрированной на природные и техногенные блоки геосреде не в полной мере соответствует реальным процессам. Поэтому предлагается развить теоретические основы взаимодействия геомеханических, газодинамических, термодинамических и технологических процессов до уровня практического применения, так как из-за ограничений по предельным концентрациям метана коэффициент использования дорогостоящего высокопроизводительно оборудования не превышает 0,5.

3) Одним из перспективных направлений, обеспечивающим вклад в теорию взаимодействия геомеханических, газодинамических, термодинамических и технологических процессов, является исследование закономерностей формирования и разложения соединений газовых гидратов с целью рационального управления метановыделением. Эта цель может быть достигнута посредством управляемого воздействие на угольный пласт, в том числе посредством формирования и консервации в угольном пласте газогидратов, разложения соединений метана и воды в безопасных участках шахтного поля или на земной поверхности с замещением метана углекислым газом и последующим использованием метана в качестве энергоносителя.

4) Выявлены условия образования и существования гидратов: давление 2 Па-1,7 ГПа, температура 50-350 К. Один объем воды в гидратном состоянии связывает от 70 до 350 объемов газа. Внешне гидраты похожи на спрессованный снег или молодой лед. Плотность гидратов 900-1100 кг/м^3, теплота образования около 420 кДж/кг, теплоемкость (50-60)*10^3 Дж/моль-град. Проницаемость воды через гидраты (1-500)*10^{-20} м^2. Безопасный способ освоения залежей клатратов – закачивание в пласты углекислого газа, который способен образовывать более стабильные клатраты и вытеснять метан.

5) В специальной литературе мнения ученых и практиков разделяются на два полярных утверждения: клатраты в угольном пласте не могут формироваться и существовать и противоположное мнение. По мнению авторов настоящей статьи в угольных пластах при сочетании следующих условий: давление газа 0,3-4,0 МПа, температура 14-42 ^{o}C, концентрация метана в смеси 92-94 %, высокая обводненность или нагнетание воды в пласт, наличие линеаментов для миграции флюидов и блоков является средой, благоприятной для формирования и разложения соединений газогидратов.

6) Основным аргументом, подтверждающим существование газогидратов в газоносных угольных пластах является практика: по опросам машинистов выемочных машин, буровых мастеров из горной массы отбитого угля, из шпуров и скважин при бурении выделяется белая масса в виде порошка, льда, белого тумана. По внешним признакам эти выделения соответствуют клатратным соединениям, реально зафиксированным в газопроводах и в лабораторных условиях.

7) Идея искусственного создания кристаллогидратов в угольном пласте, содержащем метан, состоит в том, что для образования кристаллогидрата необходимо в угольный пласт подать воду и некоторое количество другого газа (не метана), способного снизить давление гидратообразования и создать сложное гидратное соединение вида $n_1CH_4 \cdot n_2M \cdot n_3H_2O_2$, где М – молекула газа (не метана), способного образовывать с водой кристаллогидрат при

природных или техногенных значениях температуры и давления газа; n_1, n_2, n_3 – количество молекул соответственно метана, газа (не метана) и воды в сложном гидрате.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному контракту № 16.740.11.0186

Список литературы

1. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов: Справочное пособие / А.Д. Рубан; под общ. ред. А.Д. Рубана. – М.: Горная книга, 2010. – 500 с.

2. Рудничная вентиляция: Справочник / Н.Ф. Гращенков [и др.]; под ред. К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988. – 440 с.

3. Пучков Л.А. Аэродинамика подземных выработанных пространств / Л.А. Пучков. - М.: МГГУ, 1993. – 267 с.

4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. - Макеевка-Донбасс, МакНИИ, 1989. – 319 с.

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

6. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков угольных шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок. М.: Минприроды РФ, Приказ № 325 от 08.10.2009.

7. Проблемы разработки метаноносных пластов в Кузнецком угольном бассейне / Ю.Н. Малышев [и др.].- М.: Изд-во АГН, 1997. – 463 с.

8. Палеев Д.Ю. Проектная и фактическая эффективность дегазации на высокогазоносных шахтах / Д.Ю. Палеев, В.Г. Криволапов, Ю.М. Говорухин // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Научно-технический журнал. - 2009. - №1. – С. 48-53.

9. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса [Текст]. - Кемерово: ФГУП РосНИИГД, ФГУП НЦ ВостНИИ, 2007. – 77 с.

10. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт, РД-15-09-2006. - М. : ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2007. – 64 с.

11. Горная энциклопедия / Ред. кол. М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. – М.: Советская энциклопедия. Т.2, 1986. – 575 с.

12. Эттингер И.Л. Растворы метана в угольных пластах / И.Л. Эттингер // Химия твердого тела. – 1984. № 4. – С. 28-35.

13. Манаков А.Ю. Клатратные гидраты при высоких давлениях: структура, состав, свойства : автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. хим. наук / А.Ю. Манаков; Институт неорг. химии СО РАН. – Новосибирск: 2007. - 33 с.

14. Стид Дж.В. Супрамолекулярная химия. Т 1 в 2-х томах / Дж.В. Стид, Дж.Л. Этвуд – М.: Академкнига, 2007. - 479 с.

15. Якушев В.С. Формирование скоплений природного газа и газовых гидратов в криолитозоне]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. геол.-мин.. наук / В.С. Якушев; ООО «ВНИИГАЗ». –М.: 2009. – 47с.

16. Манаков А.Ю. Использование клатратных соединений для хранения водорода / А.Ю. Манаков, С.С. Скиба// Российский химический журнал. - 2006. - Т. 50. - №6. - С 73-82.

17. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов / Ю.Ф.Макогон. - М.: Недра, 1974. – 204с.

18. Shuqiang G. Investigation of Interactions between Gas Hydrates and Several Flow Assurance Elements / G. Shuqiang // Energy and Fuels, 22 (5), 3150–3153, 2008.

19. Probing Gas Hydrate Deposits / R.L. Kleinberg, P.G. Brewer // American Scientist. - 2001, vol. 89, p. 244-251.

20. Беспятов Г.А. Синергетика выбросоопасной горной среды / Г.А. Беспятов, В.Н. Вылегжанин, С.С. Золотых. - Новосибирск: Наука, 1996. – 191 с.

21. Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах (Сборник документов) / Колл. авт. – М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 2000. -320 с.

22. Динамические формы проявления горного давления / В.Б. Артемьев [и др.]. - СПб.: Наука, 2009. - 347 с.

23. Петухов И.М. Механика горных ударов и выбросов / И.М. Петухов, А.М. Линьков. – М.: Недра, 1983. – 280 с.

24. Кэрролл Ж. Гидраты природного газа / Д. Кэрролл. – М.: Премиум Инжиниринг, 2007. – 318 с.

25. Чернов О.И. Прогноз внезапных выбросов угля и газа / О.И. Чернов, В.Н. Пузырев. – М.: Недра, 1979. – 296 с.

26. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа/ В.В. Ходот. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 364 с.

27. Климентов П.П. Общая гидрогеология / П.П. Климентов, Г.Я. Богданов. – М.: Недра, 1977. - 377 с.

28. Дурнин М.К. Дегазация Земли и проблема безопасности угледобычи в Кузбассе / М.К. Дурнин // Сб.науч. статей: Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – С. 290- 306.

29. Эттингер И.Л. Условия существования гидратов газа в угольных пластах / И.Л. Эттингер, Н.В. Шульман // Безопасность труда в промышленности. - №2. - 1974. – С. 30-32.

30. Степанович Г.Я.Об участии во внезапных выбросах метана в гидратном состоянии [Текст] / Г.Я. Степанович, В.И. Николин, В.Н. Недосекин // Безопасность труда в промышленности. - № 6. - 1974. –С. 57-58.

31. Зенин А.Г. Гидраты и внезапные выбросы / А.Г. Зенин // Уголь, №11, 1973. – С. 12-14.

32. Зенин А.Г. Внезапные выбросы и участие в них метана в гидратном состоянии / А.Г. Зенин // Безопасность труда в промышленности. - №11.- 1974. – С. 57-58.

33. Макогон Ю.Ф. Предупреждение образования гидратов при добыче и транспортировке газов / Ю.Ф. Макогон, Г.А. Саркисянц. – М.: Недра, 1966. -186 с.

34. Калякин С.А. Взрывоопасность горючих газов при разрушении газоносных угольных массивов / С.А. Калякин // Способы и средства создания здоровых и безопасных условий труда. – 2009. - №2(24). - С. 34-43.

35. Уголь в экономике России / Г.Л. Краснянский [и др.]; под ред. Г.Л. Краснянского. – М.: Экономика, 2010. – 383 с.

УДК 622.33.013.3

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ПРОЗА-3.0»

[1]Ордин А.А., [1]Зырянов С.А., [1]Никольский А.М., [1]Опрук Г.Ю.,
[2]Белокопытов П.И., [2]Тышкевич Н.С., [2]Лазарев Б.В., [2]Метельков А.А.
1 - Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск,
2 - ЗАО “Гипроуголь», г. Новосибирск

В настоящее время в практике проектирования угольных шахт существует значительное несоответствие между достигнутыми на шахтах высокими нагрузками на очистные забои, оснащенных, главным образом, импортными высокопроизводительными механизированными комплексами, и существующими методиками расчета производительности очистных забоев, которые разрабатывались в 80-90- годы и ориентировались, в основном, на применение отечественных комплексов с низкой производительностью. Так, по данным [1], при

использовании нормативов [2], разработанных в ИГД им. А.А. Скочинского, расчетные нагрузки на комплексно-механизированные забои (КМЗ) в 3- 6 раз ниже средних нагрузок в западноевропейских странах и в 5-10 раз ниже нагрузок в США и Австралии.

В разработанной методике осуществлен комплексный подход к определению производительности КМЗ, соответствующей современному уровню развития техники и технологии очистных работ. При обосновании производительности КМЗ по техническим и технологическим факторам нами использованы методические положения ИГД им. А.А. Скочинского [2], КузНИУИ [3-6], ДонУГИ [7], КузГТУ [8, 10], ИГД СО РАН [12, 13], рекомендации ВНИМИ [9], а также ряд опубликованных в этой области работ [1, 11], имеющих методический характер.

В основе методики лежит расчет нагрузки на очистной забой по основным техническим и технологическим факторам: 1) производительности очистного комбайна, 2) скорости передвижки секций механизированной крепи, 3) пропускной способности забойного скребкового конвейера. Полученная нагрузка на очистной забой проверяется по фактору вентиляции и пропускной способности ленточных конвейеров, включая дробилки, перегружатели и бункеры.

В данной статье приводятся методические положения по расчету нагрузки на очистной забой по основному технологическому фактору - технической скорости подачи и производительности очистного комбайна.

В настоящее время длина выемочных столбов, отрабатываемых высокопроизводительными очистными забоями, достигает 2 – 3 км и более. Горно-геологические условия залегания угольного пласта при этом, как правило, не остаются постоянными и изменяются в некотором диапазоне значений по мощности пласта и породных прослойков, углу падения, метаноносности, обводненности и других параметров. Поэтому в данной методике производительность комплексно-механизированного очистного забоя определяется за весь период отработки выемочного столба как средневзвешенная величина в зависимости от расчетных производительностей очистного забоя на отдельных i-х участках пласта с однородными геологическими условиями

$$A_{ср} = \frac{Q}{T} = \frac{Q}{\sum_{i=1}^{N} T_i} = \frac{Q}{\sum_{i=1}^{N} \frac{Q_i}{A_i}}; \qquad \text{т/сутки} \qquad (1)$$

где Q, Q_i – промышленные запасы угля соответственно всего выемочного поля и отдельного i-го участка, т, T, T_i – срок отработки соответственно всего выемочного поля и отдельного i-го участка, сутки, $A_{ср}$, A_i – соответственно среднесуточная за весь период T нагрузка и средняя нагрузка на очистной забой при отработке i-го участка, определенные по технологическим факторам, т/сутки, N – количество участков выемочного столба с однородными геологическими данными, определяемое проектировщиками на основе предварительного анализа геологических данных разведочных скважин или по пластовым картам.

Промышленные запасы угля на i-ом участке определяются по формуле

$$Q_i = \varepsilon_i \gamma_i m_i L_i L \text{,т} \qquad (2)$$

где ε_i – коэффициент извлечения угля, учитывающий эксплуатационные потери в очистном забое на i-ом участке пласта, γ_i –средневзвешенная плотность горной массы на i-ом участке выемочного столба, m_i – средняя мощность угольного пласта на i-ом участке, м, L – длина лавы, м, L_i – длина i-го участка по простиранию пласта, м.

Среднесуточная нагрузка на очистной забой на i-ом участке пласта определяется по формуле

$$A_i = T_{см} n_{см} K_м K_п A_{чi} \text{ , т/сутки} \qquad (3)$$

где $T_{см}$ – длительность рабочей смены, ч., $n_{см}$ - количество рабочих смен в сутки, $K_м$-коэффициент машинного времени очистного забоя, учитывающий различные виды простоев работы забоя, $K_п$ - поправочный коэффициент, учитывающий усложняющие работу очистного забоя горно-геологические факторы, $A_{чi}$ – среднечасовая производительность очистного

забоя на і-ом участке пласта, определяемая как минимально-допустимая по техническим и технологическим факторам

$$A_{чi} = \min \{A_{крi}, A_{кi}, A_{сi},\} , \quad (4)$$

при выполнении ограничений:

$$A_{чi} \le A_{гi}$$
$$A_{чi} \le A_{тi}$$

где $A_{крi}$, $A_{кi}$, $A_{сi}$,– часовая производительность КМЗ, определенная соответственно по скорости передвижки секций механизированной крепи, производительности очистного комбайна, пропускной способности забойного скребкового конвейера и газовому фактору, $A_{гi}$ $A_{тi}$ – допустимые нагрузки на очистной забой соответственно по газовому и транспортному факторам.

Таким образом, по результатам расчета определяются средние нагрузки на очистной забой по отдельным участкам пласта с однородными геологическими данными, рассчитывается средневзвешенная производительность очистного забоя и строится график изменения нагрузки на очистной забой в динамике за весь срок отработки выемочного столба.

Тип механизированной крепи выбирается по следующим основным техническим и технологическим факторам: минимальная и максимальная мощность угольного пласта в пределах выемочного столба, угол падения пласта, устойчивость непосредственной кровли, нагрузочные свойства основной кровли, несущая способность почвы пласта.

При выборе механизированной крепи необходимо обеспечить соответствие ее номинального рабочего сопротивления типу основной кровли по нагрузочным свойствам. Рабочее сопротивление крепи для средней по нагрузочным свойствам кровли в диапазоне мощности пластов 1 ÷ 5 м должно составлять от 0,45 до 0,85 МПа, а для тяжелой кровли в том же диапазоне мощности от 0,7 до 1,3 МПа. Для пластов большей мощности, а также для труднообрушаемых кровель сопротивление крепи должно увеличиваться.

Выбор механизированной крепи по устойчивости непосредственной кровли производится по коэффициенту затяжки, который для современных крепей составляет 0,9÷ 0,97 и предотвращает проникновений неустойчивой кровли в призабойное пространство. При неустойчивой кровле рекомендуется передвигать секции крепи с активным подпором, при котором сохраняется целостность неустойчивых слоев кровли.

Выбор механизированной крепи по несущей способности почвы производится по условию ограничения максимального давления на почву секциями крепи.

Для оценки нагрузки на очистной забой по производительности очистного комбайна первоначально определяется скорость его подачи в зависимости от мощности электродвигателя и сопротивляемости пласта резанию по зависимостям.

Скорость подачи выемочного комбайна определяется в зависимости от мощности двигателя исполнительного органа и сопротивляемости угля резанию по формуле [11]

$$V_n = \frac{30N\eta n_{1л}K_n}{S_{ср}Dn_з K_{от}K_\alpha K_b K_{з.р}K_{ф.р}}, м/мин. \quad (5)$$

где N - мощность электродвигателя рабочего органа, кВт, η – КПД редуктора исполнительного органа (для очистных комбайнов принимается равным 0,95), $n_{1л}$ – количество резцов в одной линии резания, принимается в зависимости от конструкции шнека (n=2, 3, 4), $К_п$ - коэффициент, учитывающий затраты мощности на перемещение комбайна (если комбайн перемещается двигателем, вращающим шнеки: $К_п$ = 0,9…0.95, в противном случае $К_п$=1), D - диаметр шнеков комбайна, м, $n_з$ - количество резцов, разрушающих забой одновременно (для большинства очистных комбайнов в работе обычно участвует половина всех резцов на шнеке, т.е. $n_з$ = 14 ÷50), $S_{ср}$ - средневзвешенная сопротивляемость пласта угля резанию, кН/м, определяемая по формуле

$$S_{ср} = \frac{S_y m_y + S_n m_n}{m_y + m_n}, \quad (6)$$

где S_y, S_n - сопротивляемость резанию соответственно угольных пачек пласта и породных прослойков, кН/м, средние значения сопротивляемости Кузнецких углей и вмещающих пород резанию приведены в табл.1, m_y, $m_п$ – суммарные мощности соответственно чистых угольных пачек пласта и породных прослойков, м (все эти параметры определяются по отдельным участкам пласта с однородными геологическими показателями), $К_{от}$ - коэффициент отжима, учитывающий уменьшение сил резания вследствие горного давления, определяется по формуле [11]

$$K_{от} = K_{от.о} + \frac{r - 0{,}1m_в}{r + m_в},$$

где $К_{от.о}$ - коэффициент отжима на поверхности забоя (для Кузнецких углей марок К,Ж,ОС,Т,А $К_{от.о}$=0,35; для марок Г, Д $К_{от.о}$=0,45 [11]), r - ширина захвата исполнительного органа комбайна, м, $m_в$ - вынимаемая мощность пласта (по угольным пачкам), м, $К_α$ - коэффициент, учитывающий изменение угла резания (α) комбайнового резца по сравнению с резцом ДКС-2, имеющим угол резания 50˚, определяется по линейной зависимости (с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0.99$) от угла резания (град.)

$$K_\propto = 0{,}0167 \propto +0{,}165$$

где $К_b$ - коэффициент,учитывающий влияние ширины резца по сравнению с резцом ДКС-2, имеющий ширину 2 см, для радиальных резцов типа 3Р4-80 этот коэффициент определяется по формуле

$$k_b = 0{,}35b + 0{,}3$$

где b – ширина режущей кромки резца (для резца 3Р4-80 b=1.3см), $К_{зр}$ - коэффициент, учитывающий затупление резцов, принимается $К_{зр}$=1,2 ÷1,3, $К_{фр}$ - коэффициент, учитывающий формы резцов на поверхности забоя, для серийных комбайнов принимается $К_{фр}$=1,0.

Таблица 1

Сопротивляемость резанию кузнецких углей и пород

	Сопротивляемость резанию, кН/м (кг/см) для пород				
	уголь	аргиллит	алевролит	песчаник	твердые включения
Диапазон	80÷300	170÷250	300÷600	800÷980	600÷900
Среднее значение	190	210	450	890	750

Часовая теоретическая производительность очистного комбайна по технически возможной скорости подачи определяется по формуле

$$A_k = 60m\gamma r V_п(S) \text{ , т/ч} \quad (7)$$

где $V_n\,(S)$– зависимость скорости подачи очистного комбайна от сопротивляемости угольного пласта резанию, определяется по формуле (5), м/мин.

При односторонней схеме работы очистного комбайна время, необходимое для снятия одной «стружки», определяется по формуле

$$T = T_1 + T_2 + T_{ko} = \frac{L}{V_п} + \frac{L}{V_м} + \frac{k_y L_k}{v_k}, \text{ мин.} \quad (8)$$

где T_1,T_2,T_{ko} – время работы комбайна соответственно по выемке, зачистке отбитого угля и на концевые операции в лаве, L – длина лавы, м, V_n,$V_м$ – соответственно рабочая и маневровая скорости подачи комбайна ($V_м$ = 0,85V_{nmax}, V_{nmax} – максимальная скорость подачи комбайна), k_y =1,0 ÷1,3 - коэффициент организации и условий труда, $L_к$ =15÷20 м – длина косого заезда, v_k =1,5÷2,0 м/мин. – скорость подачи комбайна при косом заезде.

При челноковой схеме работы очистного комбайна время, необходимое для снятия одной стружки определяется

$$T = T_1 + T_{ko} = \frac{L}{V_п} + \left(\frac{3L_к}{v_k} + 5t_{мо} + \frac{r}{v_{фк}} \right) k_y, \text{ мин.} \quad (9)$$

где $t_{мо}$ =1÷2 мин - время вертикальных перемещений исполнительного органа при косом заезде и доработке концевых участков лавы, $v_{фк}$ = 1,0 м/мин. – скорость фланговой передвижки концевого участка конвейера по зарубке.

Количество «стружек» угля в сутки определяется по формуле

$$n = \frac{60 n_{см} T_{см}}{T}$$

Объем добычи угля за один проход комбайном вдоль лавы или при снятии одной стружки угля:

$$A_1 = \gamma m r L$$

Суточная добыча угля в лаве:

$$A = nA_1 = n\gamma mrL = \frac{60\gamma mrLn_{см}T_{см}}{T} \quad (10)$$

С учетом формул (5, 8-10) суточная теоретическая производительность (т/сут.) очистного забоя определяется по формулам:

при односторонней схеме работы комбайна:

$$A = \frac{60\gamma m n_{см} T_{см}}{\frac{S_{ср} n_з K_{от} K_a K_b K_{зр} K_{фр}}{15 N \eta n_{1л} K_п} + \frac{1}{r V_м} + \frac{k_y L_k}{r v_k L}} \quad (11)$$

при челноковой работе комбайна

$$A = \frac{60\gamma m n_{см} T_{см}}{\frac{S_{ср} n_з K_{от} K_a K_b K_{зр} K_{фр}}{15 N \eta n_{1л} K_п} + \frac{k_y}{rL}\left(\frac{3L_k}{v_k} + 5t_{мо} + \frac{r}{v_{фк}}\right)} \quad (12)$$

Анализ этих зависимостей показывает, что производительность очистного комбайна нелинейно, асимптотически возрастает с увеличением длины лавы, мощности и ширины захвата комбайна. Из сравнения формул (11) и (12) следует, что по производительности челноковая схема работы комбайна имеет преимущества перед односторонней схемой с зачисткой только для длинных лав, в данном примере для комбайна К500 при длине лавы более 200 м (рис.1).

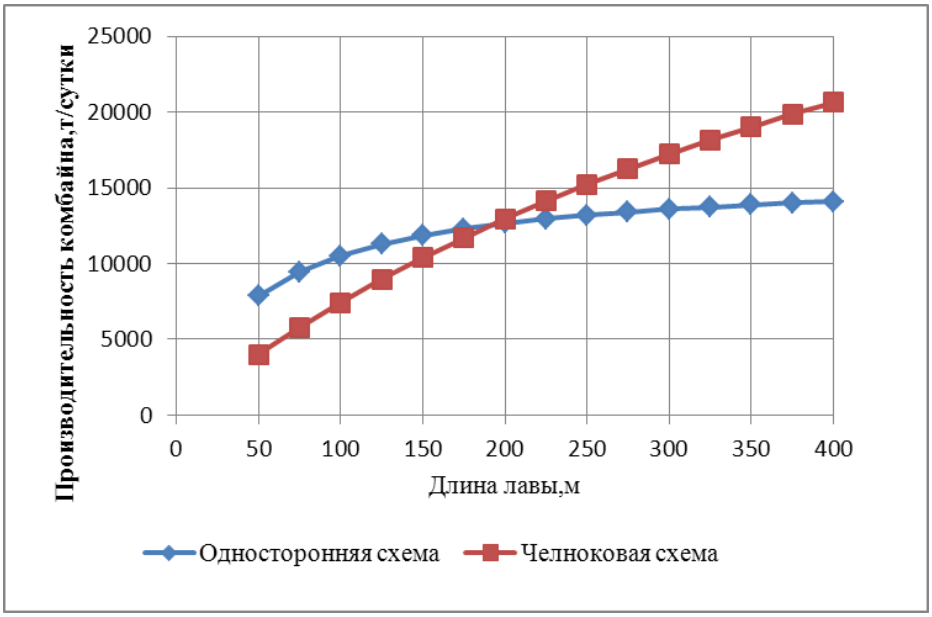


Рис. 1. Зависимость производительности очистного комбайна К500 от длины лавы при односторонней и челноковой схемах работы

Далее определяется техническая и эксплуатационная производительности очистного забоя по известным формулам с учетом коэффициента машинного времени комбайна.

По пропускной способности забойного скребкового конвейера рассматриваются два варианта расчета нагрузки на очистной забой: 1) рассчитывается производительность скребкового конвейера в зависимости от ранее определенной скорости подачи очистного комбайна и затем из базы данных по расчетной производительности производится выбор типа скребкового конвейера, 2) первоначально устанавливается определенный тип скребкового конвейера (например, отечественный, импортный или указанный заказчиком), в этом случае производительность очистного комбайна может лимитироваться пропускной способностью скребкового конвейера.

В первом варианте рассчитывается максимальный минутный грузопоток скребкового конвейера, который должен быть на 20 ÷ 30% больше теоретической производительности очистного комбайна. Во втором варианте определяется скорость подачи очистного комбайна по пропускной способности скребкового конвейера.

Разработанное методическое обеспечение реализовано в программном комплексе «ПРОЗА-3.0». Основные отличия этой программы от предыдущей версии «ПРОЗА-2.0», разработанной в ИГД СО РАН, заключаются в:

− разработке программного модуля с изменением интерфейса, дизайна и сервиса программы;

− существенном обновлении базы данных с добавлением в нее импортных очистных комбайнов, механизированных крепей, скребковых конвейеров и струговых установок;

− введении в методику раздела по расчету производительности струговых установок;

− учете современных скоростей подвигания очистных комбайнов и механизированных крепей, а также производительности скребковых конвейеров;

− расчете нагрузки на очистной забой в динамике за весь период отработки выемочного столба как средневзвешенной величины от расчетных нагрузок на забой по отдельным участкам пласта.

Программный комплекс «ПРОЗА-3.0» разработан на языке программирования Visual Basic 6.0 и включает в себя программу «BASE» для работы с базой данных по горнодобывающей технике и модули для расчета производительности очистного забоя по технологическим факторам. База данных включает в себя технические характеристики 150 наименований механизированных крепей, 135 очистных комбайнов, 74 лавных скребковых конвейеров, 12 струговых установок, 7 дробилок и 23 перегружателей.

Список литературы

1. Коровкин Ю.А., Савченко П.Ф., Бураков В.А. О производительности комплексно-механизированных забоев, оснащаемых по инвестиционным проектами договорам лизинга / «Уголь», № 5. -2001.

2. Нагрузки на очистные забои действующих угольных шахт при различных горно-геологических условиях и средствах механизации выемки / М., ИГД им. Скочинского, 1996. 48 с.

3. Технологические схемы разработки пологих и наклонных пластов Кузнецкого бассейна / КузНИУИ, г.Прокопьевск, 1989. 77 с.

4. Методические указания по выбору механизированных комплексов для отработки пологих пластов с тяжелой кровлей на шахтах Кузбасса и мероприятий по повышению эффективности их работы / КузНИУИ, г.Кемерово, 1985.

5. Рекомендации по совершенствованию параметров горно-подготовительных выработок для шахт ПО «Южкузбассуголь», «Ленинскуголь», и «Северокузбассуголь».// КузНИУИ, г.Прокопьевск, 1986. 37 с.

6. Методические указания по выбору механизированных комплексов для отработки угольных пластов, опасных по горным ударам. Прокопьевск, 1997. - 27с.

7. Нормативы нагрузки на очистные забои и скорости проведения подготовительных выработок на шахтах / ДонУГИ, г. Донецк. 2007. – 41 с

8. Александров Б.А., Кожухов Л.Ф, Антонов Ю.А. и др. Горные машины и оборудование подземных разработок / Кемерово, КузГТУ, 2006.- 113 с.

9. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м и углом падения до 35˚ / Л.:ВНИМИ, 1982. – 136 с.

10. Калинин С.И., Колмагоров В.М.. Геомеханическое обеспечение эффективной выемки мощных пологих пластов с труднообрушаемой кровлей механизированными комплексами. Кемерово, Кузбассвузиздат, 2002. - 113с.

11. Плотников В.П. Вывод формулы для расчета производительности очистных комбайнов со шнековым, барабанным или корончатым исполнительным органом. Уголь, № 9, 2009. С.5-7.

12. Косьминов Е.А., Ремезов А.В., Ордин А.А., Клишин В.И. Автоматизированный поиск рентабельной производительности комплексно-механизированного очистного забоя / «Уголь», 1997 № 10.

13. Ордин А.А., Клишин В.И. О рентабельной производительности комплексно-механизированного очистного забоя.// ФТПРПИ, № 6, Новосибирск, 1996.

УДК 622.27

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю.
Институт угля СО РАН, г. Кемерово

Современное состояние угольной промышленности Кузбасса характеризуется ростом объемов производства и переходом к инновационным технологиям, обеспечивающим конкурентоспособность продукции на внутреннем и внешнем рынках с учетом экономических, социальных и экологических последствий.

По данным Администрации Кемеровской области в 2011 года был добыт рекордный объем угля – впервые в истории Кузбасс перешагнул 192-х миллионный рубеж угледобычи. Одновременно подтверждается рекордная для угольной промышленности России добыча угля из одного очистного механизированного забоя свыше 4 млн.т в год (шахта «Котинская», СУЭК-Кузбасс) с производительностью труда свыше 1000 т/чел в месяц. Следует заметить, что шахта «Котинская» была построена по новой модульной геотехнологической структуре вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса [1] с последующим преобразованием в открыто-подземный способ разработки совместно с угольных разрезом «Камышанский». Научное обоснование этой структуры осуществлено в Институте угля СО РАН, а проектные проработки технологических решений проводились в институтах «Конверскузбассуголь» (г. Кемерово) и «Гипроуголь» (г. Новосибирск).

Ведущее место при добыче каменного угля в Кузбассе занимает прогрессивный открытый способ, на долю которого приходится свыше 60 % общего объема добываемой продукции на территории Кемеровской области. Использование горнотехнологической структуры модульных шахтоучастков для добычи подземным способом на горных отводах угольного разреза значительно увеличивает эффективность комбинированной (открыто-подземной) геотехнологии комплексного освоения угольных месторождений Кузбасса. Ярким примером такого использования является строительство и эксплуатация модульного шахтоучастка «Байкаимский» на угольном разрезе «Моховский» (ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»). В 2011 году шахта «Байкаимская» с одного очистного забоя довела добычу до 2,37 млн.т/год с производительностью труда до 300 т/чел. в месяц. Следует заметить, что Институт угля СО РАН принимал непосредственное участие в выполнении проекта «ТЭО инвестиций» в 2002 году через «Конверскузбассуголь».

Основой наших исследований являются научно-методические разработки специалистов ИПКОН РАН [2] и НТЦ-НИИОГР применительно к комбинированной (открыто-подземной) геотехнологии комплексного освоения угольных месторождений. Для визуализации модели объектов в трехмерном пространстве используется компьютерная технология на основе системы MINEFRAME (ГоИ КНЦ РАН).

На основе этих исследований разработана научная концепция открыто-подземный способа комплексного освоения угольных месторождений по глубине тремя ярусами, защищенная патентами РФ (рис. 1):

- первый осваивается открытыми работами до проектной глубины по экономическому критерию с использованием на заключительном этапе подземной транспортной инфраструктуры (патент РФ № 2387836);

- второй (открыто-подземный ярус) – одним высоким уступом (Highwall) без разноса бортов угольного разреза с использованием безвзрывной технологии Комплекса глубокой разработки пластов (КГРП) и выдачей угля по существующим коммуникациям разреза (патент РФ № 2285121);

- третий – подземными работами по модульной геотехнологической структуре шахтоучастков с использованием производственной инфраструктуры угольного разреза (патент РФ № 2284414).

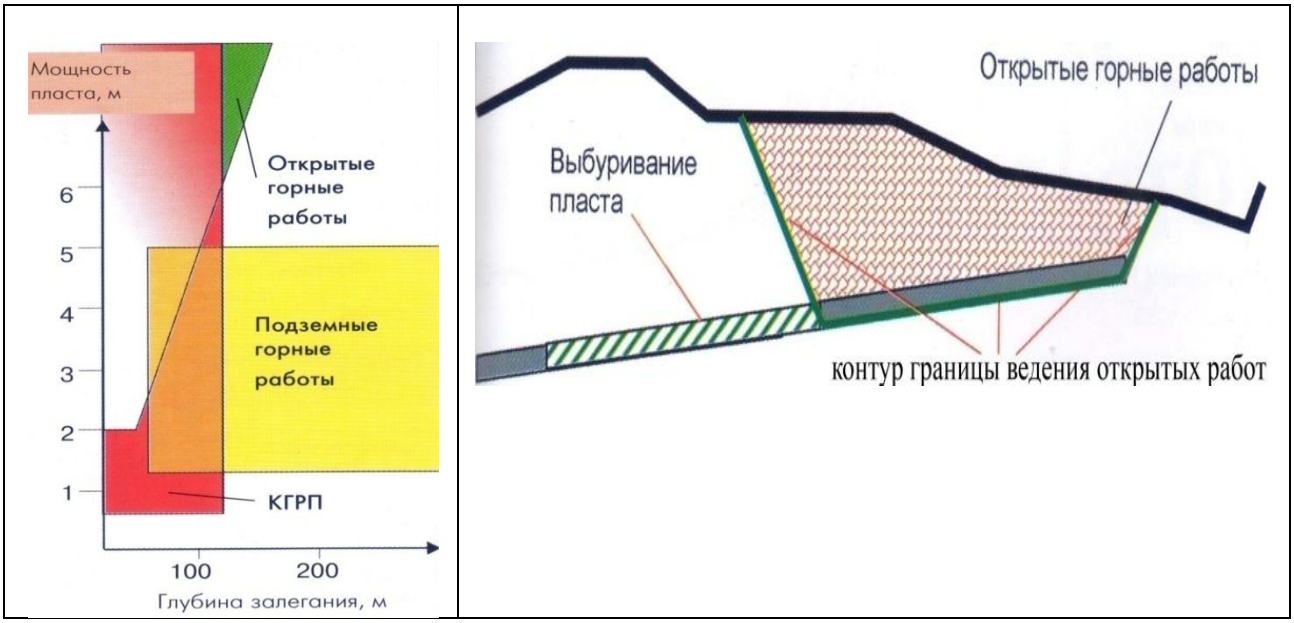


Рис. 1. Область рационального применения комбинированной (открыто-подземной) разработки угольных пластов

Научная новизна заключается в разработке приоритетных направлений объединения открытой и подземной геотехнологии в единую систему ведения горных работ с эффектом использования единой производственной инфраструктуры освоения недр.

Использование геотехнологии “Highwall” (Комплекс глубокой разработки пластов – КГРП) в приконтурной зоне угольного разреза как эффективной технологии переходного звена в комбинированном способе разработки пластовых месторождений расширяет возможности безопасной работы открыто-подземным способом по безлюдной технологии.

Снижение нарушенных земель при ведении горных работ комбинированным способом осуществляется за счет внутреннего отвалообразования, сбалансированного сохранения гидрологического и гидрогеологического режимов, ландшафта земной поверхности.

Технологический комплекс комбинированной разработки угольных месторождений рассматривается в данной работе как совокупность функционально взаимосвязанных

средств технологического оснащения открытых и подземных работ для выполнения в регламентированных горно-геологических условиях добычи угля заданных технологических процессов или операций.

Проведена классификация способов комбинированной (открыто-подземной) технологии разработки угольных месторождений (рис. 2) [3].

Рис. 2. Классификация комбинированных (физико-технических) способов разработки угольных месторождений.

Классификация как метод системного анализа, позволяет упорядочить угледобывающие предприятия по их наиболее существенным признакам, структурному единству и является одним из фундаментальных процессов в горной науке. На основе классификации разработан проект технологического регламента добычи угля комбинированным (открыто-подземным) способом (рис. 3).

Осуществляется мониторинг развития комбинированных геотехнологических структур вскрытия и подготовки угольных месторождений Кузбасса. Институт принимает участие в разработке и научном сопровождении проектов строительства и эксплуатации модульных шахтоучастков в системе открытых горных работ с годовой производственной мощностью свыше 2 млн.т (рис. 4).

Перспективы освоения угольных месторождений Кузбасса связаны с реализацией, при проектировании горнотехнических систем, единого стратегического подхода на весь период комбинированной разработки (шахтами и угольными разрезами).

Новые экологически сбалансированные, эффективные на рынке высоких технологий способы открыто-подземной разработки угольных месторождений, защищены патентами РФ.

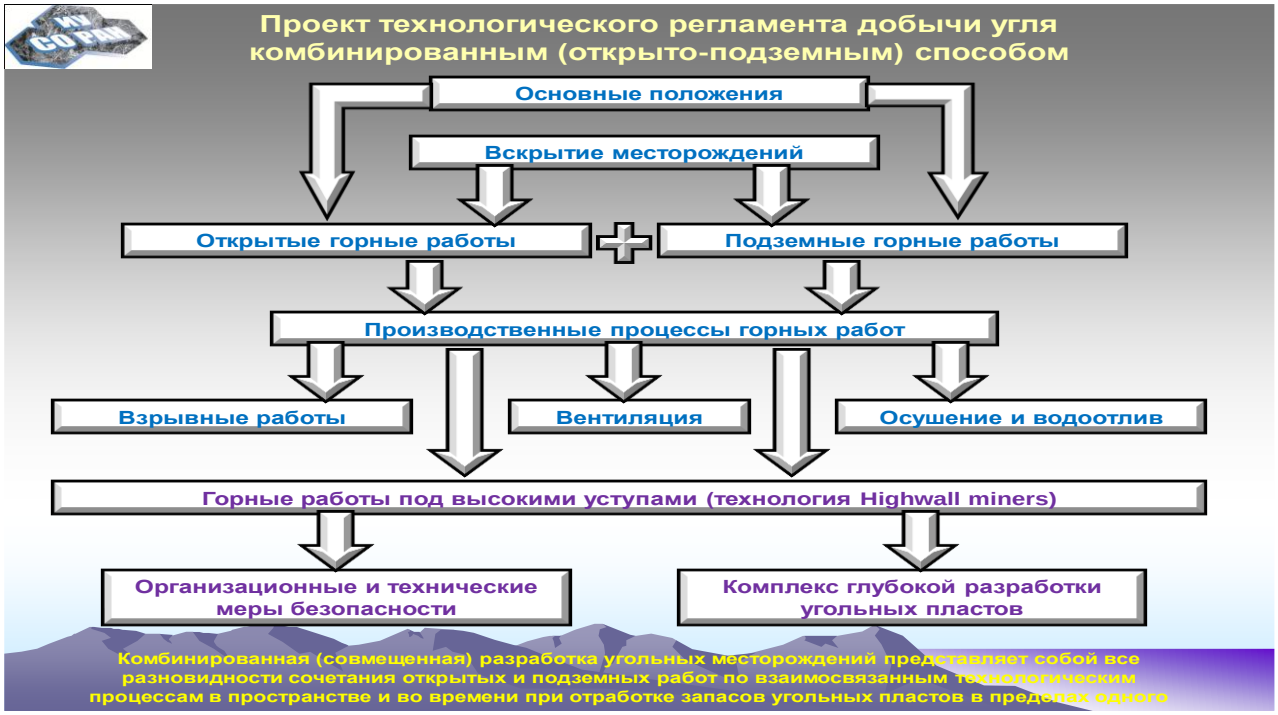


Рис.3. Структура проекта технологического регламента добычи угля комбинированным (открыто-подземным) способом

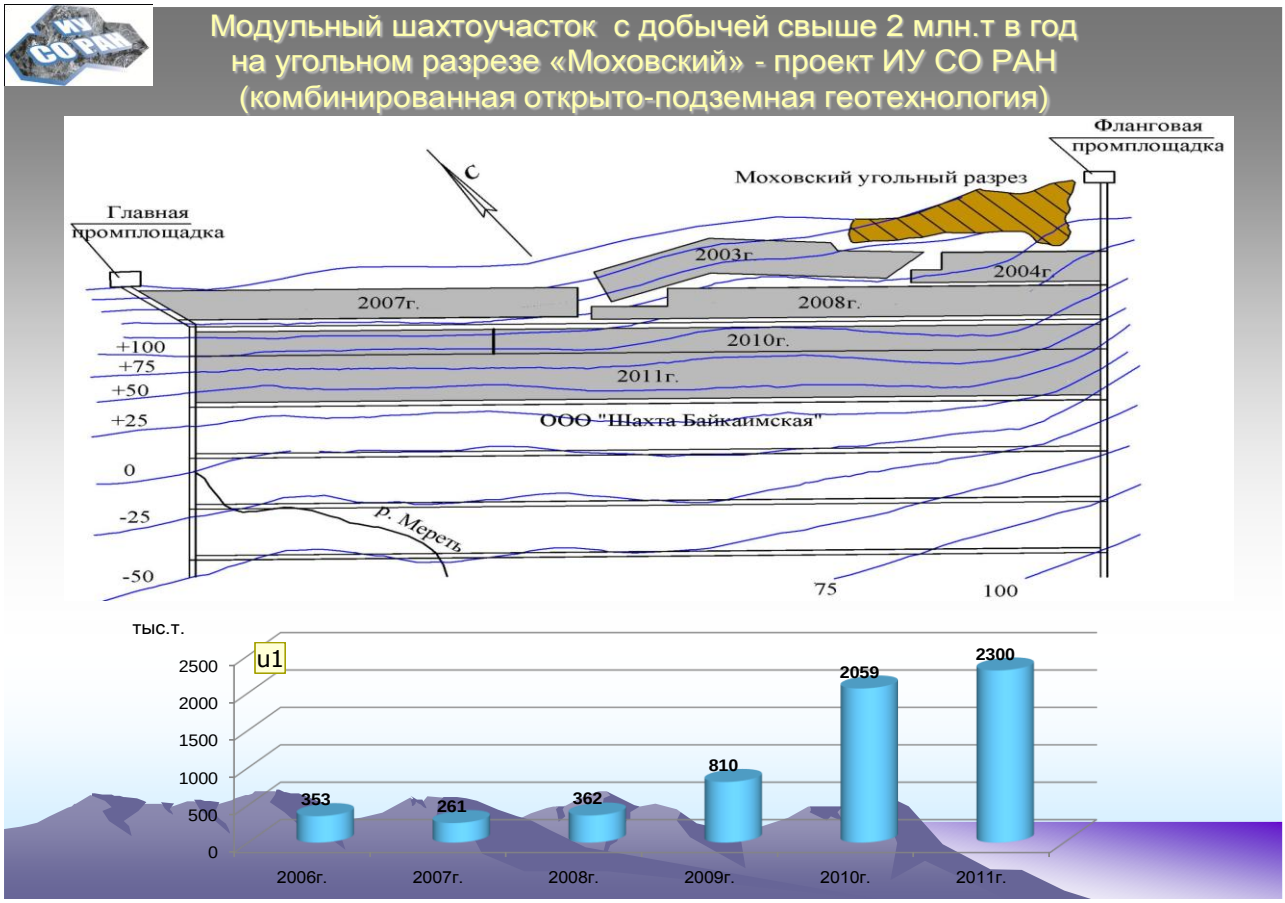


Рис. 4. План развития горных работ шахты «Байкаимская» на угольном разрезе «Моховский» (ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»)

Синтез преимуществ открытого и подземного способов является основой для создания комбинированной геотехнологии, что обеспечит переход угольной промышленности на новый научно-технический уровень:

а) модульный шахтоучасток по структуре автономности вскрытия и подготовки приконтурной зоны угольного разреза адаптирован по размеру простирания разрабатываемых угольных пластов до 6-8 км;

б) модульный шахтоучасток рассматривается в системе комбинированной разработки как элемент рационального освоения недр при переходе от открытого на подземный способ добычи угля;

в) дренаж и осушение поля угольного разреза может рассматриваться с позиции открыто-подземной разработки обводненного угольного пласта как в пределах, так и за пределами горного отвода разреза;

г) применение безвзрывной технологии при открытых и подземных работах на средних и мощных угольных пластах пологого залегания определяет систему высокоэффективной комбинированной разработки угольных пластов с внутренним отвалообразованием.

При этом эффективность ведения горных работ повышается за счет:

- совместного использования большей части производственной инфраструктуры, ЛЭП и подстанций, автомобильного транспорта для перевозки угля, автодорог, железнодорожного транспорта и т.п.;
- возможности транспортирования угля из открытых работ на поверхность конвейерным транспортом подземного шахтоучастка, что может исключить движение груженых углем самосвалов на подъем, повысить их производительность, уменьшить износ и аварийность;
- использование техники угольного разреза для существенного уменьшения трудоемкости вскрытия пластов для подземных работ;
- осушение поля угольного разреза и осветление шламовых вод в подземных условиях за счет ведения горных работ на обводненных угольных пластах;
- возможности внутреннего отвалообразования при граничном коэффициенте вскрыши открытых горных работ в условиях рациональной отработки горного отвода угольного разреза.

Объединение открытых и подземных горных работ с использованием общей производственной инфраструктуры на строящихся и действующих угольных разрезах определяет современную концепцию освоения угольных месторождений Кузбасса открыто-подземным способом.

Технологические решения, формирующие структуру модульного шахтоучастка, адаптированы к комбинированным (открыто-подземным) способам разработки угольных месторождений [1], что позволяет минимизировать транспортную характеристику разреза за счет внутреннего отвалообразования и рационального использования недр. Модульные шахтоучастки в системе открытых горных работ по проектам имеют высокие технико-экономические показатели с производительностью труда рабочих 500-900 т/месяц (на уровне лучших мировых показателей) и соизмеримую эффективность угледобычи за счет совместного использования производственной инфраструктуры угольного разреза.

В отличие от традиционного статистического анализа (шахты, разрезы, общая добыча угля) нами была выделена добыча угля по годам шахтами и разрезами, использующими единую производственную инфраструктуру на основе комбинированного (открыто-подземного) способа разработки угольных месторождений Кузбасса (рис. 5). Установлено, что с 2007 по 2011 годы добыча угля комбинированным способом увеличилась в 2 с лишним раза (с 14,6 млн.т до 32,6 млн.т).

Проведен также анализ добычи угля в Кузбассе комбинированным способом разработки с выделением как открытого способа добычи, так и подземного по модульной геотех-

нологической структуре шахтоучастка на угольном разрезе с использованием единой производственной инфраструктуры угледобывающего комплекса (рис. 6).

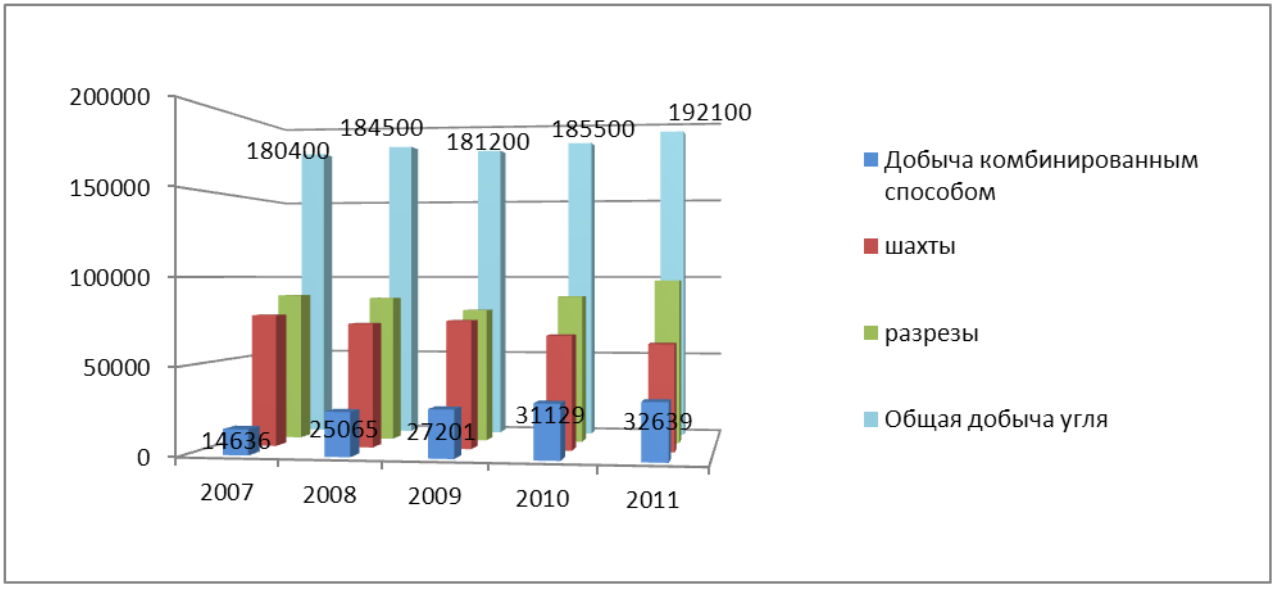


Рис. 5. Добыча по Кузбассу (тыс.т/год) в зависимости от способа разработки

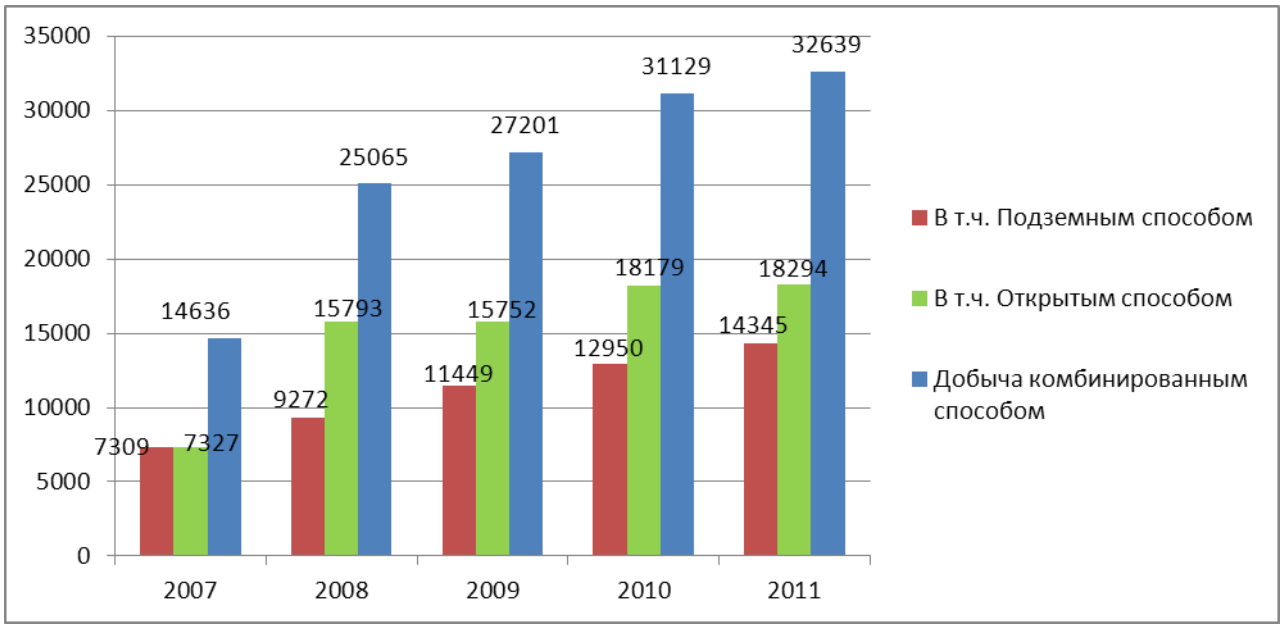


Рис. 6. Соотношение объемов добычи угля в Кузбассе комбинированным способом (тыс.т/год)

Установлено, что добыча на модульных шахтоучастках угольных разрезов за 5 лет была увеличена в 2 раза (с 7,3 до 14,3 млн.т). Открытым способом при комбинированной технологии добыча угля была увеличена в 2,5 раза (с 7,3 до 18,3 млн.т).

Общее соотношение открытого и подземного способов добычи угля в комбинированной (физико-технической) геотехнологии разработки угольных месторождений Кузбасса в 2007 году составляла 50/50% при общей добыче - 14,6 млн.т угля. В 2011 году соотношение изменилось на 44/56% при общей добыче комбинированным способом – 32,6 млн.т в год.

Привлекательными особенностями освоения модульных технологий шахтоучастков для отработки угольных пластов из открытых горных выработок являются минимальные инвестиции, минимальный срок строительства и окупаемости вложенных средств, высокая производительность труда шахтеров при низкой себестоимости добываемого угля.

Технологические схемы открыто-подземных (комбинированных) разработок хорошо сочетаются с модульными структурами и позволяют быстро вводить в действие новые мощности, полнее использовать запасы месторождения, обеспечить более экономичную их разработку [4,5].

Практическое значение работы заключается в том, что полученные результаты позволяют:

- использовать методические положения и технологические принципы проектирования комбинированной разработки при освоения угольных месторождений Кузбасса, в том числе и по безвзрывной технологии ведения горных работ для ускоренного ввода в действие производственных мощностей с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами;
- синтезировать подземные модульные шахтоучастки с пространственно-временной и структурной увязкой элементов открытой и подземной технологий ведения горных работ для снижения потерь угля в недрах и сокращения сроков перехода от открытых к подземным горным работам;
- установить рациональные параметры технологических звеньев подземных модульных шахтоучастков для угольных разрезов с целью снижения себестоимости и экологической нагрузки на природную среду;
- обеспечить поточность технологических процессов угледобычи подземных модульных шахтоучастков для повышения производительности и их адаптацию к горно-геологическим условиям ведения горных работ на угольных разрезах;
- увеличить коэффициент извлечение запасов угля по эффективным технологиям и продлить срок эксплуатации угледобывающих предприятий.

Список литературы

1. Ялевский В.Д., Федорин В.А. Модульные горнотехнологические структуры вскрытия и подготовки шахтных полей Кузбасса. (Теория, Опыт, Проекты). – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2000. -224 с., ил.

2. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Комбинированная разработка рудных месторождений: Учебное пособие. – М.: Издательство «Горная книга, 2012. -344 с.: ил.

3. Михайлов А.Ю. Шахты угольных разрезов – новые тенденции развития комбинированной (открыто-подземной) геотехнологии»// Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Материалы международной научно-практической конференции: сборник научных статей // СибГИУ; Под ред. В.Н. Фрянова, Е.В. Пугачева. – Новокузнецк, 2005. –С.260-265.

4. Федорин В.А., Михайлов А.Ю., Ивершина Г.Е. Геотехнологические аспекты открыто-подземного (совмещенного) способа освоения угольных месторождений Кузбасса./ГИАБ № 11, 2008. –С. 261-269.

5. Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю. Комбинированный способ разработки угольных месторождений с использованием инфраструктуры смежной шахты./ ГИАБ № 7, 2011. – С. 49-51.

УДК 622.232.72

ПОСТАНОВКА СИСТЕМ РЕЗЦЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ШАХТАХ КУЗБАССА

Прокопенко С.А.
НЦ ВостНИИ, НПП «Сибирские горнопромышленники»**, **г. Кемерово

Заключение угольными компаниями и предприятиями долгосрочных контрактов на поставку угля требует от руководства уверенности в эффективности и надежности шахт, их систем, элементов. Одной из важных систем является **система резцепользования шахты**

(СРШ). Важность этой системы обусловлена тем, что **именно с резцов комбайнов начинается целевая функция шахты** – ОТБИВАТЬ ОТ МАССИВА ПОЛЕЗНОЕ ИСКОПАЕМОЕ И ВЫДАВАТЬ ЕГО НА ПОВЕРХНОСТЬ. И ВЫДАВАТЬ – это уже вторично, то есть все остальные системы второстепенны, третьестепенны… **СРШ – головная, главная!**

Когда мы говорим «работает система», то подразумеваем упорядоченность, четкость, эффективность, управляемость. К сожалению, **процесс резцепользования в шахтах Кузбасса не выстроен как система:** отсутствует анализ расхода резцов за прошлые годы и прогноз на перспективу; оценка уровня эффективности резцепользования шахты не выполняется; удельные затраты резцов на 1 м^3 отбитой горной массы не рассчитываются и целенаправленно не снижаются; ранжирование участков и комбайнов по эффективности резцепользования не проводится; стимулирование комбайновых бригад за высокую (низкую) эффективность резцепользования не поставлено; оценок выгодности различных марок резцов не выполняется; закупка резцов осуществляется не по принципу их эффективности, а по принципу дешевизны, что оборачивается для комбайнов зачастую кратным ростом затрат на резцы и т.д.

В условиях необходимости освоения высоких уровней конкурентоспособности и эффективности шахт **становится очевидной назревшая необходимость наведения порядка в этом процессе, постановки эффективной СРШ и ее целенаправленного развития.**

Составляющими элементами **СРШ** выступают:

- собственно процесс использования (эксплуатации) резцов на комбайне;
- мониторинг количества и качества расходуемых резцов;
- оценка экономической эффективности резцепользования;
- планирование целевых показателей и контроль их достижения.

Для оценки **уровня эффективности СРШ** предлагается использовать шкалу (табл. 1), предусматривающую 5 уровней на основе анализа **динамики общих и удельных затрат шахты на резцы.** Высокий уровень эффективности СРШ достигается при одновременном снижении за период общих затрат шахты на резцы и затрат в расчете на единицу отбитой горной массы. При одновременном росте значений указанных показателей уровень эффективности характеризуется как низкий.

Таблица 1

Уровни эффективности системы резцепользования шахты (участка, комбайна)

Общие затраты на закупку резцов З (р) при сравнении с предыдущим периодом	Удельные затраты Зуд (р/м3) при сравнении с предыдущим периодом	Уровень эффективности **Т**	Баллы
↓	↓	ВЫСОКИЙ	5
→	↓	ВЫШЕ СРЕДНЕГО	4
↓	→	СРЕДНИЙ	3
↑	↓	НИЖЕ СРЕДНЕГО	2
↑	↑	НИЗКИЙ	1

↑ - затраты выросли; ↓ - затраты уменьшились; → - затраты не изменились.

Коэффициент эффективности резцепользования шахты можно рассчитать через эффективность этого процесса на производственных участках (комбайнах) по формуле:

$$К^{ш}_{р} = \frac{\sum_{i=1}^{n} к_i Б}{5К}, \text{ ед.} \quad (1)$$

где $к_i$ – фактическое количество участков (комбайнов) с Т-уровнем эффективности, шт.; Б- балльная оценка уровня эффективности, баллы; n – количество марок резцов, использованных на очистных комбайнах за год, ед.; К – общее количество участков (комбайнов) на шахте, шт.

Анализ процессов приобретения, выдачи и использования резцов позволил разработать технологию функционирования системы резцепользования шахты (рис. 1).

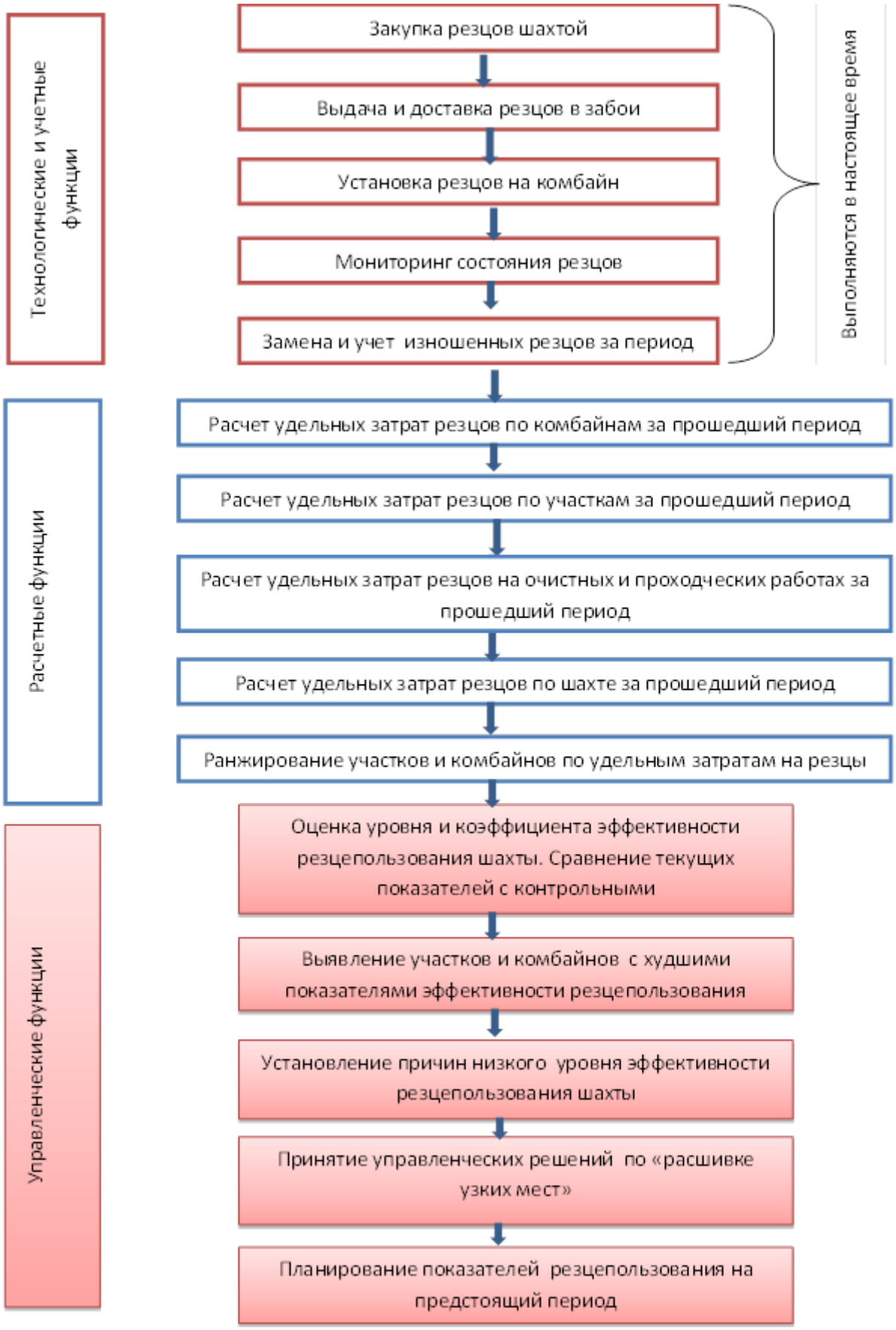


Рис. 1. Технология функционирования системы резцепользования шахты

Для постановки системы в этом процессе к существующим функциям пользования и учета резцов требуется освоение блока расчетных функций и блока управленческих функций. Из 15 необходимых для системы функций в настоящее время на шахтах выполняются лишь 5 начальных. Отсутствие расчетных и аналитических процедур не позволяет руководству шахты владеть полной и глубокой картиной этого процесса для управления его состоянием. С использованием разработанного автором математического аппарата освоение расчетных процедур не представляет сложности.

Для выполнения оценки эффективности СРШ требуется регулярное получение исходной информации о количестве, типах и ценах закупки резцов шахтой, типах и количестве выданных резцов подземным участкам, расходе резцов участками и комбайнами. Информационными уровнями в этой системе выступают:

1.Уровень закупок резцов (ОМТС).

2. Уровень выдачи резцов в пользование (склад МТР).

3.Уровень пользования и расходования резцов (горные участки).

На рис. 2 показаны информационные потоки, обеспечивающие формирование и продвижение информации о состоянии резцепользования на комбайнах, участках и шахте в целом от нижнего к верхнему уровням управления шахты. Информация о марках и расходе резцов комбайнами от звеньевых через горных мастеров поступает на участки, где ежесменно фиксируется в журналах мониторинга. Журнал мониторинга, заверенный начальником участка, не позднее 5 числа следующего месяца передается главному инженеру.

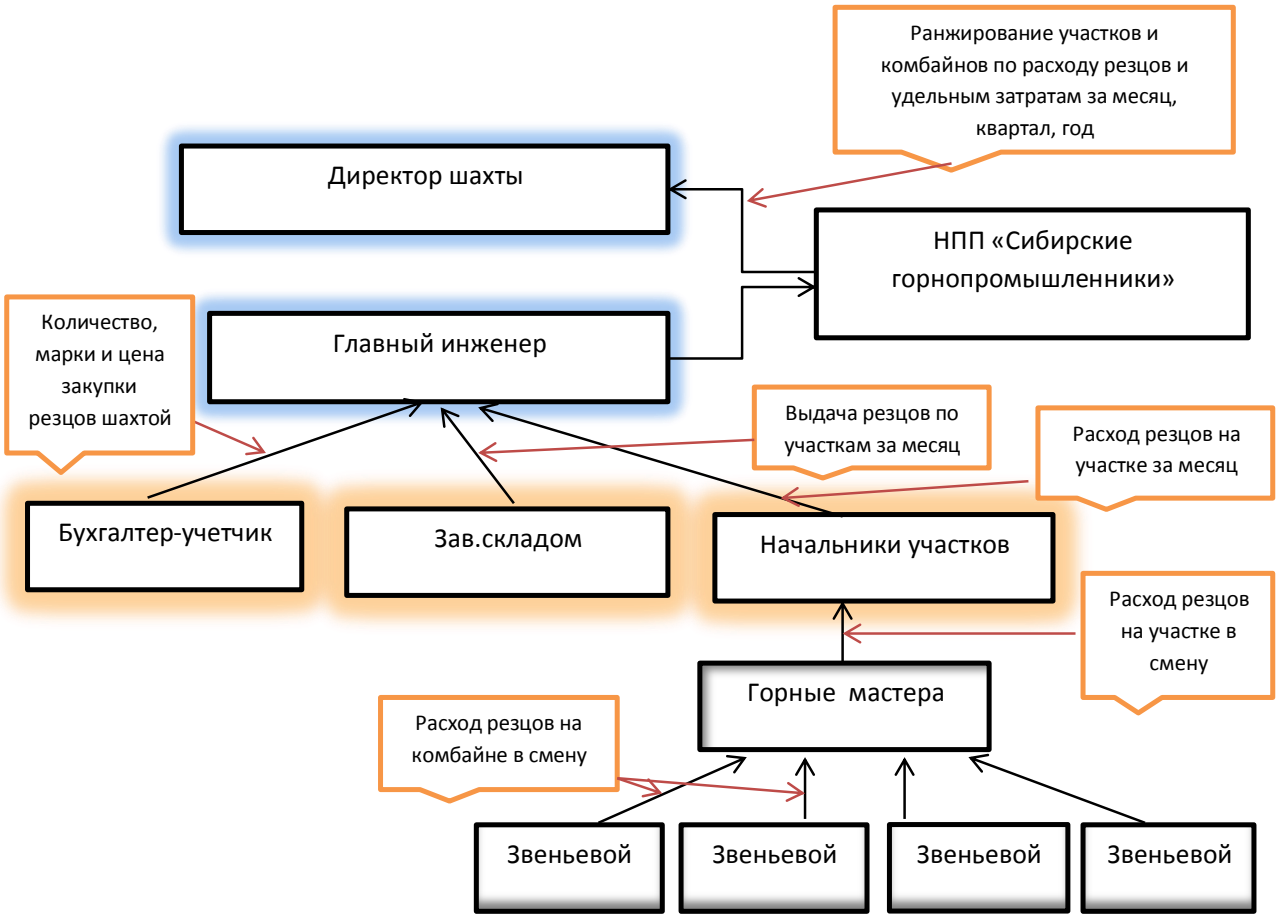


Рис. 2. Информационные потоки и их содержание на этапе постановки системы резцепользования шахты

В эти же сроки перед главным инженером отчитываются заведующий складом и бухгалтер своей информацией. Аккумулированная главным инженером информация передается на этапе постановки системы в НПП «Сибирские горнопромышленники», где она обобщает-

ся, рассчитываются показатели эффективности, выполняется анализ. В последующем, после постановки и освоения СРШ, расчетно-аналитическая функция выполняется главным инженером шахты. Отчет директору шахты предоставляется не позднее двух недель по прошествии квартала.

Собранная, переработанная и оцененная информация, поступая на верхний уровень руководства, выступает базой для принятия управленческих решений по: выявлению мест неэффективного вложения денежных средств, «расшивке» узких мест, поощрению эффективных начальников участков и комбайнеров, выбору поставщиков высокоресурсных и экономичных резцов, корректировке объемов закупок и т.д. Таким образом, достигается прозрачность, упорядоченность и эффективность процесса резцепользования в шахте.

Направленное повышение эффективности системы резцепользования шахты достигается постановкой этого процесса на каждом комбайне. На рис. 3 представлен алгоритм повышения эффективности резцепользования шахтного комбайна (СРШК).

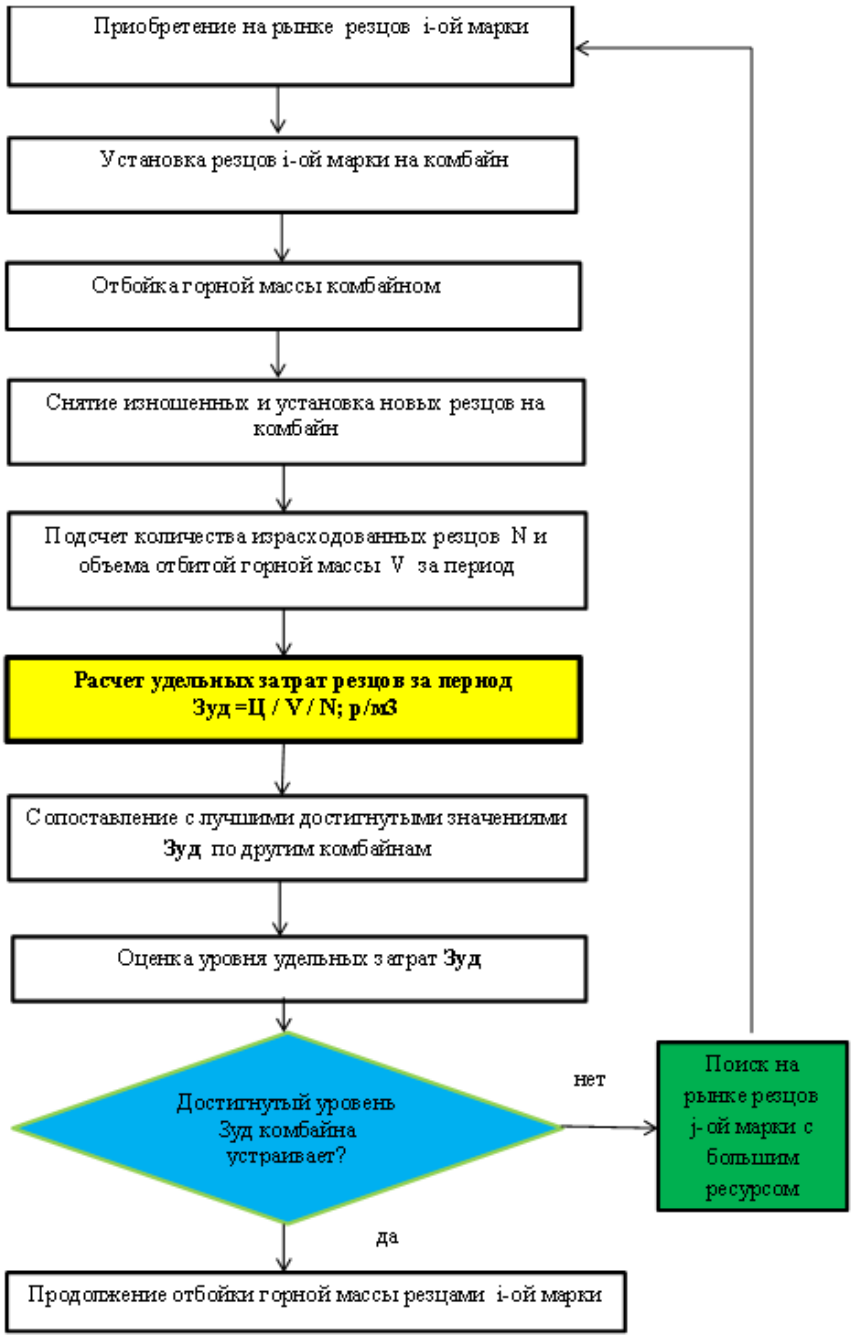


Рис. 3. Алгоритм совершенствования системы резцепользования шахтного комбайна

Ключевым этапом этого алгоритма является **«расчет удельных затрат за период»** (затраты резцов на единицу отбитой за период горной массы), позволяющий выполнить оценку эффективности резцов и принять корректирующие действия. Использование разработанного алгоритма на всех комбайнах шахты позволяет взять под контроль расход резцов, повысить ответственность рабочих за надежную их установку в резцедержатели и бережное обращение с горно-режущим инструментом, инициировать поиск экономичных резцов.

Одними из самых экономичных в настоящее время являются резцы РГП М многоразового применения, поставляемые шахтам научно-производственным предприятием «Сибирские горнопромышленники». Благодаря сменной рабочей части головки появляется возможность использования резца 5-7 раз вместо однократного нынешнего применения. Это повышает рентабельность продукта на 300-400%. Изготовление на хвостовике резца ряда отверстий для фиксации шайбой и шплинтом обеспечивает возможность установки резца на разные марки комбайнов, что сейчас невозможно. Такая взаимозаменяемость упрощает эксплуатацию комбайнов, сокращает запасы на складах, снижает затраты на закупку резцов. Фиксация резца в резцедержателе короны шайбами различных типов обеспечивает надежность крепления и исключает потери резцов, которые в настоящее время нередко достигают 5-10 % и более от числа устанавливаемых изделий. Если шахта в год расходует на резцы 5 млн.руб., то только исключение их потерь экономит до 0,5 млн.руб/год.

Фото универсальных резцов многоразового применения РГП 32-70/16УМ для комбайнов КП-21, KSW-460, П-110, МВ12, К-500 представлено на рис.4.

Рис.4. Комбайновые резцы РГП 32-70/16УМ многоразового применения

Испытания осенью 2011г. фирмой «Сибшахторудстрой» резца РГП 32-70-70/16М на комбайне КП-21 в условиях шахты «Осинниковская» по пласту Е-1 показали эффективные и надежные результаты. Надежность конструкции подтверждена и испытаниями опытного резца в феврале 2012г. в шахте «Первомайская» при проведении выработки комбайном КСП-35 по пласту 24 с присечкой 70% породы, представленной песчаником крепостью f = 10-11 по шкале проф.М.М. Протодьяконова. Даже в таких тяжелых условиях сменная часть головки не сломалась, не потерялась, а отслужила 2 смены до полного износа. Резцы марки РС в тот период меняли по 50 штук в смену.

Скорость износа головки резца РГП при проведении выработки площадью сечения S = 17м^2 в тяжелых горно-геологических условиях представлена на графиках (рис. 5). Кривая 1 описывает уменьшение длины головки резца с начальных 70 мм, а кривая 2 – показывает суммарный износ головки в процентах нарастающим итогом. Состояние резцов оценивалось по истечении одной (6 часов), двух (12 часов) и трех (18 часов) смен эксплуатации. Из анализа графиков понятно, что продолжительность эксплуатации многоразового резца для возможности его повторного использования в этих условиях должна составлять 1,5-2 смены.

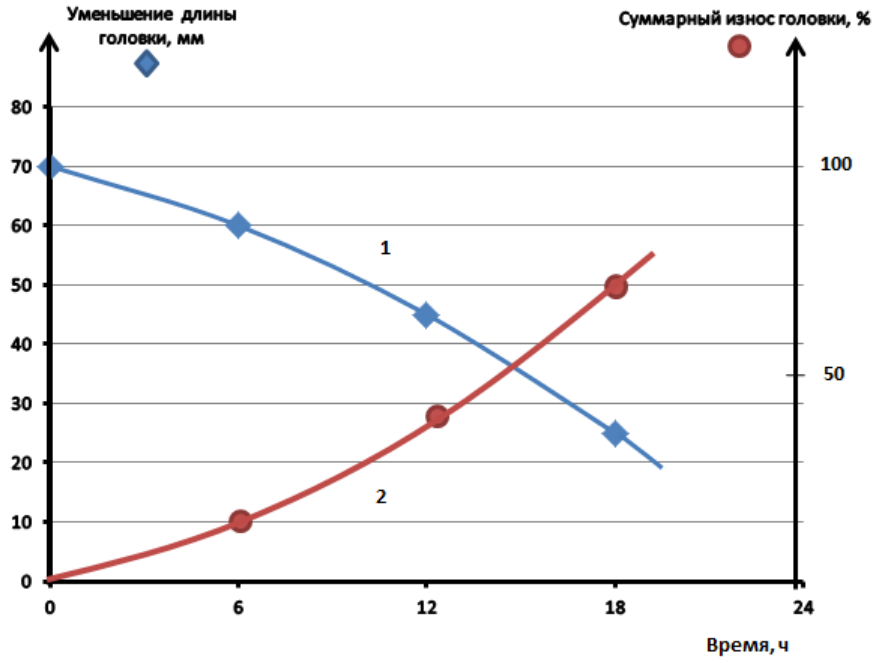


Рис. 5. Скорость износа головки резца РГП 32-87-70/16М

Состояние резца после снятия с комбайна показано на фото (рис. 6). Сверху видна изношенная сменная часть головки. Ее замена делает возможным дальнейшую эксплуатацию резца по второму циклу. Стоимость сменной головки составляет 40-50% от цены резца, что определяет его высокую экономическую эффективность.

Рис. 6. Резец РГП М после эксплуатации на комбайне КСП-35

Организованная таким образом СРШ выступает для директора и главного инженера шахты инструментом планирования и контроля процесса резцепользования в направлении сокращения расхода резцов и затрат на отбойку горной массы. Достигаемая системность процесса способствует повышению эффективности и культуры горного производства. Использование инновационных резцов РГП М открывает новые возможности по повышению уровня ресурсосбережения шахт, производительности горно-режущего инструмента и комбайнов, сокращению потока резцов в шахту, кратному снижению денежных средств на закупку резцов.

УДК 622.831.3

ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ И ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЗАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Черных Н.Г.

ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк

1.Анализ состояния вопроса

В гипотезе «Как и когда образовался уголь», опубликованной в журнале «Уголь» в 2009г. [1] автор излагает свое понимание образования угля на земном шаре, основываясь на космическом происхождении в период землеобразования.

Приняв гипотезу образования угля из пылевидного рассеянного угольного облака (завесы) обволакивающей земной шар и оседавшей попеременно чередуясь с породной пылью привело к новому подходу в решении задач по способу извлечения угля, его транспортированию к потребителям, к созданию нового поколения горных машин приближенных к получению угля в забое шахты в первозданном пылевидном состоянии и его транспортирование, хранение в закрытых транспортных системах до места потребления, например сжигания в котлоагрегатах ТЭЦ или бойлерах местного значения.

Из всех видов топлива, когда-то самым распространенным был уголь. Запасы его на земле огромны, только в Кузбассе 750 млр.т, и поэтому, пока более всего, электрической и тепловой энергии вырабатывают те электростанции, которые сжигают каменный уголь. Сотни вагонов его поступают на мощную тепловую электростанцию каждые сутки. Ленточные конвейеры транспортируют с дроблением уголь в бункера котельной. Оттуда в шаровую мельницу превращая измельченный уголь в пыль. Эта пыль, увлекаемая воздухом, и вдувается в топку, где мгновенно вспыхивая, она отдает тепловую энергию воде, заполняющей трубы, с получением пара.

Котел сжигает по несколько вагонов в час. И каждый час производит сотни тонн пара. Давление 200-400атм., температура 500-560град. Итак, уходящий из котла пар поступает в турбину, приводит ее в движение, которая при вращении вырабатывает электроэнергию.

Так подробно описан способ получения электроэнергии и тепла из угля для того, чтобы дать понять угольщикам, что такой способ поставки угля потребителю для них много затратный и в основе его, не зная изначально как и когда образовался уголь, кроме как из деревьев и папоротников, потребители его используют в пылевидном состоянии, т.е. в состоянии, согласно гипотезы космического происхождения образования угля из пылевидного завесообразного облака. Так что же мы поставляем – «булыжники»? Которые и бабульки кое-как разбивают при использовании на бытовые нужды.

Автор статьи не ошибся, что из всех видов топлива когда-то самым распространенным был уголь. На атомных электростанциях роль котла выполняет ядерный реактор. На гидростанциях на лопасти турбины давит не пар, а вода. Эти же электростанции переводят котлы, вместо угольной пыли впрыскивают мазут или газ, которые менее затратны и более экологичны.

Согласно статистике в мире ежегодно добывается и используется около 3,3 млрд.т нефти, 2,3 трлн.м^3 природного газа и 3,3 млрд.т каменного угля [2].

В нефтяном эквиваленте масса извлекаемого из недр и потребляемого человечеством углеродного топлива составляет 7,9 млрд.т н.э. или соответствует примерно 7,6 х 10^{15}г углерода в год [2]. Эта картина, однако, оказывается существенно не полной без учета хозяйственной деятельности людей, которая во многом связана с добычей и переработкой углеводородного сырья, в первую очередь, нефти и газа.

При сжигании всех видов топлива в атмосферу поступает почти втрое большее количество CO_2, которое увеличивает общую массу углекислого газа в атмосфере. Это, по мнению климатологов, вызывает наблюдаемое на земле потепление климата. Данная обеспоко-

енность специалистов нашла отражение в Международных соглашениях Киотского протокола (1997) по ограничению выбросов парниковых газов [2]. Возникает вопрос, как долго каменный уголь будет занимать соответствующее и какое место в балансе углерода?

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2020 года» основную часть электроэнергии планируется по прежнему получать за счет выработки ее на тепловых станциях. Их удельный вес в общей установленной мощности отрасли практически остается на уровне 2000г. – 68-69%.

По данным НИИ экономики энергетики РАО «ЕЭС России», в балансе топлива при производстве электроэнергии в нашей стране в 2002 году доля природного газа составила 51%, а угля – около 18,6%. Для сравнения доля выработки электроэнергии на угле в США достигает - 52%, в Германии - 54%, Китае – 72%, Польше – 94%. В общем как в той поговорке «Чем богаты – тем и рады». При этом доля природного газа в общем мировом потреблении первичных энергоресурсов за последние годы существенно возросла и в первую очередь за счет использования его на тепловых электростанциях. По мнению некоторых руководителей и специалистов растянувшаяся по времени дешевая «газовая пауза» в отечественной энергетике привела к нарушению сложившегося за последние 50 лет топливно-энергетического баланса, существенному снижению развития технологий эффективного использования и потребления таких ресурсов как уголь, торф, биомасса и др. [3] При этом авторы в указанных работах считают, что при ожидаемой выработке основных месторождений нефти и газа, запасы которых в десятки раз меньше запасов угля, структура потребления энергоресурсов будет неотвратимо изменяться в сторону увеличения потребления угольного топлива. Это потребует перевода электростанций и коммунальных котельных, работающих на природном газе и мазуте, на угольное топливо. Для их реконструкции понадобятся большие капитальные вложения и придется надолго останавливать котлы, что приведет к нарушению графиков производства и поставок энергии [3].

Согласно работам автора этой статьи, такого явления, как прекращение «затянувшейся газовой паузы» не ожидается. Из статьи автора «Когда и как образуется нефть и в каком количестве» опубликованной в научно-техническом журнале «Наука в нефтяной и газовой промышленности» [4] следует о непрерывности образования нефти и газа, что доказано на практике в нефтяной и газовой промышленности. Используя содержание и выводы указанной статьи, можно с большой достоверностью предсказать, где и в каком количестве образуется нефть и газ на земном шаре, в т.ч. в отдельной его части, что небезинтересно угольщикам у которых «враг» №1 – газ метан! Первоначальный всплеск добычи накопленных нефти и газа в недрах Земли со временем по мере добычи снижается до уровня образования нефти и газа в данном месторождении, который, как постоянная величина неизменен и склонен к увеличению при появившихся динамических процессах извлечения нефти газа из земной коры. **В основу гипотезы взята морская вода – носитель нефти и газа и земная кора – как фильтр для морской воды и «бойлер» образования нефти, газа и пресной воды из морской воды.**

Выявлена закономерность образования нефти и газа из морской воды в недрах земной коры и ее количество. Анализ существующих месторождений указывает на непрерывный процесс образования нефти и газа на Земле и в настоящее время.

Природа сама нашла выход избавляться с накапливаемыми нефти и газа путем разлома земной коры, извержений вулканов с образованием застывшей нефти и сжиганием газа или путем возврата в мировой океан. Но пути миграции не справляются, засоряются; порождая катаклизмы. Чтобы избежать катаклизмов на земле необходимо обеспечить баланс потребления нефти и газа с их образованием во всех точках земного шара, что приведет к снятию напряженности в недрах Земли. Но пока добыча нефти и газа составляет мизерную часть от их образования, что порождает такие катаклизмы, как землетрясения, а у угольщиков внезапные выбросы газа метана и угольной пыли, сопровождаясь взрывами. Необходимо улавливать нефть и газ в прибрежной и шельфовой части морей и океанов, разгружать земную кору путем бурения углубленных скважин. С учетом вышеизложенного доля каменного угля

в энергетическом балансе потребления углеводородов будет непрерывно сокращаться на более дешевые и безопасные виды топлива.

Из опасения, что запасы нефти и газа в недрах Земли могут когда-нибудь иссякнуть, государство исходит из прогноза, что доля угля в топливном балансе будет постоянно расти. Контрольные цифры на 2030 год таковы: угледобыча в России с 336 млн.т в 2011г (вклад Кузбасса – 192млн.т) поднимется до 400-430 млн.т. Предполагается, что за счет технического перевооружения производительность в углепроме возрастет в 5 раз (в первую очередь на разрезах). Общий объем финансирования – 3,7 триллиона рублей, из них бюджетные средства составляют 251,8 млрд. рублей.

Чтобы занять достойное место в энергетическом балансе вместо мазута, велись и ведутся попытки вернуть добытый уголь в его первоначальное пылевидное состояние в качестве пневмо-водо-угольного топлива (ПУТ и ВУТ) с измельчением до 200-300 мкр., на месте его извлечения до места сжигания.

Был реализован «Всемирный эксперимент за Советские деньги» так звучала в устах членов Международной конференции из 39 стран мира по экологически чистому топливу проведенной в 1989 году в США в местечке «Кли Вотер» (чистая вода) на острове Мексиканского залива штата Флорида. Только Советский Союз мог решиться на такой эксперимент, получение высококонцентрированной водоугольной суспензии (ВВУС) из угля добытого на шахте «Инская» в г.Белово и транспортировать по углубленному углепроводу на 262км в г.Новосибирк на ТЭЦ-5 мощностью 3,0 млн.т в год. Он должен был явиться полигоном для углепроводов Кузбасс-Центр и далее до портов Черного моря, мощностью 25-30 млн.т. В 1989г. первая очередь пускового комплекса углепровода мощностью 1,2 млн.т в год была сдана в опытную эксплуатацию. Функции подготовки угля для сжигания в котлах были перенесены с теплоэлектростанций на головные сооружения углепровода вблизи угольных шахт (шахта «Инская») и вдали от теплоэлектростанций (ТЭЦ-5 г.Новосибирска).

За основу проекта был принят контракт между В/О «Техмашимпорт» Москва и итальянской фирмой «СНАМПрожетти» Милан. Только итальянцы демонстрировали получение ВУТ на километровом участке трубопровода, а генпроектировщики Союза сразу махнули на 260км, что составило в денежном выражении при приеме опытно-промышленного трубопровода Белово-Новосибирск в эксплуатацию основных фондов на 210 млн. рублей, при курсе валюты 0,9 рубля к одному доллару.

Было задействовано уникальное оборудование со всего мира, часть которого изображено на фотографиях размещённых в очередности перемещения ВУТ от головных сооружений в г.Белово шахта «Инская» до ТЭЦ-5 г.Новосибирска. Параллельно была установлена вторая технологическая линия из отечественного оборудования (рис. 1).

За 1989-97 годы на оборудовании и сооружениях углепровода было приготовлено, транспортировано и сожжено на теплоэлектростанции около 400 тыс.т при зольности исходного угля 16,5% [3].

В итоге, не удалось достичь стабильных проектных показателей, как из-за человеческого фактора, выразившийся в биологической амбициозной сущности участников этого уникального проекта, так и как следствие, из-за снижения внимания к углепроводу со стороны Правительства России.

При посещении углепровода комиссией во главе с Председателем ТЭК СССР Щербиной Б.Е. в сопровождении министров: Минуглепрома СССР Щадова М.И. и других ведомств в предпусковой период в 1989г. на совещание о готовности углепровода к сдаче в эксплуатацию, Щербина Б.Е. возмутился, почему так много принято обслуживающего персонала 860 человек и по 46 в т.ч. на промежуточных насосных станциях, и что стоимость 1м^3 суспензии составила 86 руб/м^3. В Чехословакии на подобной промежуточной станции люди отсутствуют и сторожат только две собаки! Вопрос был адресован автору этой статьи. «Что Вы, у Вас не верная информация, не 86 руб/м^3, а всего 18 руб/м^3 (самый дешевый уголь в то время был на гидрошахте «Юбилейная» 10 руб/т), а что людей много, так набраны по проекту и вызвано, очевидно, тем что технология совершенно новая, укомплектована новым оборудованием,

совершенство телемеханики, компьютеризация очевидно не вызывало у проектировщиков доверия, а вот как освоим и увидим надежность принятой технологии, не беспокойтесь, Борис Евдокимович, на всем углепроводе останутся только одни собаки». Не ожидая такого ответа скривил Щербина губы в невольной улыбке, а перед этим начальника пускового комплекса уволил, заметив такую реакцию своего босса загоготал Щадов М.И. своим хриплым басом, а затем и другие 150 человек – участников совещания [6].

Искренне считал директор углепровода что, со временем, при отлаживании технологии получения ВУТ столько людей не потребуется. Как он потом узнал, его слова оказались пророческими только в другую сторону. Без постоянной загрузки из-за аварийных остановок шахты «Инская», крупной аварии в котельной головных сооружений – из-за чего были размороженны все сооружения в пункте приготовления топлива и других причин, уникальный комплекс начал разрушаться, а оборудование его растаскиваться.

В итоге решением Межведомственной комиссии Минэнерго России в конце 2003 года было признано нерациональным его восстанавливать и рекомендовано продать по частям, что в настоящее время и делается [3], - банкротство с ликвидацией, вместо консервации до лучших времен, как например в США.

Эксплуатируемые в США гидротранспортные комплексы «Кадис-ИстЛейк» (протяженность трубопровода 174км, мощность от 1,0 до 1,83млн.т/год, кстати, из-за неконкурентоспособности с ж.д. транспортом, длительно находился на консервации) [6] и БЛЭК МЭСА (439 км, мощность – 4,6 млн.т в год) работают по следующей технологии: извлеченный уголь смешивают с водой (содержание твердой фазы 46-48%, средняя зольность 9,8%) и в турбулентном режиме со скоростью 1,5-1,7 м/сек подается на конечный терминал – потребителю. Там он обезвоживается, осушается и поступает в котлы для сжигания [3].

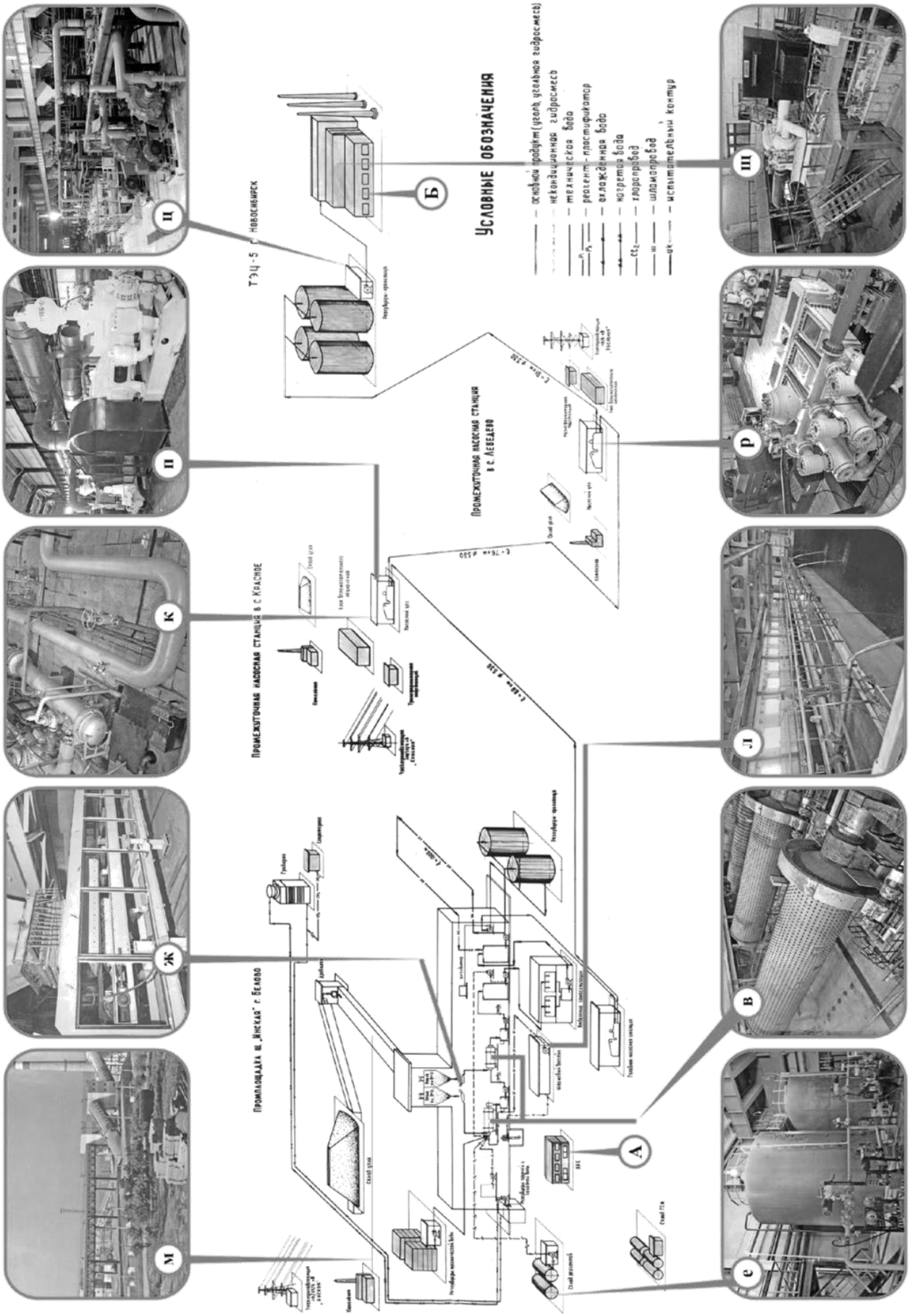
2. Постановка задач и пути решения

Как альтернативу в балансе углеродного топлива автор, основываясь на двух авторских гипотезах [1,4], рассматривает добычу угля в шахте, как добычу первородного космического продукта из угольной пыли и газа метана, а метан как продукт образования нефти, газа и пресной воды при геотермических процессах в недрах земной коры из морской воды за нижними пределами свиты пластов угля. Угольные пласты для нефти являются трудно проницаемой покрышкой, а для газа проницаемой средой. Исходя из указанной альтернативы не безинтересна нефтегазоносность Кузнецкого прогиба – крупнейшего осадочного бассейна в пределах Юго-Восточного обрамления Западно-Сибирской плиты [7]. Имеется определенное сходство геологического строения Кузнецкого прогиба с Аппалаченским нефтеносным районом Северной Америки, где богатые залежи нефти и газа приурочены к подстилающим угленосные отложения породы девона и карбона.

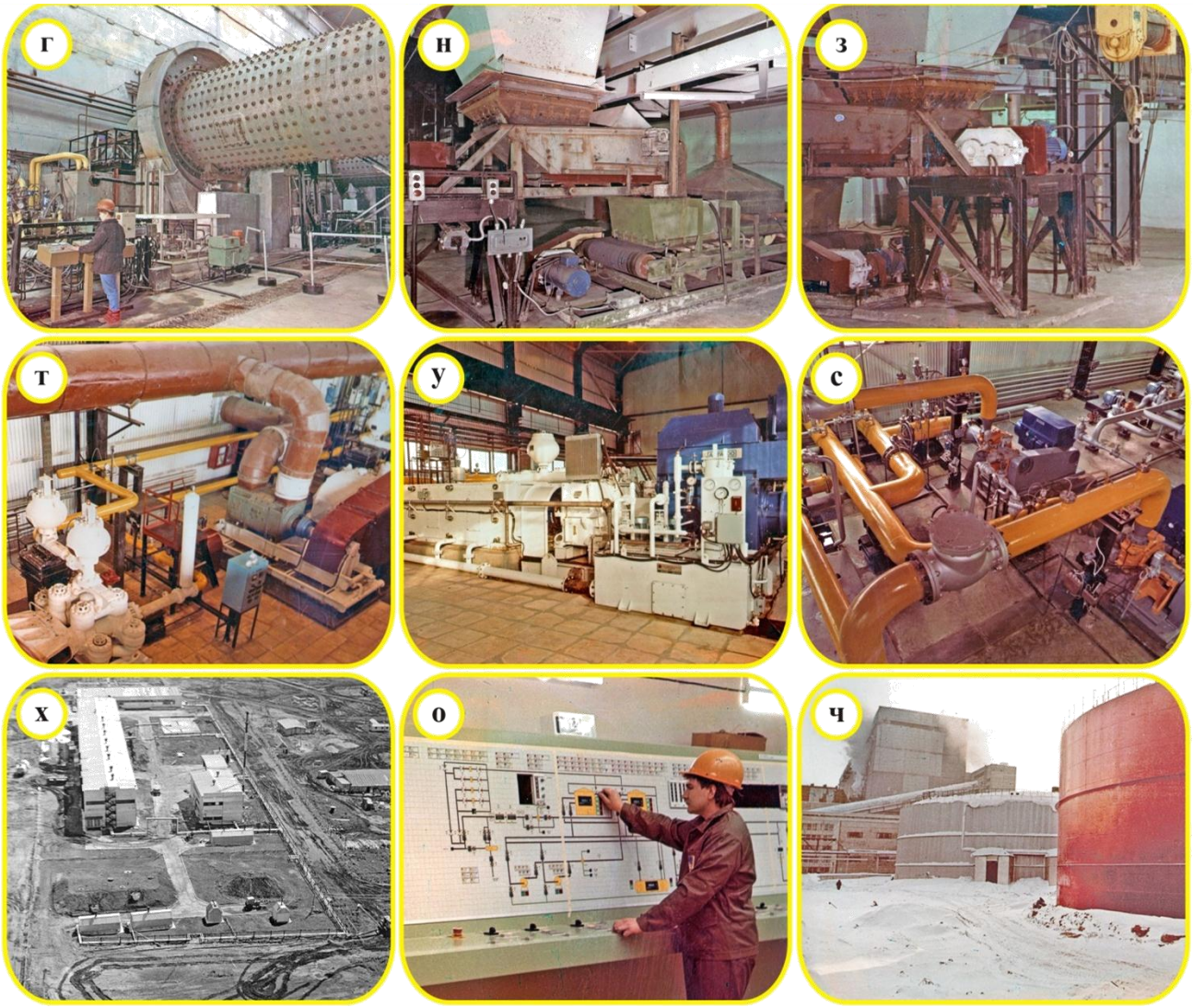
Наиболее благоприятна для бурения дегазационных нефтяных скважин повышенной глубинности (5500-6000м) в предполагаемых (они известны геологам), перспективных зонах прогиба.

С выводами, что нефтегазоносность Кузнецкого прогиба невелика [7] автор не согласен по той простой причине, особенно на юге Кузбасса (Кузнецкий кряж), что из почвы угольных пластов при их отработке интенсивно выделяются водород и газ метан (суфляры), как продукты выше указанных гипотез [1,4]. Образуются ниже свиты угольных пластов нефть, газ, пресная вода, которые по кливажным трещинам мигрируя, заполнили соответственно, соответствующие пустоты – коллекторы, в том числе, такие как газ и угольные пласты. Излишки продукта выходят на поверхность земли или в океан.

Такое соседство для угольщиков имеется и его надо учитывать при дегазации и отработке угольных пластов, так как процесс образования газа непрерывный. Добравшись до источника образования нефти и газа путем бурения глубинных скважин, появляется возможность с добычей нефти и газа дегазировать угольные пласты вместе с окружающей породой, особенно в ловушках, пустотах угрожающих внезапными выбросами и суфлярами. Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо интенсивно применять опережающую пластовую дегазацию.


Условные обозначения
ТЭЦ-5 г. Новосибирск
Промежуточная насосная станция в с. Красное
Промежуточная насосная станция в с. Лебедево
Площадка ш. «Инская» г. Белово
А
Б
В
Г
Д
Е
Ж
З
И
К
Л
М
Н
О
П
Р
С
Т
У
Ф
Х
Ц
Ч
Ш

Продолжение



А – углепровод г. Белово, Б – ТЭЦ-5 г. Новосибирск; в – отделение шаровых мельниц пульпоприготовления; г – пульт местного управления «Алвейллер»; е – расходные емкости пластификатора; ж – импортный питатель-дозатор фирмы «Рамсей»; з – подбункерное отделение с отечественными (на переднем плане) и импортными питателями-дозаторами; к – камера запуска скребка и узел измерения коррозии; л – шламовый бассейн; м – участок углеподачи, площадка угольного склада, топливоподача на котельную; н – качающийся питатель ПК-8 с дозатором ДН-80-40-0; о – автоматизированный пульт управления системы «Филипс» на ТЭЦ-5; п – насос УНБ-600 отечественного производства; р – импортные насосы «Интерсол-Ренд»; с – блок насосов технической воды с насосами «Варман»; т – головная насосная станция УНБ-600; у - насосы «Интерсол-Ренд». х – панорама строительства ПНС-1 в с.Красное; ц – насосное отделение ТЭЦ-5; ч – емкости – хранилище для ВВУС на ТЭЦ-5

Рис. 1. Опытно-промышленный углепровод Белово-Новосибирск

При дегазации газа метана с поверхности путем бурения скважин необходимо чтобы добыча газа превышала его дебет в данном районе, иначе угольные пласты постоянно так и будут насыщены в рассеянном виде водородом и метаном. Эффекта при этом в части безопасного ведения работ по угольному пласту не получится.

Следуя количественной теории образования нефти и газа из морской воды путям миграции жидкостей и газа в земной коре Автором статьи определена получаемая часть нефти и газа в районе Кузнецкого прогиба.

За основу определения принимается пресная вода реки Томь, как составляющая переработки морской воды в недрах земной коры, при минимальном притоке без осадков, только подземные источники, что соответствует месяцам года – март, апрель. Так в районе г.Новокузнецка приток составляет 53,6м^3/сек., в районе г.Кемерово (вниз по течению) 128м^3/сек., и в г.Томск - 120м^3/сек. Соответственно выше по течению от г.Новокузнецка, количество образуемого углерода, из расчета , что каждый куб.м морской воды, переходя в пресную, оставил в недрах земной коры 0,03кг/м^3 углерода нефти и газа, составляет:

53,6 х 0,03 = 1,608кг/сек.;

в час 1,608 х 3600 = 5788,8кг/час.;

в сутки – 138931,2кг. или 138,9т/сутки, соответственно;

в год при 365 сутках – 138,9 х 365 = 50698,5т/год.

По той же методике выше по течению от г.Кемерово углерода образуется 122640т/год. Когда уровень добычи углерода превысит образуемую величину из недр Кузбасса, исключая первоначальный всплеск накопленного углерода, тогда только можно сказать, что начался процесс дегазации угольных пластов.

Сколько углерода скопилось в недрах земной коры в районе Кузнецкого прогиба, зависит от ловушек, коллекторов, пористости и других факторов, но в основном газ, пропитав угольные пласты и окружающие породы, выходит на поверхность, а нефть и в р.Томь (здесь слово за геологами). В атмосферу поступает углерод в основном метаном (CH_4) с его гомологами [2]. Вследствие естественной дегазации из недр на поверхность Земли поступает (1 – 5) х 10^{15}г. углерода в год. При допустимой концентрации метана в исходящей струе воздуха из шахты (0,75%), ежегодно выбрасывается метана из шахт Кузбасса 2 – 3 млрд.м^3.

Для поддержания в балансе углеродного топлива конкурентоспособного места для угольной промышленности необходимо изменить постепенно технологию добычи угля непосредственно в забое угольного пласта, его транспортировку, доставку к потребителю дешевого топлива. За основу сжигания принимать исходное топливо в виде сухого порошка (пыли), как принято в настоящее время на теплоэлектростанциях работающих на угле.

Учитывая отрицательный опыт получения ВУТ на углепроводе Белово-Новосибирск, необходимо создать технологическую и организационную устойчивость, с образованием единой производственно – коммерческой системы, например типа «КЛАСТЕР» (рис.2)

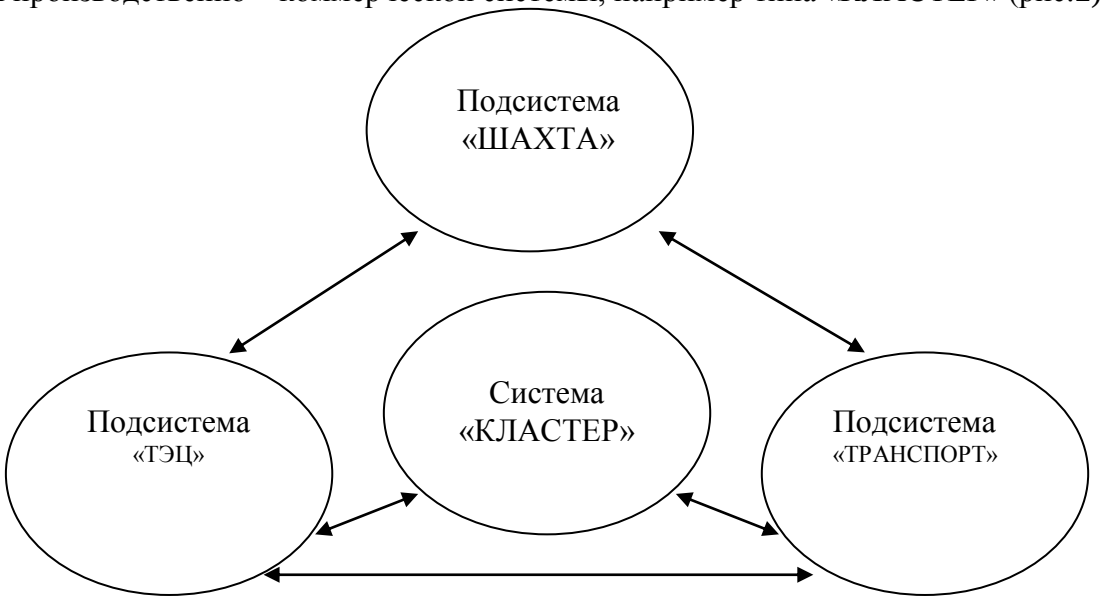


Рис. 2. Схема взаимодействия основных подсистем производственной системы «КЛАСТЕР»

Производственная система «КЛАСТЕР» (рис.2), в соответствии с назначением, средствами и условиями выполнения основных производственных процессов может быть подразделена на три основные подсистемы: «ШАХТА», «ТРАНСПОРТ», «ТЭЦ». Каждая из названных подсистем является, в свою очередь, большой и сложной системой, представляющей взаимодействие элементов производства, рабочей силы, средств и предметов труда, а так же различных производственных процессов, оказывающих существенное влияние на функциональные характеристики смежных подсистем и общепроизводственной системы «КЛАСТЕР».

Результаты работы производственной системы определяются показателями работы отдельных подсистем, а эффективность работы отдельной подсистемы так же зависит от эффективности работы других подсистем. Наиболее полное представление о системе получают в результате наблюдения за происходящим во время работы системы процессами, в связи с чем, свойства системы часто идентифицируют с характером протекающих в ней процессов.

В современных условиях наиболее эффективно функционирует подсистема «ТЭЦ», что приведет к дисбалансу производственной системы «КЛАСТЕР». В этой связи особое значение приобретает обеспечение технологической и организационной устойчивости подсистемы «ШАХТА» и «Транспорт».

Производственная подсистема «ШАХТА» (рис.3) в соответствии с назначением, средствами и условиями выполнения основных производственных процессов является в свою очередь, системой и может быть подразделена на три основные подсистемы: «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ», «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ», «ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ».

В современных условиях как наиболее эффективно функционирующая подсистема «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ», так и менее эффективная подсистема «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ» не обеспечивают технологическую и организационную устойчивость получения угольного топлива в системе «ШАХТА».

Как менее устойчивая подсистема «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ» в большой и сложной системе «ШАХТА», как подсистема «КЛАСТЕР», рассмотрены автором в научном издании Академии горных наук, Кемеровское отделение, как «Создание адаптивных агрегатов для малопроцессной поточной технологии проведения горных выработок» [5].

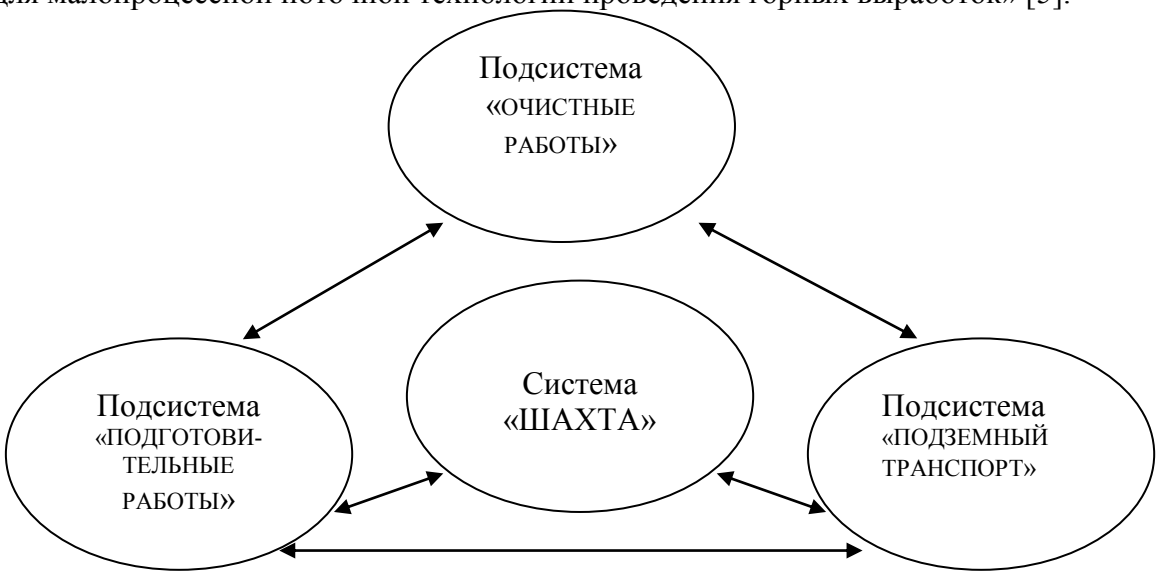


Рис. 3. Схема взаимосвязи основных подсистем производственной системы «ШАХТА»

В результате комплексного решения задач по поддержанию достигнутого баланса углеродного топлива на базе угля разработаны технические предложения, защищенные авторскими свидетельствами, патентами на изобретения:

− для системы «ШАХТА»: «Проходческий агрегат Н.Г.Черных» а.с. № 787640;

- «Универсальный проходческий агрегат» (патент №2172836):
- «Проходческо-очистной механизированный комплекс (блок) (патент №2172410);
- «Горный комбайн» (патент №2203415).

Отличительной особенностью перечисленных горных машин их универсальность, как для подсистемы «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ», так и для подсистемы «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ». Первые 3 изобретения, из перечисленных имеют всасывающие рабочие органы с дробящими устройствами по образованию и транспортированию пылевидного угольного топлива.

Принципиальное отличие от ранее разработанных и испытанных в условиях шахты проходческих горных машин, выпускаемых в настоящее время, проходческий агрегат АПЧ имеет всасывающий рабочий орган с первой ступенью дробления. Агрегат выполнен из серии полых частей со второй ступенью дробления в корпусе механизма передвижения агрегатированного напорно-всасывающей насосной установкой с механизмами всасывания и разворота, позволяющие осуществить «мертвую петлю» под землей при проведении серии горнокапитальных выработок, как по углю, так и по породе в системе «ШАХТА».

Измельченный пылевидный уголь гидро-пневмо-транспортом транспортируется в аккумулирующие емкости шахты. По аналогии разработаны проходческие (рис.4) и проходческо-очистные механизированные комплексы (блоки) на базе существующего горно-шахтного оборудования (рис.5). С конструктивными особенностями и их техническими характеристиками можно ознакомиться в научном издании [5] «Создание адаптивных агрегатов для малопроцессной поточной технологии проведения горных выработок», там же и очистные работы.

Концепция 1-го этапа (рис. 6)

Водогазоугольная смесь из забоя гидротранспортируется в аккумулирующие емкости на поверхности шахты, откуда перекачивается как ВУТ по американской схеме, испытанной и работающей десятки лет при длине гидротрубопровода 439 км мощностью 4,6 млн.т/год с фракцией угля в 1мм с последующим осушением и сжиганием. Накапливаемый газ метан в верхней части аккумулирующей емкости отправляется на хознужды, помня о том, что 2 – 3 млрд.м^3/год CH_4 выделяется из шахт в атмосферу. Пылевидный измельченный уголь при отбойке достигается за счет конструкции рабочего органа горных машин, выполненного из нескольких вращающихся резцовых коронок вокруг своей оси и вместе, за счет планетарного редуктора поворачиваются в противоположную сторону, так что каждый резец, описывая эвольвенту на ее вершине, осуществляет скол горной массы. Чем больше в рабочем органе резцов, работающих по принципу скола, тем мельче отбитый уголь.

Рис. 4. Проходческий комплекс КПЧ-10

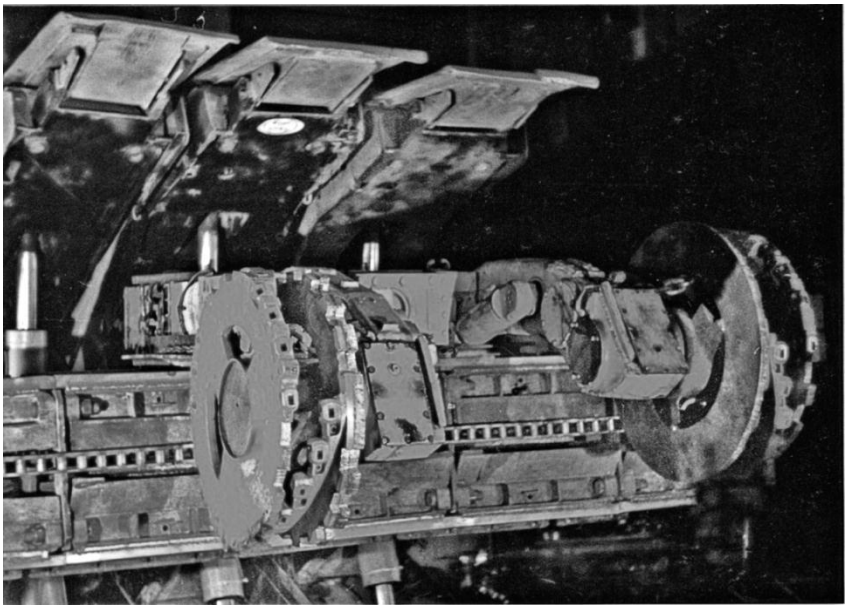


Рис. 5. Проходческо-очистной механизированный (блок) ПОБЧ-2 (в стадии изготовления)

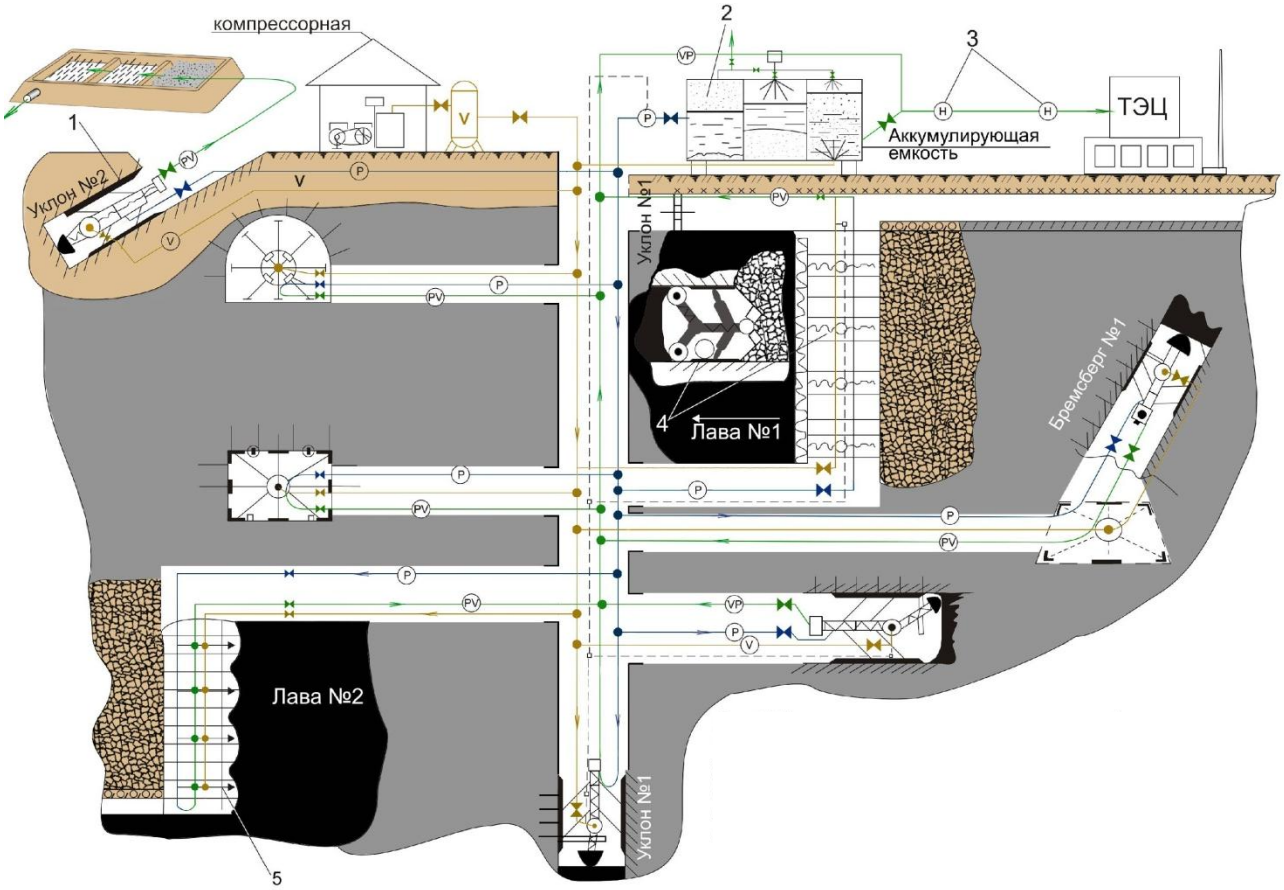


Рис. 6. Условная схема гидро-пневмо-шахты 1 этапа

Например, на проходческом комбайне бурового типа ПКГ-3 – ПКГ-4, применявшихся на шахтах Кузбасса, за счет рабочего органа по принципу скола с 232 зубками, ситовый анализ угля показывал, что удельный вес мелкой фракции составлял до 70% [9]. Существенный недостаток – вода, отсутствует оборот воды как транспортное средство – сжигается в котлах ТЭЦ, понижая их КПД, при этом стоимость ВУТ превышает цену угля на месте его добычи [3].

Совершенно новая, концепция 2 этапа (рис. 7)

Газо-воздушно-угольная смесь полученная в забое шахты засасывается пневмоэжекторами и напорным пневмотранспортом транспортируется до места сжигания в котлах в пылевидном газовоздушном состоянии. Для реализации технических решений, изложенных в статье, необходимо Минэнерго, угольным, машиностроительным компаниям направить соответствующие средства талантливым организаторам производства, изобретателям, конструкторам, создав систему «КЛАСТЕР». Что несомненно повысит в перспективе конкурентоспособность газо-воздушно-угольной смеси.

Рыночная стоимость объектов интеллектуальной собственности по обоснованию новой концепции и принципов обеспечения технологической и организационной устойчивости получения угольного топлива с созданием горных машин составляет только у автора статьи 300000$ США. Согласно оценке действительного члена общества оценщиков, инвестиционная стоимость (ОИС) составляет по патентам:

«Способ возведения штанговой крепи» - 470 млн.руб.;

«Проходческо-очистной механизированный комплекс (блок) – 15,5 млрд. рублей.

Угольным и машиностроительным компаниям стоит задуматься о долгосрочной перспективе находясь в стране с дешевым газовым топливом непрерывно образуемого в недрах земной коры. Такой адаптивный проходческий агрегат для системы «ШАХТА» нужен для строительства шахт за 2-3 года в ближайшей перспективе. Адаптивные проходческие комплексы в подсистеме «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ» типа КНК-6, КПЧ-10 (рис.4) нужны для действующих шахт, как обеспечивающие повышение производительности проходчиков в 3,2 раза. Проходческо-очистные универсальные комплексы типа ПОБЧ нужны для снижения металлоемкости оборудования в подсистеме «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ» в 4-5 раз. С повышением производительности в несколько раз (рис.5).

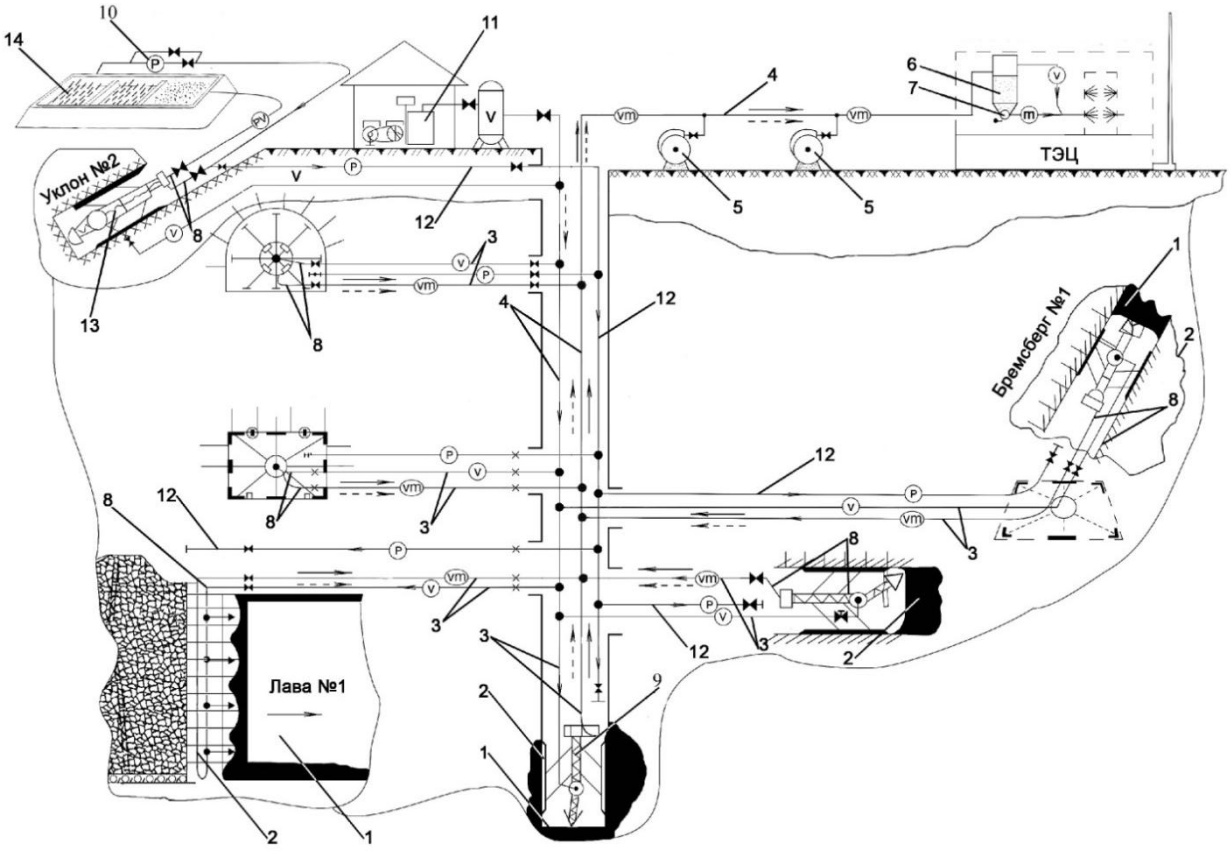


Рис. 7. Система «Кластер» - способ получения ПУТ

Выводы

1. Уголь образовался космическим путем из угольной пылевидной завесы, принесенной вместе с ядром земли оседавшей попеременно с породной пылью на земную поверхность в период землеобразования.

2. Моря и океаны с последующим количеством углерода 0,03кг/м^3 [4] образовались в период оседания завесы из пара на земную поверхность образовавшуюся при кипении воды из льда, прилетевшего как угольная, породная пыль, с планетой Земля.

3. Источником образования нефти и газа метана является морская вода (вода океанов) при геотермических процессах в недрах земной коры с образованием паросоленой смеси с последующей конденсацией при миграции в нефть, газ и дистиллированную воду, последняя по мере продвижения освобождается от 0,03кг/м^3 углерода минерализуется и в виде рек истекает под давлением из недр земли, то же происходит с нефтью и газом.

4. При дегазации угольных месторождений необходимо учитывать источник образования нефти, газа из морской воды, их количество в недрах земной коры ниже свиты угольных пластов.

5. Теплоэлектростанции потребляют угольную пыль (порошок) в первозданном виде, процесс получения трудоемкий, но необходимый для эффективной работы котлов.

6. Увеличение добычи угля в Кузбассе сопровождается недостаточной пропускной способностью ж.д. транспорта, что понуждает к реализации альтернативного трубопроводного транспорта, особенно в гористой местности с речными преградами.

7. Необходимо средства добычи и отбойки угля в системе «ШАХТА» приблизить к получению топлива из угля в виде угольной пыли (порошка) с транспортированием газопыле-воздушной смеси в закрытых системах, выполненных из серии полых частей от забоя в шахте до котла на теплоэлектростанциях.

8. Горные машины как для подсистемы «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ» так и для подсистемы «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ» должны быть сколо-дробяще-отсасывающего типа, выполняющих функции отбойки, дробления, всасывания угольной пыли с газом метаном, выполненных из серии полых частей агрегатированных средствами передвижения и транспорта из любых положений ориентированных на «мертвую петлю» в подземной среде, без понятия о благоприятном или неблагоприятном залегании пластов в месторождении.

9. Обоснована новая концепция и принципы обеспечения технологической и организационной устойчивости получения угольного топлива в виде системы «КЛАСТЕР».

10. Инвестиционная стоимость 2-го этапа перехода на газо-воздушно-пылевидное топливо со строительством шахт адаптивными агрегатами, или перевода действующих составит в течение 5 лет 1млрд.$ США, что сопоставимо по общим объемам финансирования до 2030 года по России (3,7трил. всего и бюджетный 251,8 млрд.руб.)

11. Новая концепция решает спорную проблему, потребление угольного топлива на теплоэлектростанциях России богатой жидким и газообразным топливом, которая не может быть разрешена никаким другим способом кроме как в газо-пыле-угольном виде от забоя в шахте до котла ТЭЦ.

12. Новая концепция решает все другие проблемы, которые накопились в науке благодаря предшествующим концепциям.

Список литературы

1. Черных Н.Г. Когда и как образовался уголь?- Уголь, 2009, №4.- С. 67-68

2. Баренбаум А.А. Научная революция в нефтегазообразовании, Уральский геологический журнал, 2009, №2 (68). - С.16-29

3. Трубецкой К., Моисеев В., Дегтерев В., Кассихин Г., Мурко В. Проблемы внедрения водоугольного топлива в России, 2010. - С.6.

4. Черных Н.Г. Когда и как образуется нефть и в каком количестве // Наука в нефтяной и газовой промышленности, №4, 2010 – С. 15-21.

5. Черных Н.Г. Создание адаптивных агрегатов для малопроцессной поточной технологии проведения горных выработок. – Кемерово, Вузиздат, 2001, 152 с.

6. Черных Н.Г. Повесть о человеке смелой мысли. Новокузнецк. ООО «Полиграфист»: 2010. - С.119-123.

7. Геология СССР. Том XIV. Западная Сибирь. Полезные ископаемые. Книга I.М.: Недра. 1982.

8. Смолдырев А.Е. Гидро-пневмо-транспорт. Металлургия. Москва, 1967, 72 с.

9. Крючников И.И. Архангельский А.С. Проходческий комбайн ПКГ – 3 и ПКГ-4. Госгортехиздат, 1961, 153с.

УДК 622.7(571.17)

УГЛЕОБОГАЩЕНИЕ КУЗБАССА, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Антипенко А.А.
ОАО «Сибниуглеобогащение», г. Прокопьевск

Энергетической стратегией России предусматривается дальнейшее развитие угольной промышленности и увеличение объемов добычи угля. В 2011 году добыча угля в нашей стране составила 336,7 млн. т. По сравнению с 2010 годом она увеличилась на 13,3 млн. т (рост на 4%).

Однако добываемый уголь во многих случаях не отвечает требованиям потребителей по основным качественным показателям: зольности, влажности, теплотворной способности и спекающим свойствам. Единственный путь улучшения качества угля, как товарной продукции, заключается в его обогащении и глубокой переработке.

Сегодня и власть, и угольщики в один голос говорят о том, что будущее угольной промышленности – обогащение угля. И эта тенденция подтверждается цифрами. В настоящее время в России работают 51 обогатительная фабрика и установка и 17 дробильно-сортировочных комплексов. Общий объем переработки угля в 2010 году, с учетом переработки на установках механизированной породовыборки составил 129,2 млн. тонн (на 3,2 млн. т, или на 2,5% больше, чем годом ранее), в том числе для коксования – 68,3 млн. т.

Основным поставщиком «черного золота» в России был и остается Кузбасс. В угольной отрасли Кузнецкого бассейна отчетливо прослеживается тенденция к неуклонному росту, как объему добычи угля, так и его обогащения. В 2011 году на обогатительных фабриках бассейна переработано 84,1 млн. т рядового угля, что на 9,2 млн. т больше, чем в 2010 году, что составляет 65% от общего объема добычи. В том числе коксующихся углей переработано 50,2 млн. т, увеличение к уровню 2010 г. – 0,9 млн. т. В целом по Кузбассу обогатительные фабрики были загружены на 80 % от суммарной производственной мощности.

На сегодняшний день в Кузбассе эксплуатируется 39 углеперерабатывающих предприятия, из них 7 обогатительных фабрик работают с устаревшей техникой и технологией, 13 обогатительных фабрик введены в эксплуатацию за последние одиннадцать лет.

В ближайшие годы в Кузбассе планируется строительство еще 7-ми обогатительных фабрик. Строительство новых фабрик в кратчайшие сроки обеспечено инвестициями угольных компаний и их пониманием важности проблемы обогащения угля.

Лидирующее положение в объеме переработки занимают обогатительные фабрики «Распадская», «Междуреченская», «Беловская», «Кузнецкая», «Сибирь», «Антоновская», «Кузбасская». На указанных фабриках получено 49,8 млн. т угольного концентрата, в т.ч. 36,2 млн. т коксующихся марок.

На обогатительных фабриках нового поколения, таких как «Антоновская», «Бачатская, «Заречная», «Распадская» и других применяется современное оборудование, в основном, импортного производства, здания – этажерочного типа, водно-шламовые схемы замкнуты внутри фабрик. На них применяется импортное оборудование: тяжелосредные гидроцик-

лоны для обогащения мелких углей, сепараторы для крупного угля «Партоклон» и «Даниельс», отсадочные машины «Батак», гипербары «Андриц», центрифуги H-900 и HGS, «Декантер» и др., фильтр-прессы трех типов и т.д.

Внедрение нового оборудования позволяет замкнуть водно-шламое схемы в пределах обогатительных фабрик, тем самым улучшить экологию.

Следует отметить, что за последний период появились новые технологии в проектировании и строительстве обогатительных фабрик, что существенно снижает сроки по решениям этих вопросов. Строительство фабрик производится в течение 1,6-1,8 года (ранее – до 10 лет). Сокращаются объемы дорогостоящих процессов флотации и сушки угля. Обогащению подвергаются не только коксующиеся угли, но и энергетические. Требования рынка к энергетическим углям возрастают – и зольность не должна превышать 15%.

Обычно требования к качеству энергетических углей были ниже, чем к качеству коксующихся. Поэтому обогащались, в основном, крупные (сортовые) классы углей, которые использовались в быту или в топках коммунальных и промышленных котельных. Нижний предел обогащения достигал 6 мм, водно-шламовое хозяйство фабрик было сравнительно простым. Однако в последние годы требования к качеству энергетических углей ужесточились. Технологические схемы и компоновочные решения изменились и стали соответствовать параметрам технологии и техники обогащения применительно к коксующимся углям.

В дальнейшем также нужно развивать и сухой метод обогащения. Сегодня основание для этого имеются. Проведены опытно промышленные испытания и получены разрешения на применение пневмовакуумной сепарации. Производительность установки по исходному угля составляет от 30-60 тонн/час, диапазон обогащения от 6-150 мм. Эффективность обогащения можно достигнуть с применением комбинированной схемы обогащения.

На ряду с положительными тенденциями развития углеобогащения в Кузнецком бассейне имеются проблемные вопросы, решение которых возможно при вложении соответствующих инвестиций. Необходимо инновационную деятельность рассматривать как основную при переходе к новой технологической базе обогащения.

Целесообразно, в первую очередь, произвести реконструкцию обогатительных фабрик, построенных в период с 50 по 80 годы прошлого века с целью сокращения выбросов, загрязняющих окружающую среду. Для этого необходимо, учитывая опыт работы предприятий нового типа, разработать технико-экономические обоснования и доказать, что реконструкция фабрик выгодна. Положительным примером повышения эффективности производства и качества продукции реализации на основе модернизации и технического перевооружения действующих обогатительных фабрик являются ЦОФ «Беловская», ЦОФ «Абашевская», ЦОФ «Кузбасская». На этих фабриках прекращен выпуск шламов в отстойники и гидроотвалы. Водно-шламовые схемы замкнуты благодаря применению фильтр-прессовых отделений.

Кроме того, фабрикам нужно решить проблему выемки и обогащения шламов, которые находятся в отстойниках и гидроотвалах. По примерным расчетам у нас более 25 млн. т угля, в том числе коксующегося, находится в отстойниках и шламонакопителях.

В проектах новых фабрик нужно предусматривать обогащение продуктов до 0 мм и влагу 7% зимой и 8% летом в соответствии с нормативными документами. Фактически на некоторых обогатительных фабриках нового типа выпускается продукция с влагой до 10-11,5%.

К недостаткам этих фабрик следует отнести отсутствие флотационного метода обогащения для коксующихся марок углей, что приводит к значительным потерям рядового угля. На этих фабриках потери рядового угля с отходами обогащения колеблются от 2,5 до 8,5% и выше. Если сравнивать затраты при использовании флотации и флокуляции, то по себестоимости расходы на флокулянты почти в два раза превышают расходы на флотореагенты. Есть вопросы и по снижению влажности флотоконцентрата, которая составляет 24-27% и увеличивает влажность товарного продукта.

Определенные сложности для эффективного углеобогащения объективно создаются и угледобывающими предприятиями. Дело в том, что применение современных технологий и оборудования при добыче углей приводит к большому содержанию в рядовых углях мелких классов, которые обогащаются сложнее по сравнению с крупным углем. Выбор технологической схемы обогащения определяется свойствами угля, требованиями к качеству продуктов обогащения, экономическими показателями, требованиями к охране водного и воздушного бассейнов, возможностью технологического оборудования.

Необходимо также работать над созданием новых технологий в области обезвоживания и сушки углей без вредных выбросов в атмосферу с недопущением негативного воздействия на окружающую среду. В проектах новых обогатительных фабрик в дальнейшем нужно иметь замкнутые водно-шламовые схемы внутри предприятия, укрытые напольные склады без туннелей.

Еще одна проблема касается создания обогатительного оборудования на заводах Кузнецкого бассейна. Но для этого нет ни технологической базы, ни конструкторской документации, ни инвестиций и заказов от собственников предприятий. В регионе более 35 заводов смогли бы выпускать качественное обогатительное оборудование, которое сегодня импортируется из-за рубежа.

Отмечу, что решение проблем углеобогащения невозможно без привлечения специалистов и ученых специализированных научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов.

ОАО «Сибниуглеобогащение» является ведущим в отрасли институтом по всем вопросам обогащения углей, начиная от исследований сырьевой базы и включая проектирование вновь строящихся обогатительных фабрик. Институт входит в состав Сибирской угольной энергетической компании (СУЭК), что является плодотворным тандемом производственников и ученых.

Сегодня СУЭК – единственная отечественная компания, входящая в десятку лидеров мирового угольного рынка по объемам добычи угля (7-е место). Компания обеспечивает около 31% поставок энергетического угля на внутреннем рынке (60 регионов России) и приблизительно 25% российского угольного экспорта (30 стран Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона).

По мнению специалистов института «Сибниуглеобогащение» необходимо разрабатывать совершенно новые способы и методы повышения эффективности обогащения, особенно тонких шламов. Для флотации тонких шламов сегодня можно использовать флотационные машины пневматического и механического типа. Необходимо инновационную деятельность рассматривать как основную при переходе к новой технологической базе обогащения углей. Для этого требуется вложение соответствующих инвестиций для разработки новых техники и технологий. В настоящее время такой поддержки нет.

Исследование новейших технологий позволит усовершенствовать сложившуюся структуру обогатительной фабрики, ее компоновочные решения и создать по форме и содержанию предприятие нового поколения.

В технологической схеме обогатительной фабрики нового поколения необходимо увеличить глубину обогащения углей до ±0 мм.

Одно из главных направлений работы компании СУЭК – это увеличение добавочной стоимости за счет повышения качества угля с применением обогащения и получения товарного продукта, необходимого потребителям, соответствующего уровня качества, обеспечивающего его высокую конкурентоспособность.

В настоящее время институтом проводятся работы по реконструкции обогатительной фабрики «Тунгутская», которая расположена в Бурятии. Уголь марки «Д» обогащается традиционными методами. Реконструкцией предусмотрено увеличение производительности фабрики до 1200 т/ч вместо 750 т/ч при максимальном использовании установленного оборудования.

Узким местом на фабрике является водно-шламовая схема. Поэтому принято оригинальное решение: на фабрику подавать максимальное количество крупных классов >13 мм, изменить водно-шламовую схему и обеспечить нагрузку согласно действующего проекта фабрики.

Завершается выполнение проекта обогатительной фабрики «Чегдамын» (Хабаровский край) производительностью 6 млн. т/год.

Для Черногорской обогатительной фабрики (Хакасия) выполнен проект модуля по обогащению классов 0 – 25 мм (положительное решение Главгосэкспертизы), предусмотрено глубокое обогащение с замкнутым водно-шламовым циклом. Выполнен рабочий проект и в настоящее время ведется строительство модуля.

В планах Сибирской угольно-энергетической компании на 2012 г. предусмотрено проектирование и строительство ОФ «Талдинская-Западная-1» на 6 млн.т/год, а на 2018 г. – ОФ «Котинская» (I и II очередь).

Строительство обогатительных фабрик предусматривается на разрезах Восточно-Бийском и Изыском.

И в заключение несколько слов о наболевшем.

Конкурентная способность угля должна быть поднята за счет эффективности как непосредственно добычи угля, так обогащения и глубокой переработки, для чего необходимо активизировать научно-технические разработки для угольной промышленности. Инновационный подход должен быть обеспечен наличием квалифицированных кадров.

В области обогащения угля уже сегодня наблюдается дефицит квалифицированных кадров. Следует отметить, что обогащение угля – самостоятельная отрасль горного производства. Подготовка в ВУЗах кадров по специальности «Обогащение полезных ископаемых» осуществляется в недостаточном объеме и ведется по учебникам прошлого века. Представленные к защите кандидатские диссертации имеют низкий уровень научной проработки. В таком же состояние и докторские диссертации, защит которых за последние годы нет совсем. Стремления у выпускников ВУЗов поступить в аспирантуру также отсутствуют. **Единственная надежда на талант.**

В бывшем СССР правительство уделяло большое внимание подготовке научных кадров – кандидатов и докторов наук. По линии соответствующих министерств выплачивались доплаты к заработной плате. Был стимул. Сегодня мизерная доплата преподавателям с ученой степенью осталась только в ВУЗах. В отраслевой науке доплаты отсутствуют. А ведь главный рычаг в развитии передовых научных разработок находится у отраслевой науки, у которой больше возможностей определить значимость сегодняшних достижений и предвидеть будущее развитие техники и технологии, в том числе и в области углеобогащения.

Отраслевые институты, одним из которых является ОАО «Сибниуглеобогащение», находятся на передовом рубеже в области проектирования, строительства и производственного функционирования вновь построенной или реконструированной обогатительной фабрики, что позволяет видеть возникающие недостатки уже в процессе проектирования или в процессе выхода предприятия на проектные показатели.

На примере института следует отметить, заработная плата сотрудников слишком мала. Работы осуществляются на договорных началах. Есть договор – есть зарплата, нет – значит, минимум зарплаты, а заработная плата сегодня – это жизнь.

Считаю необходимым использовать метод прошлого столетия.

Институт располагает прекрасными архивными материалами, защищенными патентами и авторскими свидетельствами, которые и сегодня актуальны для внедрения в производство. Изобретательская деятельность в научно-исследовательских институтах и учебных ВУЗах практически сведена к нулю.

Решение этих проблем возможно только при поддержке Правительства РФ, соответствующих министерств и ведомств. Эффективность инновационной деятельности надо рассматривать изнутри. Высококвалифицированные кадры – вот путь дальнейшего развития

инновационных технологий и техники в области обогащения полезных ископаемых и, в частности, угля.

Есть День Шахтера, а почему бы не быть Дня Обогатителя полезных ископаемых! Ведь обогатитель угля и полезных ископаемых – это прекрасная и благородная специальность.

УДК 658.011.56

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ И СЖИГАНИЕМ ВОДНО-ШЛАМОВОГО ТОПЛИВА

[1]Мышляев Л.П., [1]Мочалов С.П., [2]Ивушкин К.А., [1]Киселев С.Ф., [2]Венгер К.Г., [1]Березин Д.Г.
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
2 - ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк

Назначение системы - автоматизация контроля и управления оборудованием и технологическими процессами технологического комплекса подготовки и сжигания водно-шламового топлива (ВШТ).

Основные функции системы:

1. Автоматическое измерение, оценивание и контроль режимных параметров технологических процессов.

2. Автоматический контроль и диагностика состояния оборудования и агрегатов, входящих в состав объекта управления.

3. Автоматическое программно-логическое управление оборудованием и агрегатами (включение, выключение, перемещение и т.д.) в соответствии с требованиями технологического регламента и текущим состоянием этих агрегатов, ограничениями на величины параметров, характеризующих технологические режимы приготовления и сжигания ВШТ, требованиями производственной безопасности.

4. Автоматическое регулирование режимных параметров технологических процессов:

- концентрации и вязкости ВШТ;
- расхода ВШТ;
- расхода вспомогательного топлива (угля);
- расхода дутьевого воздуха;
- температуры и разрежения в рабочем пространстве вихревой топки;
- температуры и расхода теплоносителя в контуре циркуляции котла.

5. Дистанционный контроль и управление автоматизированным технологическим комплексом участков приготовления и сжигания ВШТ с рабочего места оператора.

6. Сбор и хранение данных о предыстории функционирования технологического комплекса с возможностью последующего анализа данных и предоставления отчетов в виде таблиц и графиков.

7. Обмен информацией со смежными системами.

Рассматриваемая система автоматизации управления (САУ) является функциональной подсистемой интегрированной АСУ энергогенерирующей установкой, наряду с подсистемой управления общекотельным оборудованием и подсистемой управления турбогенераторной установкой. Схема укрупненной технической структуры САУ технологическим процессом приготовления и сжигания водно-шламового топлива представлена на рис. 1. Аппаратная реализация системы выполнена на базе микропроцессорного программируемого логического контроллера (ПЛК), серверов и персонального компьютера.

Нижний уровень системы реализуется на базе контроллера серии TSX Quantum с архитектурой удаленного ввода вывода (RIO) на базе коаксиального кабеля при размещении узлов RIO в одном энергоблоке и с переходом на оптоволоконный кабель посредством по-

вторителей для RIO (490NRP954), для подключения узлов RIO, расположенных в других распредпунктах. Сеть RIO обеспечивает высокую скорость передачи данных. Большинство транзакций между процессором RIO (со стороны ПЛК) и адаптерами RIO (в удаленных узлах) занимают менее 1 мс на один узел ввода/вывода.

Сопряжение контроллера САУ со средствами измерения и контроля параметров технологических процессов и состояния оборудования участков подготовки и сжигания ВШТ обеспечивается аналоговыми (4-20 mA) и дискретными (24VDC) сигналами. Для передачи управляющих воздействий в схемы управления электроприводами используются дискретные сигналы 220VAC.

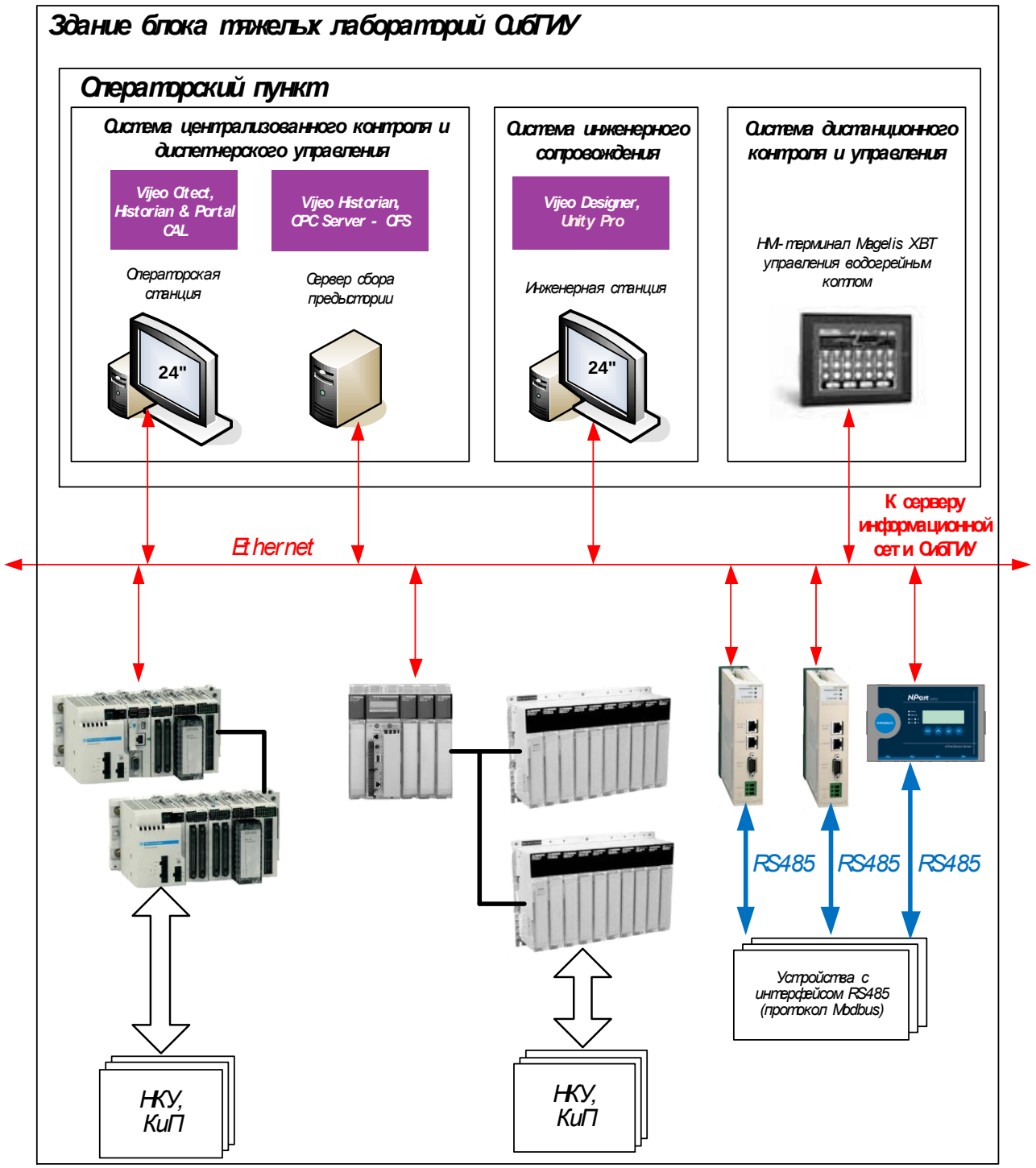


Рис. 1. Укрупненная техническая структура САУ подготовкой и сжиганием водно-шламового топлива

Для подключения внешних устройств и автономных систем с интерфейсом RS485 (протокол Modbus) к сети Ethernet используются интеллектуальные шлюзы Modbus - Ethernet (TSXETG1000). Обмен информацией с видеотерминалом пульта машиниста котла, с системой верхнего уровня и другими контроллерами осуществляется по локальной информационной сети Ethernet.

Для отображения информации о параметрах управления оборудованием по месту устанавливается отдельный пульт машиниста, выполненный в виде шкафа, на лицевой панели которого монтируется панель (видеотерминал) для отображения информации и управления котлом. В качестве панели машиниста используется HMI-терминал Magelis XBT GT 15"c сенсорным экраном корпорации Schneider Electric

Верхний уровень системы состоит из двух подсистем:

- централизованного сбора и хранения информации;
- оперативно-диспетчерского контроля и управления, построенных на базе компьютеров и серверов корпорации Hewlett-Packard.

Подсистема централизованного сбора и хранения информации представляет собой сервер предыстории Vijeo Historian, реализованный на базе сервера HP Proliant ML150G6 с процессором XEON и жесткими дисками на 500 Gb, объединенными в RAID-массив для исключения потери информации в случае выхода из строя одного из накопителей. Системой выполняется сбор и хранение данных о предыстории функционирования технологического комплекса лаборатории с возможностью последующего анализа данных и предоставления отчетов в виде таблиц и графиков.

Подсистема оперативно-диспетчерского контроля и управления выполнена с использованием стандартного пульта фирмы Rittal, на котором монтируется операторская станция системы оперативно-диспетчерского контроля и управления. В шкафах пульта размещаются системные блоки операторской станции Vijeo Citect и сервера предыстории Vijeo Historian.

В качестве базового программного обеспечения используются программные средства Vijeo Suite компании Citect – структурного подразделения корпорации Schneider Electric (США). Базовое программное обеспечение верхнего уровня САУ включает в себя следующие программные продукты пакета Vijeo Suite.

Отображение информации оператору котельной и машинисту котлов осуществляется посредством мнемосхем, представленных на мониторах операторской станции и видеотерминала, отражающих все основные компоненты технологического комплекса и их связи в технологической цепи. При этом предусматриваются отображение обобщенной и детальной (на всплывающих диагностических окнах) информации о текущем состоянии каждого агрегата.

Текущие числовые значения контролируемых технологических параметров техкомплекса отображаются на табло, размещаемых на мнемосхеме в зонах, соответствующих размещению датчиков на объекте. Динамика контролируемых технологических переменных отображается в виде группы графиков.

Особенностью энергогенерирующей установки для сжигания водно-шламового топлива является подача на сжигание топлива двух видов:

- основного топлива – ВШТ;
- вспомогательного топлива – угля.

Изменения эффективности сжигания ВШТ при изменении его плотности или зольности, при отклонениях от нормы процесса распыления ВШТ на форсунке (из-за изменений его вязкости или при попадании крупных частиц топлива) компенсируются изменениями расхода вспомогательного топлива.

Таким образом, координатное управление тепловым режимом топки осуществляется по двум управляющим входам (каналам) с существенно различающейся динамикой (в частности, запаздыванием и инерционностью) влияния управляющих воздействий на управляемые выходные переменные и параметры состояния объекта управления. Для реализации этой

управляющей функции в состав математического обеспечения системы включен специальный адаптивный алгоритм регулирования температуры в топочном пространстве котла.

Содержательная сущность этого алгоритма заключается в расчете взаимосогласованных изменений расходов основного и вспомогательного топлива, обеспечивающих реализацию задания на температуру в топочном пространстве. При этом для оперативного регулирования используется канал подачи основного топлива (ВШТ), а канал подачи вспомогательного топлива (угля) используется только для обеспечения ресурса регулирования. В основе алгоритма лежат технические решения, защищенные патентом на изобретение RU 2448354 C1, G05B 11/00 от 03.05.211г.

Для регулирования остальных режимных параметров технологического комплекса (разрежение в топочном пространстве, расход дутьевого воздуха, расход твердого топлива, температура и содержание кислорода в дымовых газах и т.д.) используются стандартные алгоритмы, хорошо зарекомендовавшие себя при регулировании технологических процессов котельных установок.

Система автоматизации управления технологическим процессом подготовки и сжигания водно-шламового топлива прошла эксплуатационные испытания в качестве АСУ ТП технологического комплекса опытной энергогенерирующей установки.

Работа выполнена при финанасовой поддержке Минобрнауки РФ
по государственному заданию № 7.4916.2011

УДК 622.274

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ СОЛУР-ВОСТОЧНАЯ

Никольский А.М., Ордин А.А., Неверов А.А.
Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск

Планомерная разведка западной части Мало-Ботуобинского алмазоносного района была начата в 70-х годах с целью расширения сырьевой базы алмазодобывающей промышленности. К началу 80-х годов на площадях западнее (20-50 км) г. Мирного на многих участках были получены обнадеживающие результаты в отношении выявления древних россыпей алмазов. Это послужило обоснованием для постановки детальных поисков и поисково-оценочных работ, в результате которых был выявлен и оценен новый для Якутской алмазоносной провинции тип алмазоносных россыпей - древние погребенные россыпи участков Восточный и Западный.

В 1984 по результатам предварительной разведки россыпь «Восточная» рекомендовалась к промышленному освоению. Впервые выявлена и оценена алмазоносность на участке, непосредственно примыкающем к россыпи Восточная. Новый объект получил название россыпь Солур.

Месторождение алмазов «Солур-Восточная» представляет собой древнюю погребенную россыпь, состоящую из пространственно сближенных, но тем не менее разобщенных среднекарбоновой залежи «Восточная» и раннеюрской залежи «Солур».

В пространственно-генетическом отношении разведанные залежи представляют собой россыпи умеренной дальности сноса переотложенного типа. В геологическом строении месторождения участвуют подстилающие терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия, продуктивные пласты лапчанской свиты среднего карбона, юлегирской, оруктахской свит ранней юры и перекрывающая россыпь неаламзоносные и слабоалмазоносные образования верхнего палеозоя и мезхозоя.

Район месторождения расположен в бассейне реки Малая Ботуобия – на междуречье ее притоков небольших рек Ирелях и Чуоналыр. Реки замерзают в октябре, вскрываются ото льда во второй половине мая.

Мощность криолитозоны, составляет 320-360 метров. Глубина сезонной оттайки достигает 0,6-2 м, иногда до 3 м. Перекрывающие отложения и продуктивный пласт в мерзлом состоянии представляют собой монолитную, довольно прочную толщу, в талом состоянии прочность пород снижается в 3,8 раза. Влажность (льдистость) пород снижается вниз по разрезу с 42 до 6%. Межмерзлотные воды не встречены.

В контуре подсчета запасов, значения мощностей продуктивного пласта залежи «Восточная» изменяются в широких пределах от 0,1-0,3 м до 1,7-1,9 м по отдельным пересечениям и от 0,18 м до 1,60 м, составляя в среднем по россыпи 0,68 м. Какие-либо четкие закономерности в изменении мощности продуктивного пласта в целом для россыпи не просматриваются. Так, по простиранию россыпи мощности продуктивного пласта остаются практически на одном и том же уровне. Вкрест простирания россыпи, в поперечном разрезе долины, наблюдается некоторое увеличение мощности в краевых ее частях, с минимальными мощностями в центре палеодолины и на ее бортах. Возрастание мощности продуктивного пласта чаще всего связано с расщеплением базальных конгломератов на отдельные слои и появлением среди них линз и прослоев песков, песчаников, алевролитов и алевритистых глин. Внутреннее строение алмазоносного горизонта зависит от литологического состава слагающих его пород. Наиболее простой по строению однородный пласт обычно представлен конгломератами или галечниками. В некоторых случаях пласт конгломерата может расщепляться на 2-3 слоя мощностью 5-20 см с прослоями алевролитов, песков или глин алевритовых. Такие прослои обычно маломощные и непротяженные. По данным литологических анализов в составе продуктивного горизонта песчаная фракция составляет 20-25 %, алевро-

литовая – 15-25 %, глинистая – 50-65 %. Пески по гранулометрическому составу относятся к средне-мелкозернистым. Средний размер зерен составляет в целом 0,3 мм, изменяясь от 0,5 мм в основании разреза до 0,18 мм в верхней его части.

В контуре промышленной залежи «Солур» мощность продуктивного пласта без четких закономерностей варьирует от 0,5 до 5,1 м. Участки с мощностями пласта более 2,0 м (2,0-3,0 и более 3 м) картируются преимущественно в виде вытянутых, реже изометричных и непротяженных линейно-вытянутых форм как в днище долины, так и вдоль ее бортов. Одной из основных особенностей продуктивного пласта залежи является то, что он не имеет четкой структурной приуроченности к ложу долины и часто прослеживается на её бортах. Продуктивный пласт залежи представлен литологическими разностями прибрежных пролювиально-озерных отложений: галечниками, глинистыми песками с включениями гравия и гальки, песчано-глинистыми алевролитами и склоновыми делювиально-пролювиальными плохо сортированными щебнисто-гравийно-галечными отложениями с песчано-глинистым заполнителем. В пределах промышленной части залежи продуктивный пласт главным образом приурочен к базальным пролювиальным галечникам с прослоями и линзами глинистых песков, алевритов. При изучении продуктивного пласта залежи, в целом, каких-либо четких закономерностей в изменении его мощности не отмечается. Увеличение мощности пласта обычно наблюдается при переслаивании близких по литологическому составу осадков, при этом промышленные содержания алмазов чаще приурочены к приплотиковой части залежи.

Россыпь «Солур-Восточная» состоит из двух различных по возрасту залежей. Вся россыпь изучалась по сети скважин. Залежь Восточная приурочена к базальному горизонту лапчанской свиты каменноугольного периода, выполняющему долину древней реки, а «более молодая» залежь Солур сформировалась на борту депрессии в днище большого лога за счет переотложения продуктивного пласта лапчанской свиты. Залежи отличаются не только по возрасту их формирования, но и по морфологическим особенностям, параметрам алмазоносности.

Солур-Восточная – типичная древняя погребенная россыпь с большой мощностью торфов (12-58 м, в среднем 48-42 м), небольшого размера по протяженности (около 6 км), но значительная – по ширине (0,6-1,2 км), малая – по мощности продуктивного пласта (0,2-5,4 м, в среднем 1,12 м), относительно невыдержанная по морфологии (коэффициент вариации мощности песков – 53,8-64,5%) и непрерывная по длине.

Месторождение относится ко второй группе по сложности строения.

В настоящее время недропользователю ОАО «Алмазы-Анабара» выдана лицензия на отработку залежи подземным способом не менее 300 тыс. $м^3$ в год.

Для обеспечения производственной мощности рудника необходим поиск и сравнительный анализ систем разработки. Выбор технически приемлемой системы разработки, как правило, основан на принципах безопасности (способ управления горным давлением), технологичности (используемое оборудование) и эффективности (полнота и качество извлечения, а также минимальные трудовые и материальные затраты).

Имеющийся класс систем разработки многолетнемерзлых россыпей подземным способом, наиболее полно отражающий достигнутый уровень механизации и опыт отработки месторождений в различных горно-геологических условиях, включает камерную, столбовую (сплошную) и комбинированную системы разработки [1-5].

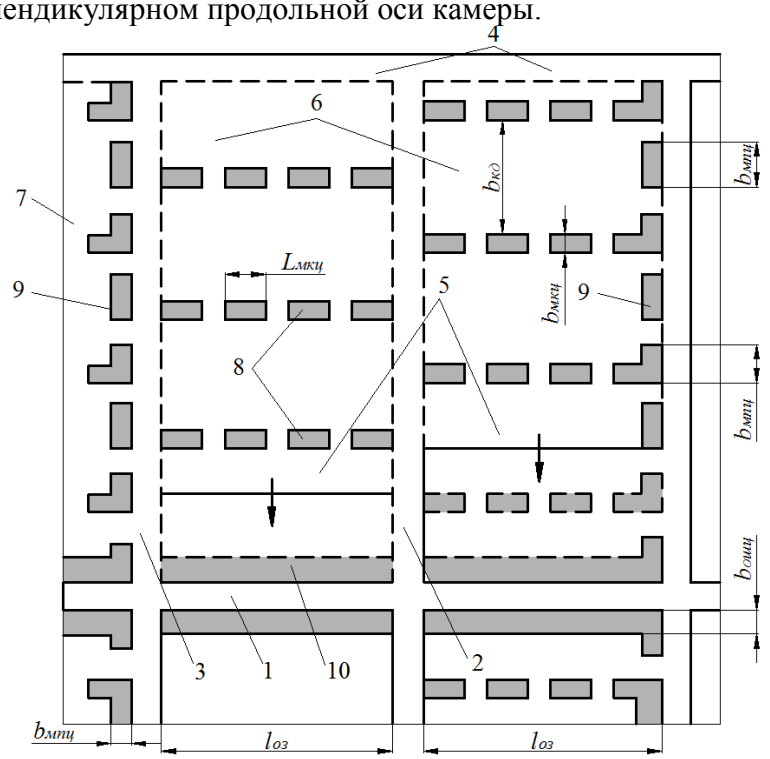
Учитывая незначительное количество применяемых в отечественной горной практике вариантов систем разработки при выемке многолетнемерзлых россыпей подземным способом, для сравнительной оценки отбираются камерные и столбовые системы разработки.

Согласно [4], регламентирующей параметры и процессы подготовительно-нарезных работ и очистной выемки, для каждой системы разработки сравним их основные технологические показатели и условия применения.

Камерные системы разработки.

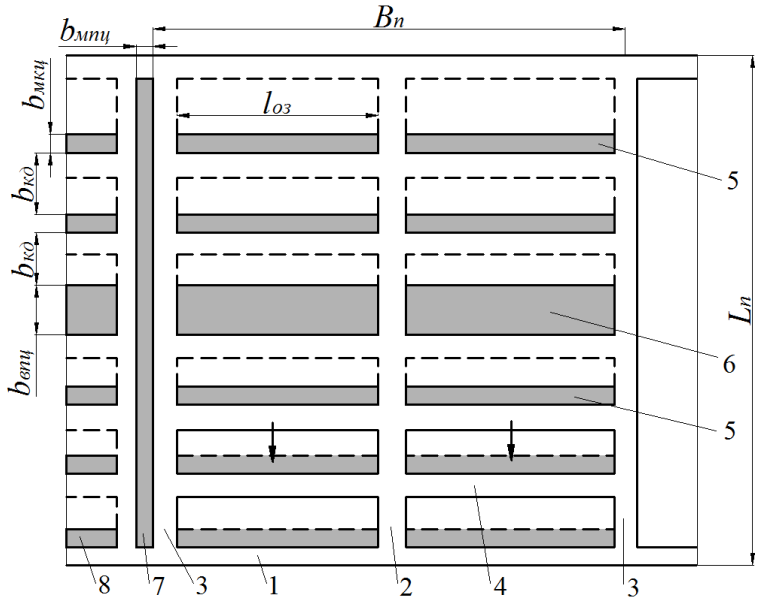
Подготовка выемочного участка осуществляется путем проведения главных транспортных и вентиляционных штреков разделяющих его на панели (рис. 1, 2). Последние фор-

мируется путем проведения панельных транспортных (сборных) и вентиляционных штреков. Выемка песков в камерах производится из разрезной рассечки длинным очистным забоем в направлении, перпендикулярном продольной оси камеры.



1 – главный транспортный штрек; 2 – панельный сборный штрек; 3 – панельный вентиляционный штрек; 4 – рассечки; 5, 6 – рабочие и отработанные камеры; 7 – погашенная панель; 8 – междукамерные столбчатые целики; 9 – междупанельные столбчатые целики; 10 – околоштрековые целики

Рис. 1. Камерная система разработки со смещенным расположением междукамерных целиков в смежных камерах



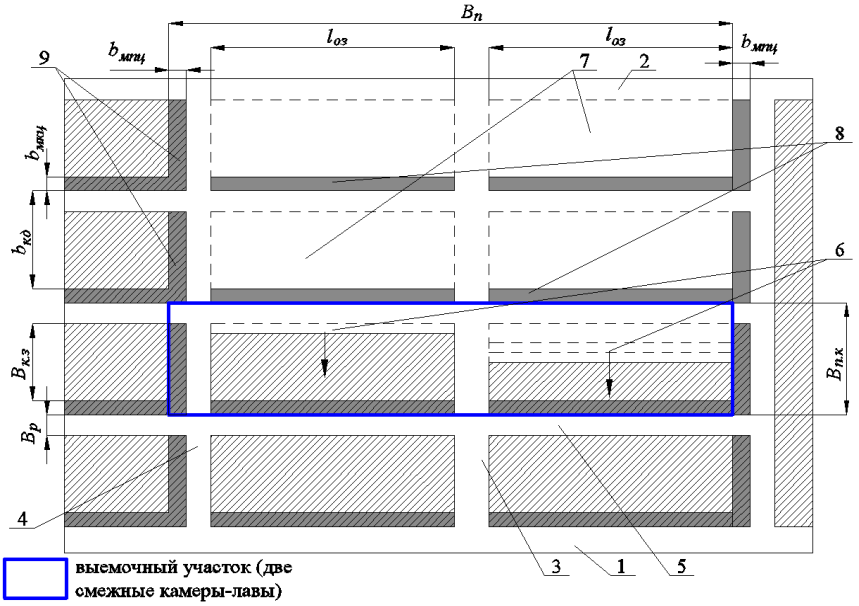
1 – главный транспортный штрек; 2, 3 – паельные транспортный и вентиляционные штреки; 4 – рассечки; 5, 6, 7, 8 – междукамерный, внутрипанельный опорный, междупанельный и околоштрековый целики, соответственно

Рис. 2. Камерная система разработки с внутрипанельным опорным целиком и дифференцированным пролетом камер

Управление горным давлением осуществляется плавным опусканием непосредственной кровли в выработанное пространство на податливых междукамерных целиках. Устойчивость пород непосредственной кровли в период ведения очистных работ в камерах обеспечивается регулярно оставляемыми ленточными или столбчатыми целиками. Устойчивость основной кровли обеспечивается удержанием ее на краевых зонах массива горных пород, а также на жестких внутрипанельных опорных целиках. Для поддержания налегающей толщи в устойчивом состоянии на период отработки запасов песков внутри панели оставляются внутрипанельные опорные целики, рассчитанные на давление всего веса покрывающих пород. Ширина (пролет) камер определяется величиной устойчивого пролета обнажения кровли между целиками, обеспечивающего безопасность очистных работ в течение всего периода времени отработки камеры.

Камерно-лавная система разработки.

Выемочные участки при этой системе разработки (рис. 3) делятся панельными вентиляционными и транспортными штреками, проводимыми из главного вентиляционного штрека, на очистные панели. Нарезные работы в панели заключаются в разделении ее на камеры-лавы междукамерными рассечками, проводимыми из панельного транспортного или вентиляционного штреков. Отработка камеры-лавы производится на всю ее длину лентами шириной равной толщине отбиваемого слоя. Ленточные междукамерные и междупанельные целики формируются путем оставления части камерного запаса вдоль и поперек междукамерных рассечек.



1 – главный транспортный штрек; 2 – главный вентиляционный штрек; 3, 4 – панельный транспортный и вентиляционный штреки; 5 – рассечки; 6, 7 – действующие и отработанные камеры; 8 – ленточные междукамерные целики МКЦ; 9 – ленточные междупанельные целики МПЦ: $B_п$ – ширина панели; $l_{оз}$ – длина камеры-лавы; $b_{кд}$ – предельно допустимый пролет (ширина) камеры; $b_{мкц}$ – ширина МКЦ; $b_{мпц}$ – ширина МПЦ; $B_{кз}$ – ширина камерных запасов; $B_{п.к}$ – ширина полного камерного запаса

Рис. 3. Камерно-лавная система разработки с одновременной выемкой смежных камер с соосным расположением ленточных междукамерных целиков

К основным параметрам, определяющим безопасность и эффективность камерных систем, относятся: предельно допустимый пролет (ширина) камеры, максимальная длина камеры-лавы (очистного забоя), площадь обнажения кровли, размер временного междукамерного и междупанельного целика.

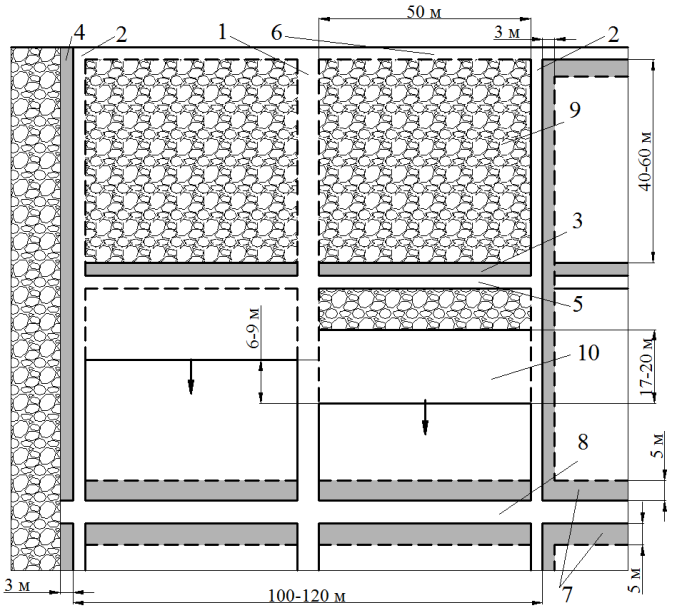
Существенными недостатками этих геотехнологий являются значительное количество подготовительно-нарезных работ и повышенные потери в целиках. Из опыта отработки дан-

ными системами, потери достигают 20% и более. Основными преимуществами в сравнении со сплошной (столбовой) системой разработки является то, что площади обнажения (размеры камер) всегда меньше предельно допустимых (т.е. высокая степень безопасности работ) и возможность эффективной отработки мощных (более 2 м) пластов песков.

Столбовые системы разработки.

Являются наиболее распространенными, обеспечивающими безопасные условия работы при кровле средней устойчивости. В классическом исполнении выемка песков этими системами производится без оставления целиков в выработанном пространстве. Однако наличие слишком больших площадей обнажения, все чаще требует формирования естественных (ленточных или изолированных) опор.

Согласно [5] при столбовых системах разработки (рис. 4) управление горным давлением осуществляется удержанием на жестких целиках толщи непосредственной и основной кровли с последующим плавным опусканием непосредственной кровли в выработанное пространство.



1 – панельный сборный штрек; 2 – панельные вентиляционные штреки; 3 – внутрипанельный ленточный целик; 4 –ленточные МПЦ; 5 – рассечки; 6 – оконтуривающие рассечки; 7 – околоштрековые целики; 8 – главный транспортный штрек; 9 – отработанное и актированное пространство; 10 – рабочее пространство

Рис. 4. Столбовая система разработки с отработкой смежных камер на один панельный сборный штрек

Устойчивость пород непосредственной кровли в период ведения очистных работ обеспечивается применением призабойной крепи. Выемка песков производится из оконтуривающей рассечки длинным очистным забоем в направлении главного транспортного штрека или околоствольного двора.

Достигнутый уровень современной механизации горных работ свидетельствует о необходимости модернизации и адаптивности системы разработки к горнотехническим условиям. В связи с этим, наиболее эффективным, с точки зрения комплексной механизации выемки, является вариант системы разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления целиков (рис. 5). Выемочный столб в панели при этой геотехнологии по своей ширине ограничивается конвейерными штреками, которые проходятся параллельно простиранию залежи. По мере погашения запасов месторождения осуществляется непрерывная проходка подготовительных выработок для обеспечения горных работ необходимым резервом готовых к выемке запасов. Отработка выемочного столба производится лавой на всю его ширину без оставления целиков. Управление горным давле-

нием (кровлей) осуществляется полным обрушением пород кровли вслед за подвиганием механизированного комплекса. Безопасность очистных работ в призабойной зоне обеспечивается применением механизированной крепи.

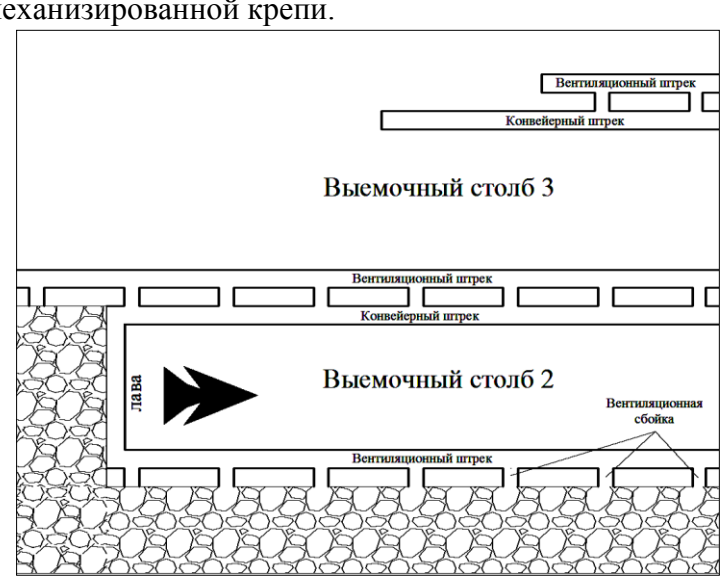


Рис. 5. Система разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления целиков

К основным параметрам, определяющим безопасность и эффективность столбовой системы разработки относятся: ширина выемочного участка – столба (длина лавы), размеры внутрипанельных и междупанельных целиков, если таковые имеются, расстояние между ними, скорость подвигания очистного забоя.Достоинствами этих систем являются отсутствие целиков в выработанном пространстве, минимальный объем подготовительных работ, безопасные условия труда в очистных забоях, простота организации очистной выемки, возможность отработки шахтных полей любых размеров, простота управления кровлей. Недостатки – ограничение области применения системы по мощности пласта и высокая стоимость механизированных комплексов.

Учитывая современные требования к системам разработки, научные и инженерные достижения в области механизации очистных и проходческих работ [4] выполнен сравнительный анализ и выбор рациональной системы разработки при условии однотипности применяемого горного оборудования по выемке песков. В связи с этим, в качестве критериальных признаков сравнительной оценки рассматриваемых систем разработки принимаются объемы подготовительно-нарезных работ и потери запасов добываемого сырья в целиках.

Укрупненные сравнительные расчеты технологических показателей систем разработки осуществлялись на условную выемочную единицу (блок, панель, столб) с одинаковыми геометрическими размерами и параметрами горных выработок. Определение основных технологических показателей производилось прямым счетом.

Для качественной сравнительной оценки в рамках рассматриваемых вариантов систем разработки основные источники потерь и разубоживания определялись по месту их образования:

− потери на доставке (потери руды оставшейся в недоступных местах очистного пространства);

− потери неотбитого полезного ископаемого из-за несоответствия контуров продуктивного пласта контурам выемки;

− потери продуктивного пласта в виде междукамерных и междупанельных целиков оставленных в выработанном пространстве;

− разубоживание руды пустой породой из-за несоответствия контуров продуктивного пласта контурам выемки;

− разубоживание породой в результате их присечки со стороны почвы или кровли (при валовой выемке);

− разубоживание за счет наличия в рудном массиве включений и прослоев пустых пород.

Качественная оценка показателей извлечения предполагает выбор конкурентоспособной системы разработки по условию минимизации потерь и разубоживания песков.

В расчетах принята валовая выемка продуктивного пласта с присечкой пород почвы.

Прогнозирование качественных и количественных показателей извлечения осуществлялось в соответствии с методическими указаниями по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче [6, 7].

Потери руды на доставке (потери разрушенной руды, оставшейся в недоступных местах очистного пространства), потери руды из-за несоответствия контуров рудного тела с контурами выемки (по кровле) устанавливаются исходя из удельных потерь приходящих на 1 м^2 площади рассматриваемого участка [6, 7]:

$$P_i = q_i \cdot \gamma_p \cdot S_к \text{, т;} \quad (1)$$

где P_i – вид потерь; q_i – удельные величины потерь в зависимости от условий выемки и технологического процесса, м^3/м^2 (принимается в соответствии [6, 7]); γ_p – плотность руды, т/м^3; $S_к$ – горизонтальная площадь контакта «руда-порода» (выемки), м^2.

Потери руды в виде междукамерных и междупанельных целиков оставленных в выработанном пространстве определяются прямым графическим методом:

$$P_i = (L_1 \times B_1 \times h_1 + L_2 \times B_2 \times h_2 + ... + L_n \times B_n \times h_n)\gamma \text{, т;} \quad (2)$$

где L, B, h – геометрические параметры целиков, м.

Количество пустой породы из-за несоответствия контуров продуктивного пласта контурам выемки:

$$Q_{кпп} = r_к \cdot \gamma_п \cdot S_к \text{, т;} \quad (3)$$

где $r_к$ – удельная величина разубоживания на контакте очистного пространства, м^3/м^2 (принимается в соответствии [6, 7]); $\gamma_п$ – плотность породы, т/м^3.

Разубоживание руды в результате присечки пород определяется прямым счетом в зависимости от их объема:

$$V_{по} = V_{пв} + V_{пл} \text{, м}^3\text{;} \quad (4)$$

где $V_{по}$ – общее количество примешанных пород, м^3; $V_{пв}$ – количество пород от проходки выработок; $V_{пл}$ – количество пород при выемки.

В виду незначительной мощности продуктивного пласта разубоживание за счет наличия в рудном массиве включений и прослоев пустых пород во внимание не принимается.

Извлекаемые запасы по системе разработки:

$$Q_{из} = Q_о - P_о \text{, т;} \quad (5)$$

где $Q_о$ – балансовые запасы блока (панели, столба), т; $P_о$ – общие потери руды по выемочному блоку, т.

Потери продуктивного пласта в выемочном блоке:

$$P_{\%} = 100 - \frac{100 \cdot Q_{из}}{Q_о} \text{ %.} \quad (6)$$

Добытая горная масса по выемочному участку:

$$Д_{гм} = Q_{из} + Q_п \text{, т;} \quad (7)$$

где $Q_п$ – количество пустых пород, т;

Разубоживание продуктивного пласта по системе разработки:

$$R_о = \frac{Q_п}{Д_{гм}} \cdot 100 \text{ %.} \quad (8)$$

Результаты расчетов приведены в табличной форме (см. табл. 1).

Таблица 1

Распределение запасов в выемочном участке по системам разработок

Стадии работ	Балансовые запасы, т	Коэффициент ПНР, м/1000 т	Потери, %	Разубоживание, %	Извлекаемые запасы, т	Добытая горная масса, т
1	2		3	4	5	6
1. Камерная система разработки со смещенным расположением междукамерных целиков в смежных камерах						
Подготовительно-нарезные работы	26333,6	34,5	**0,0**	**48,0**	26333,6	51062,1
Очистные работы	43650,4		**17,2**	**35,6**	36150,4	56150,4
ИТОГО по выемочному участку	69984,0		**10,7**	**41,7**	62484,0	107212,5
2. Камерная система разработки с внутрипанельным опорным целиком и дифференцированным пролетом камер						
Подготовительно-нарезные работы	29616,8	39,07	**0,0**	**51,0**	29616,8	60240,7
Очистные работы	40367,2		**40,1**	**40,8**	24192,2	40892,2
ИТОГО по выемочному участку	69984,0		**23,1**	**46,8**	53809,0	101132,8
3. Камерно-лавная система разработки с одновременной выемкой смежных камер с соосным расположением ленточных междукамерных целиков						
Подготовительно-нарезные работы	26333,6	34,5	**0,0**	**48,0**	26333,6	51062,1
Очистные работы	43650,4		**25,9**	**37,0**	32335,4	51335,4
ИТОГО по выемочному участку	69984,0		**16,2**	**42,7**	58669,0	102397,5
4. Столбовая система разработки с отработкой смежных камер на один панельный сборный штрек						
Подготовительно-нарезные работы	8474,0	11,36	**0,0**	**56,0**	8474,0	19168,5
Очистные работы	61510,0		**9,8**	**30,5**	55510,0	79843,3
ИТОГО по выемочному участку	69984,0		**8,6**	**35,4**	63984,0	99011,8
5. Система разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления целиков						
Подготовительно-нарезные работы	7986,6	11,0	**0,0**	**62,0**	7986,6	21083,0
Очистные работы	61997,4		**3,2**	**29,4**	59997,4	84997,4
ИТОГО по выемочному участку	69984,0		**2,9**	**35,9**	67984,0	106080,4

Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения для отработки алмазосодержащих песков месторождения «Солур-Восточная» сплошной системы разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления целиков. Следует отметить следующие основные моменты: так как алмазы относятся к высокоценному сырью, то приоритет, как правило, отдается той системе разработки, которая обеспечивает высокие показатели полноты и качества извлечении запасов независимо от объема инвестиций. Расчеты по выбору системы разработки показали, что технология длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления цели-

ков позволяет минимизировать потери песков, которые в 3-8 раза меньше в сравнении с другими рассматриваемыми технологиями. Существенное различие в потерях (в 3-8 раза) свидетельствует об очевидности выбора технологии в пользу той, которая обеспечивает минимальные значения. Поэтому в практике иногда не требуют определять экономические показатели, так как в итоге предпочтение отдадут технологии с минимальными потерями и разубоживанием вынимаемых запасов. При этом учитывая технологические особенности рассматриваемых систем, очевидно, что высокая производительность и минимальный коэффициент подготовительно-нарезных работ могут быть достигнуты только при использовании выделенной технологии.

Однако необходимо обозначить, что при камерных системах разработки и ряда сплошных (столбовых) [1-5] наибольшее распространение получил буровзрывной способ выемки с применением малогабаритного оборудования с низкой степенью механизации (ручное оборудование – скреперные лебедки, ручные перфораторы и т.д.) и значительными трудовыми ресурсами. Крепление призабойного пространства в этих условиях осуществляется деревянной крепью в виде стоек, костров или срубов. Применение подобного оборудования и технологических решений свидетельствует о существенно низких первоначальных капитальных вложениях. В связи с чем, добыча на первом этапе является более дешевой. При всем этом, годовая производственная мощность рудника не превышает 40-60 тыс. $м^3$ горной массы (20-30 тыс. $м^3$ песков). Использование же высокомеханизированных и автоматизированных добычных комплексов (комбайн – механизированная крепь – конвейер) требует значительных первоначальных инвестиций на их приобретение. Тем не менее, за счет более высокой производительности, превышающей 400-600,0 тыс. $м^3$ горной массы в год (на порядок выше, чем при буровзрывном способе) и минимального объема трудовых ресурсов обеспечиваются высокие, в целом, как технологические, так и экономические показатели эффективности работы подземного предприятия.

Принимая во внимание все выше перечисленное в качестве основной геотехнологии отработки залежи «Солур-Восточная» рекомендуется система разработки длинными столбами по простиранию с полным обрушением пород кровли без оставления целиков.

Список литературы

1. Именитов В.Р. Процессы подземных горных работ при разработке рудных месторождений / В.Р. Именитов. – Учебное пособие для вузов, 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 504 с.

2. Шестаков В.А., Скуба В.Н. и др. Подземная разработка россыпных месторождений Якутии. Якутск, 1981 г.

3. Лешков В.Г.. Разработка россыпных месторождений. М., «Горная книга», МГГУ, 2007. 906 с.

4. «Инструкция по разработке многолетнемерзлых россыпей подземным способом (камерные и столбовые системы разработки)», 1999.

5. Шерстов В.А. Подземная разработка россыпных месторождений в условиях многолетней мерзлоты- М., ВИНИТИ, 1994.- 90 с.

6. Исследование условий образования, разработки и внедрения нормативов потерь и разубоживания и мероприятий по повышению полноты использования недр на рудниках НГМК. Отчет КИЦМиЗ, Красноярск, 1985.

7. Методическими указаниями по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче: Комитет РФ по драгоценным металлам и драгоценным камням (Роскомдрагмет) НТЦ «Алмазголотопрогресс» ОАО «Иргиредмет», Иркутск, 1994.

УДК 621.879.0.32.004.69(035)

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРЕЛОВИДНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА В ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КУЗБАССА

Куцый К.Е.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

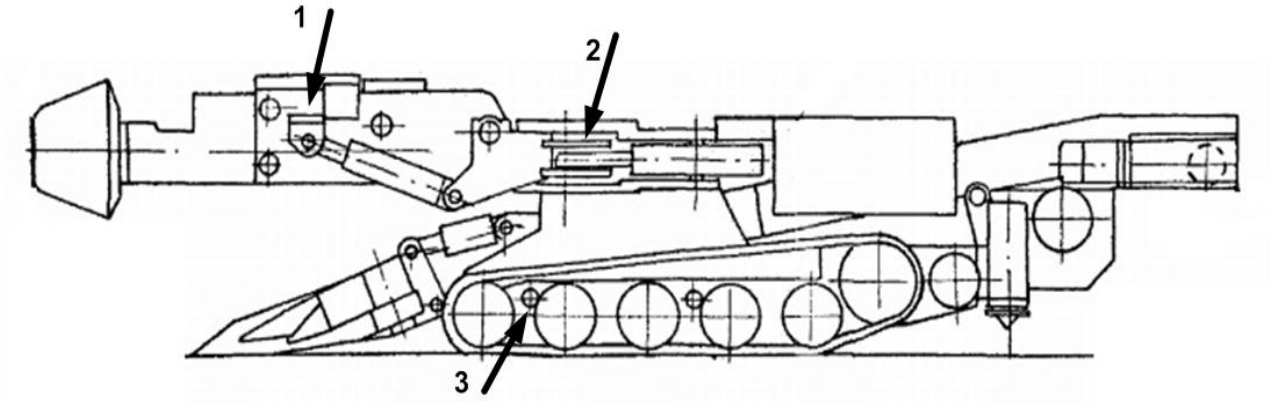
Проходческий комбайн представляет собой сложную многоприводную горную машину, служащую для выполнения ряда основных и вспомогательных операций при проведении и креплении подготовительных выработок и предназначенную для механизированного разрушения горных пород и погрузки горной массы. Концентрация стреловидных проходческих комбайнов избирательного действия в Кузбассе составляет 67% от общего числа комбайнов по РФ. В основном парк проходческих комбайнов, эксплуатирующихся на шахтах Кузбасса, представлен моделями 1ГПКС, КСП-32(33), КСП-35 и П-110.

В процессе эксплуатации комбайна имеют место отказы работы его металлоконструкций, связанные с образованием трещин, которые занимают от общего числа отказов 48%.

Взаимодействие рабочих органов проходческих комбайнов с горными породами носит циклический ударный характер, что создает большие динамические нагрузки в элементах их металлоконструкций и приводит к образованию трещин. Величина и направление нагрузок во многом зависят от порядка обработки забоя, прочности и трещиноватости горных пород.

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния стреловидного проходческого комбайна проводились при непосредственной работе машины в стесненных подземных условиях. Для проведения эксперимента был выбран комбайн КСП-35, находившийся на выработке конвейерного штрека.

В качестве переносной записывающей аппаратуры использовался флэш-накопитель, а в качестве считывающей – компьютер с программой "ZetLab" – многоканальный осциллограф. В связи с требованиями к шахтному оборудованию данная аппаратура выполнена в искробезопасном исполнении.



1 - проушины стрелы, 2 - поворотная турель, 3 – рама

Рис. 1. Схема наклейки тензодатчиков на элементы металлоконструкций стреловидного проходческого комбайна КСП-35

Эксперименты проводились для наиболее применяемой для горно-геологических условий Кузбасса схемы обработки забоя без присечек [1].

В условиях шахт Кузбасса наиболее часто встречается смешанный состав забоя рис. 2).

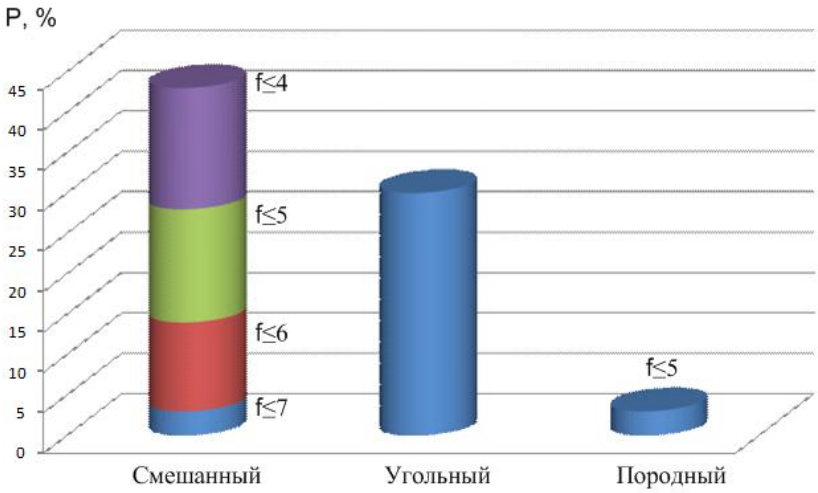


Рис. 2. Структура забоя комбайновой проходки на шахтах Кузбасса

В ряде случаев работа проходческого комбайна при прохождении забоя связана с разрушением твердых включений (Р более3%), что приводит к стопорению исполнительного органа и сопровождается переходным режимом [2].

При таком режиме реализуется практически вся мощность привода, а в элементах металлоконструкций возникают с учетом концентрации напряжения, близкие или даже превышающие по своим значениям предел текучести.

Нагрузки такого рода являются аварийными и поэтому не учитываются при расчете циклической прочности машины, а принимаются во внимание только лишь при расчете на ударную прочность. Однако, несмотря на низкую частоту их возникновения, они приводят к образованию трещин в металлоконструкциях проходческих комбайнов.

Изменение нагрузок в металлоконструкциях комбайна зависит от изменяющихся параметров: крепости и трещиноватости разрабатываемых пород. Причем последнее прямо воздействует на физико-механические свойства горных пород: резко увеличивается проницаемость рабочего органа в массив горных пород, значительно снижается прочность пород на сдвиг и соответственно увеличивает их деформируемость под нагрузкой (рис. 3).

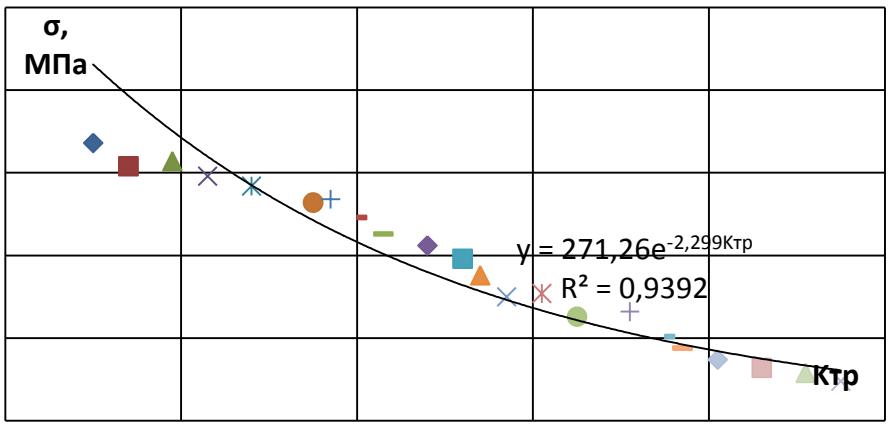


Рис. 3. Изменение напряжений в зоне проушины стрелы проходческого комбайна в зависисмости от коэффициента трещиноватости пород

В соответствии с результатами исследований установлено, что с увеличинием коэффициента трещиноватости горных пород, т. е. увеличиние объема трещин на объем породного блока, резко падают усилия, создаваемые исполнительным органом проходческого комбайна для разрушения этой породы.

В результате исследований установлено:

1. Разрушение твердых включений ведет к возникновению аварийных стопорных нагрузок и, как следствие, к образованию трещин в элементах металлоконструкций проходческого комбайна из дефектов различного рода.

2. Нагрузки, формирующиеся на резцах стреловидного проходческого комбайна, зависят от схемы обработки забоя, состава и прочностных свойств пород.

В настоящее время широко ведутся работы по продлению периода эксплуатации горных машин, разработаны методики по оценке остаточного ресурса металлоконструкций экскаваторов и большегрузных автосамосвалов [3, 4]. Однако методика по аналогичной оценке проходческих комбайнов отсутствует, что препятствует своевременной постановке их на ремонт, продлению их работы, или своевременному списанию.

Условие исчерпания ресурса работоспособного состояния объекта имеет вид [5]:

$$\vartheta_{\text{средн}} \geq \frac{\vartheta_{\text{кр}}}{n_{\text{зд}}}, \quad (1)$$

где, $\vartheta_{\text{ср}}$ –критическая средняя скорость роста трещины, т.е. скорость, приводящая к разрушению металлоконструкции за срок равный или меньший, чем межремонтный; $n_{\text{зд}}$ –коэффициент запаса по живучести (для металла $n_{\text{зд}} = 5$).

Проведенные исследования позволили определять остаточный ресурс и продлевать срок эксплуатации горно-проходческого комбайна.

Список литературы

1. Комбайны горнопроходческие 1ГПКС. Руководство по эксплуатации 1ГПКС. 00. 00. 000 РЭ. Приложение I.

2. Солод С.*В.* Надежность горно выемочных машин.- М: НЕДРА, 2005.- С. 129-134.

3. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности одноковшовых экскаваторов для предприятий Кузбасса. / Кемерово: Гос. образоват. учреждение высш. проф. проф. образования «Кузбасс. гос. техн. ун-т» 2008. – 121 с.

4. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности карьерных самосвалов. / ГУ КузГТУ; НФ «КУЗБАСС-НИОГР».– Кемерово, 2008.–78 с.

5. Временная инструкция по оценке долговечности и остаточного ресурса металлоконструкций экскаваторов, продление меж рабочих сроков их работы и сроков безопасной эксплуатации. НФ "Кузбасс НИИ ОГР" – Кемерово, 2007. - 31с.

УДК 622.24.05

ПРЕДПОСЫЛКИ ПО СОЗДАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

[1]Богомолов И.Д., [1]Хуснутдинов М.К., [2]Малышкин Д.А., [2]Головин И.П., [2]Тимшин А.Н.
1 - Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово
2 – Прокопьевский филиал КузГТУ, г. Прокопьевск

Буровзрывные работы являются неотъемлемым и одним из основных процессов при добыче полезных ископаемых открытым способом. На сегодняшний день разработано множество способов по повышению эффективности дробления горных пород взрывом и ведутся исследования по их совершенствованию. Основная цель исследований направлена на уменьшение удельного расхода взрывчатых веществ, достижение которой, кроме снижения затрат на взрывчатые вещества, приводит к уменьшению затрат на бурение, экологического загрязнения, сейсмического воздействия на окружающий массив.

Большая часть энергии расходуется на переизмельчение породы вблизи взрывной скважины, так как на стенку скважины в короткий промежуток времени передается огромного ее количество. Для увеличения эффективности использования взрывчатого вещества мож-

но не только увеличивать время его действия, но и увеличивать площадь соприкосновения взрывных газов с горной породой в начальный момент взрыва. Однако увеличение диаметра скважины приведет к увеличению площади поперечного сечения скважины и, соответственно к неоправданному увеличению затрат на бурение. Но если скважина имеет, например, квадратное или треугольное (в виде равностороннего треугольника) поперечное сечение, площадь боковой поверхности скважины, отнесенной к объему взрывчатого вещества, по сравнению с круглым, соответственно на 12% и 27% больше. Кроме этого, углы, образованные сопряжением стенок скважины, являются концентраторами растягивающих напряжений, а значит можно получать прогнозируемые количество и направление распространения первоначальных магистральных трещин, в которые устремляются газы при взрыве, оказывая поршневое воздействие.

На сегодняшний день существует широкий спектр конструкций и типоразмеров долот для механического бурения взрывных скважин и освоена практика использования скважин с круглым поперечным сечением. Это обусловлено требованием простоты и надежности конструкции и необходимостью вращения бурового инструмента для передачи механической энергии породоразрушающим элементам. Одним из исключений является способ бесповоротного ударного бурения [1], с помощью которого возможно получать скважины, имеющие поперечное сечение, соответствующее форме инструмента. Но отсутствие вращения инструмента затрудняет очистку призабойного пространства от буровой мелочи, так как породоразрушающие элементы должны располагаться по всему сечению скважины.

Для получения наилучших показателей при бурении необходимо использовать долота с параметрами, соответствующими горно-геологическим условиям работы и физико-механическим свойствам буримых пород. Поэтому для практической реализации использования скважин с улучшенной некруглой формой поперечного сечения требуется, чтобы новое долото не уступало по техническим показателям известным в мировой практике долотам.

Известно, что для бурения средне- и мелкозернистых песчаников, конгломератов, крепких известняков, крепость которых по шкале Протодъяконова М. М. составляет от 6 до 18, рациональным является преобладание дробящего действия на забой скважины. Обоснованными для данных условий являются режуще-шарошечные долота (для пород средней крепости с прослойками пород крепостью до 9) и шарошечные долота (для пород крепостью от 6 до 18), наиболее распространенными на практике – шарошечные долота, которыми бурят до 80% скважин на карьерах. Чем выше крепость породы, тем больше должно преобладать дробящее действие и меньше режущее действие. В породах перемежающихся по крепости эффективными, согласно научным исследованиям и промышленным испытаниям, являются комбинированные режуще-шарошечные долота.

Предлагаемым в данной работе вариантом является использование долото вращательного действия с конусными шарошками, которые формируют скважину с некруглым поперечным сечением [2]. Из-за разной длины образующих конуса шарошек (рис. 1), происходит образование разного диаметра скважины с выраженными углами.

В предложенной конструкции трехшарошечного долота для бурения скважин с некруглым поперечным сечением могут быть использованы особенности шарошечных долот типа К, ТК и частично Т. Квадратная форма сечения скважины обуславливается лишь измененной геометрической формой калибрующей части шарошек, которые могут иметь все известные типы вооружения (зубчатое, штыревое и зубчато-штыревое), а значит охватывают по применимости почти весь спектр пород по крепости для данных типов долот – с коэффициентом крепости от 6 до 18 по шкале Протодъяконова М. М.

Известно, что в процессе работы шарошечного долота на забое образуется рейка, формируемая наружным венцом шарошки с наибольшим шагом зубьев [3]. Зубчатая рейка на забое играет положительную роль для обеспечения формирования скважины с некруглым поперечным сечением, так как шарошки должны перекатываться без скольжения и синхронно. Для этого шарошки должны иметь совершенный конус (когда вершины поверхности конуса шарошек лежат в центре скважины). Для уменьшения отрицательного воздействия зуб-

чатой рейки на процесс разрушения возможно использование конструктивных решений для частичного разрушения выступов рейки.

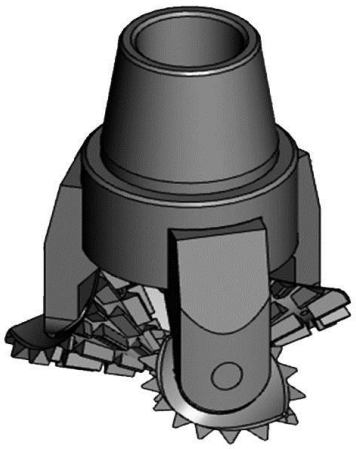


Рис. 1. Шарошечное долото для бурения скважины с квадратным поперечным сечением

Буровые шарошки с совершенным конусом в настоящее время не применяются, так как требуется применить подшипниковую опору как можно большего размера для увеличения ее долговечности. Известно, что контактные напряжения в опорах качения составляют до 4000-5000 МПа, а в опорах скольжения 30-40 МПа. Поэтому вопрос достижения приемлемой долговечности опор в данной конструкции связан с применением современных технологий и разработкой подшипников с увеличенной площадью скольжения для компенсации недостаточности теплоотвода от трущихся деталей подшипников.

Разгрузить опоры шарошек можно, если для них отвести только роль формирования некруглого контура поперечного сечения скважины, например в конструкции режуще-шарошечного долота. В режуще-шарошечных долотах может быть принята раздельная схема обработки забоя. Периферийная часть обрабатывается шарошками, а центральная – режущим органом. Обосновывается это тем, что зубья шарошек, расположенные на венцах, приближенных к вершине, наименее эффективно разрушают породу вследствие низких окружных скоростей и, соответственно, минимальной энергии удара зубьев по породе. В то же время резцы, находящиеся на максимальном радиусе, имеют наибольший путь трения, что приводит к увеличению интенсивности их износа. В такой конструкции опережающая часть скважины бурится режущим органом, а шарошки расширяют ее до нужного диаметра.

При бурении скважины комбинированным долотом значительную долю работы по разрушению забоя выполняет режущий орган, заменяемый новым по мере его износа. Часть скважины проходится при совместной обработке забоя режущим и шарошечным органами с распределением участия в разрушении забоя между рабочими органами долота в зависимости от условий бурения, что повышает работоспособность породоразрушающих органов. Кроме того, за счет совместного воздействия резцов и шарошек бурение осуществляется при усилиях подачи значительно меньших, чем те, которые требуется создавать на шарошечном долоте. Все это позволяет разгрузить шарошки комбинированного долота и повысить его работоспособность.

В предложенной конструкции режуще-шарошечного долота для бурения скважин с квадратным поперечным сечением могут быть использованы названные выше преимущества таких долот. Периферийную часть забоя разрушают шарошки, задача которых сводится к формированию некруглого профиля, а центральную часть забоя разрушают резцы, имея меньший износ. По мере износа резцы могут заменяться как наиболее дешевая часть инструмента. Таким образом, такой буровой инструмент не уступает по техническим показателям ранее разработанным и исследованным режуще-шарошечным долотам. Такие долота являются альтернативой для шарошечных долот типа СТ и С и могут бурить породы со средней крепостью около 6 по шкале Протодъяконова М. М. с пропластками твердых пород.

На карьерах при ведении буровзрывных работ не использован резерв повышения эффективности действия взрыва при помощи изменения формы сечения скважины. Следует констатировать, что в основном это связано с отсутствием созданного на сегодняшний бурового инструмента, который может конкурировать с долотами для бурения скважин с некруглым поперечным сечением. Требуются исследования и промышленные испытания по бурению скважин с некруглым поперечным сечением с использованием шарошек и взрыванию таких скважин. Предложенные в работе конструкции имеют следующие преимущества:

- могут основываться на современных и прогрессивных технологиях долотостроения;
- охватывают большую часть спектра буримых пород по крепости на карьерах;
- используют вращательный способ бурения, а значит ими могут быть оснащены наиболее распространенные отечественные и зарубежные шарошечные станки для бурения с продувкой;
- позволят улучшить технико-экономические показатели работы буровых станков не только за счет совершенствования их конструкции и конструкции долот, но и за счет уменьшения объемов бурения.

Список литературы

1. Дворников Л. Т. Губанов Е. Ф. О бурении шпуров без вращения инструмента // Изв. ВУЗов Горный журнал. – 1997. – № 1-2. – С. 95-100

2. Богомолов, И. Д., Хуснутдинов, М. К. Геометрические и кинематические аспекты бурения скважин некруглой формы шарошечным долотом // Вестник КузГТУ. – 2004. – № 6.1. – С. 15 – 18.

3. Симонов В. В., Выскребцов В. Г. Работа шарошечных долот и их совершенствование. – М.: Недра, 1975. – 240 с.

УДК 622.235

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ НА ШАХТЕ ЕСТЮНИНСКАЯ ОАО «ЕВРАЗ ВГОК»

[1]Цинкер Л.М., [1]Смирнов С.М., [1]Волынер А.М., [2]Петров В.П., [2]Калимулин С.Н.
1 - ООО «ВостНИГРИ», г. Новокузнецк
2 - ЕВРАЗ ВГОК, г. Нижний Тагил

Институт ВостНИГРИ более 50 лет проводит научные исследования по вопросам обеспечения безопасности горных работ и совершенствования техники и технологии горного производства на рудниках Сибири и Урала. В системе черной металлургии России институт является головным по проблемам отработки железорудных месторождений подземным способом по целому ряду направлений, включая вопросы технологии подземной добычи руды и борьбы с горными ударами.

Шахта Естюнинская горнодобывающего предприятия ЕВРАЗ ВГОК расположена в 8 км от г. Нижний Тагил на восточном склоне Среднего Урала, является поставщиком железной руды на Нижне-Тагильский металлургический комбинат.

Проектная годовая производительность шахты 1,2 млн. тонн руды при фактической производительности – 1,0 млн. тонн руды. Открытым способом за период с 1950 по 1977 год до глубины отработки +130 м добыто 11,9 млн. тонн железной руды. В настоящее время горные работы ведутся в этаже -180÷-120 м.

Рудные тела Естюнинского месторождения пластообразной формы, залегают согласно с вмещающими породами. Простирание рудных тел варьирует от 300 до 350° с преобладаю-

щими углами падения – 35-45°. В пределах рудной зоны Естюнинского месторождения выделено 9 рудных тел с балансовыми запасами промышленных категорий. Основные запасы (91%) сосредоточены в рудном теле 1, имеющем максимальную длину по простиранию 1385 м, по падению – 1600 м и максимальную мощность 72,3 м. Все рудные тела имеют северное падение. Они сложены богатыми и бедными вкрапленными магнетитовыми рудами. Руды хорошо обогащаются методом магнитной сепарации. Полученный железный концентрат содержит от 64 до 70% валового железа. Отходы переработки используются для производства щебня.

Шахта Естюнинская расположена внутри Тагиломагнитогорского синклинория, который на востоке по тектоническим нарушениям ограничен Восточно-уральским поднятием, а на западе Уралотаусским антиклинорием и структурно приурочено к зоне сжатия субширотного простирания. Направление главных нормальных напряжений (σ_1) в целом соответствует ориентировке основных тектонических структур.

Для массива пород Естюнинского месторождения характерно наличие горизонтальных напряжений, действующих в субширотном направлении и часто превышающих гравитационные в 2-5 раз. При этом величины сжимающих напряжений достигают до 40-60 МПа и более уже на глубинах 400-500 м. С напряженно-деформированным состоянием (НДС) массива пород связаны горное давление, его величина и характер проявления. Естюнинское месторождение отличается аномально высоким уровнем первоначальных напряжений. По результатам исследований первоначальное напряженное состояние массива горных пород на Естюнинском месторождении на глубинах 300-400м от поверхности в 2-3 раза превышает величину напряжений, которую имеют рудники СУБРА, Кольского полуострова и Горной Шории на глубинах 700-1000.

Другой отличительной особенностью Естюнинского месторождения является высокая прочность руд и пород при сравнительно слабом развитии тектонической нарушенности и трещиноватости рудной зоны. Это обуславливает высокую степень нагруженности массива пород вокруг горных выработок, проявляющуюся в динамической форме на контурах выработок, особенно в зонах вблизи тектонических разломов.

Динамические проявления горного давления отмечаются уже на стадии обуривания и выражены в шелушении стенок скважин как при вертикальном, так и при горизонтальном бурении. Физико-механические и физические свойства пород и руд шахты Естюнинская изменяются в широком диапазоне (таблицы 1, 2).

Формирование структуры месторождения определяется образованием в дорудный период зон послойной трещиноватости, связанных с формированием флексурного изгиба моноклинально залегающих вулкногенно-осадочных пород. Пострудные разрывные нарушения представлены трещинными зонами и трещинами, в основном северо-западного, реже субмеридианального и северо-восточного простирания. Трещинные зоны характеризуются мощностью от нескольких метров до 20-30 м. Они имеют северо-западное простирание. Выявленные трещины имеют небольшую протяженность, крутые углы падения, субмеридианальное или субширотное простирание. Амплитуды смещений по ним не превышают 1 м. Вмещающие породы и рудные тела месторождения прорываются дайками диоритовых порфиритов, спессаритов и авгитовых порфиритов. Дайки в пределах рудной зоны месторождения пространственно концентрируются в двух направлениях: северном и южном и фиксируются на поверхности на северном и южном флангах. Дайки мощностью до 25 м падают навстречу друг другу и сходятся на глубине в центральной части месторождения. В плане дайки имеют дугообразную форму с азимутом простирания 250-300^0 и крутым падением на юг 50-70°.

Месторождение вскрыто по фланговой схеме. На юго-западном фланге расположен главный скипо-клетьевой ствол шахты «Естюнинская» - диаметр в свету 6,5 метров, пройден до горизонта –300 м, закреплен монолитным бетоном, оборудован клетью с противовесом на глухую вагонетку ёмкостью 4м^3, двумя скипами ёмкостью 4,4 м^3 и лестнично-трубным отделением.

Таблица 1

Физико-механические свойства основных пород и руд Естюнинского месторождения

Породы и руды	Коэффициент крепости по шкале М.М.Протодьяконова f, ед.	Плотность γ, $МН/м^3$	Предел прочности пород на сжатие в образце $\sigma_{сж}$, МПа	Предел прочности пород на растяжение в образце $\sigma_р$, МПа	Предел прочности на сдвиг в образце $\tau_{с,}$ МПа
Скарны	12-14	0,031	120	16	20
Пироксен-плагиоклазовые породы	16-18	0,029	183	34	29
Роговики основного состава	16	0,029	150	33	31
Диориты пироксен-биотитовые	16-18	0,028	168	32	30
Эпидотиты	16-18	0,032	180	34	23
Магнетиты	8-10	0,040	80	12	17

Ствол «Вентиляционно-нагнетательный» предназначен для подачи свежего воздуха. Ствол «Вентиляционно-вытяжной» расположен на северном фланге месторождения, является вторым запасным выходом, оборудован механизированным подъёмом и лестничным отделением, служит для выдачи загрязненного воздуха. На шахте в настоящее время имеется дробильно-скиповой комплекс и главный водоотлив на горизонте –240 м.

Таблица 2

Физические свойства основных пород и руд Естюнинского месторождения

Породы и руды	Предел текучести в образце $\tau_{т,}$ МПа	Коэффициент Пуассона μ, ед.	Модуль линейной деформации $E*10^5$, МПа	Угол внутреннего трения пород Ф, град.	Коэффициент структурного ослабления $К_{с,}$ ед.
Скарны	17	0,29	0,60	38	0,5-0,9
Пироксен-плагиоклазовые породы	27	0,38	0,56	35	0,5-0,9
Роговики основного состава	24	0,29	0,59	31	0,6-0,9
Диориты пироксен-биотитовые	18	0,28	0,52	30	0,6-0,9
Эпидотиты	26	0,28	0,51	35	0,6-0,9
Магнетиты	14	0,28	0,65	33	0,4-0,6

Схема проветривания шахты – фланговая. Способ проветривания комбинированный с подачей свежего воздуха по стволу «Вентиляционно-нагнетательный» и выдачей по стволу «Вентиляционно-вытяжной».

На шахте «Естюнинская» применяется этажно-камерная система разработки открытыми камерами. Длина камер 35 м (20-90 м). Ширина камер по мощности рудного тела (12-40 м). Ширина междукамерных целиков до 15 м, мощность потолочины 15-20 м. Целики от-

рабатываются массовым обрушением на открытые камеры с последующим выпуском руды под обрушенными породами. Камеры отрабатываются по простиранию с применением взрывной отбойки веерами скважин диаметром 105 мм. С целью уменьшения запасов руды в целиках и потолочинах и, соответственно, снижения потерь руды при выпуске разработан вариант этажно-камерной системы разработки с податливыми целиками.

Предложенный вариант этажно-камерной системы разработки принципиально не отличается от традиционного варианта этой системы разработки. Особенностью его является искусственно создаваемая податливость целиков (потолочины и МКЦ), т.е. способность их уходить из под нагрузки, что представляет возможность уменьшать размеры целиков. Податливость потолочины определяется формой ее поперечного сечения, которая представляет собой трапецию с малым основанием по висячему боку, причём диагональ трапеции является одновременно и высотой, а боковая грань (нижняя плоскость потолочины) – близка к вертикали. Данная конфигурация потолочины обеспечивает ее срез от действующей гравитационно-тектонической нагрузки в направлении висячий - лежачий бок по плоскости близкой к нормальной по отношению к плоскости рудного тела. Улучшает условия обрушения потолочины, поскольку вертикальная плоскость её позволяет веера скважин расположить параллельно плоскости отбойки.

Податливая потолочина обеспечивает возможность деформации висячего бока, выполняет функцию преграды для проникновения в камеру обрушенных пород, заполняющих вышерасположенное выработанное пространство и стремящихся срезать потолочину по плоскостям лежачего и висячего боков. Податливость междукамерного целика обеспечивается созданием на контакте с висячим боком залежи руды зоны дробления путём проведения камуфлетного взрывания, которое позволяет снять гравитационно-тектоническую нагрузку с МКЦ. Нагрузка на него в этом случае определяется только призмой сползания со стороны висячего бока.

Компенсационная щель в виде отрезной щели проходится по простиранию и образуется путем взрывания рядов скважин на отрезной восстающий. Скважины бурятся из отрезных штреков. Расстояние между рядами скважин по нормали 1,8-2 м. Количество скважин в ряду 3. Расстояние между скважинами в ряду 1,2 м.

Технологический блок представляет систему камерных единиц (камер и МКЦ) с определенным порядком отработки и состоит из следующих элементов: первичная камера, камера лежачего бока, потолочина, камера, камера лежачего бока, МКЦ. В технологическом блоке последовательно отрабатываются: первичная камера, камера, камера лежачего бока, камера лежачего бока; затем обрушаются потолочины и МКЦ. Камеры отрабатываются по простиранию на всю высоту этажа. Первичная камера отрабатывается вкрест простирания на разделанную отрезную щель. Сетка разбуривания по первичной камере и камерам 2,75х2,80 м.

Выпуск отбитой рудной массы из камер самотечный. Доставка и погрузка рудной массы осуществляется через рудоспуски с погрузкой скреперными лебедками в шахтные вагонетки. Выпуск руды из отрезной щели и камер производится по мере отбойки руды на дучках, с оставлением подушки рудной массы высотой 4-5 м. Выпуск рудной массы после погашения производится по всей площади блока, в соответствии с планограммой выпуска.

При отбойке руды применяются сплошные колонковые заряды патронированного аммонита 6ЖВ диаметром 90 мм и граммотол Т-18. На вторичном взрывании используется патронированный аммонит 6ЖВ диаметром 90 мм. Средства взрывания: на первичной отбойке – ЭД, СИНВ-Ш, ДШ. Применяется - от 9 до 22 ступеней замедления. Интервалы замедления 0- 3000 мсек.

При проведении институтом ВостНИГРИ на шахте Естюнинской научных исследований выполнен анализ причин потерь скважин и высокого удельного расхода ВВ на вторичном дроблении.

Для оценки потерь скважин в зависимости от расстояния до свободной поверхности нами разработана методика расчета, основанная на опыте работ института ВостНИГРИ и

ИГД СО РАН по данному направлению [1]. По методике определяются веера скважин, расположенные на одинаковом расстоянии от свободной поверхности. Для выбранного веера (ряда) рассчитывается К уд. потерь (коэффициент удельных потерь), количественно равный:

$$К_{уд.потерь} = \frac{\sum_{i=1}^{n} n_i}{\sum_{i=1}^{n} L_{i\ скв}},$$

где n_i - процент потерь скважин в ряду; $L_{i\ скв}$ - суммарная длина скважин в ряду.

Выявлена зависимость влияния расстояния от свободной поверхности скважин на коэффициент удельных потерь (рис. 1).

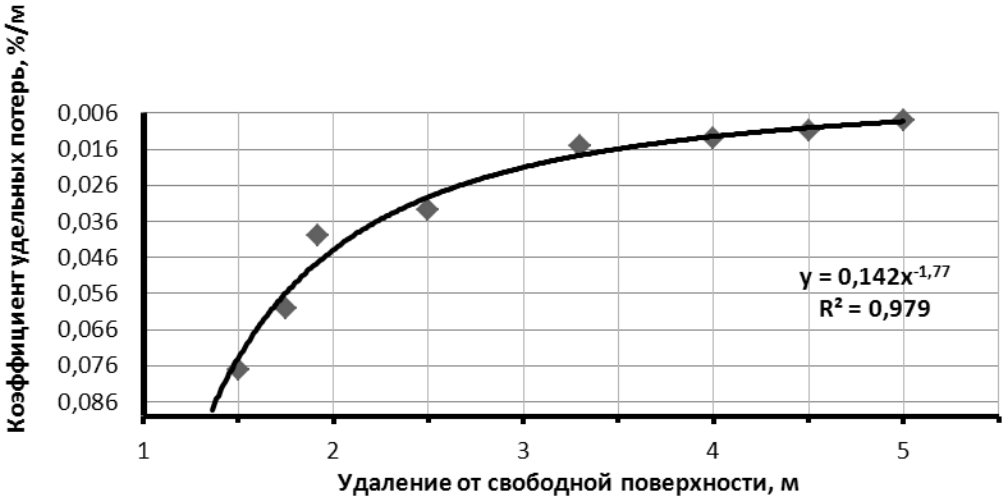


Рис. 1. Зависимость влияния расстояния скважин от свободной поверхности на коэффициент удельных потерь

При разработке рудных месторождений, как правило, существует тесная корреляционная связь между удельным расходом на первичное и вторичное взрывание [2]. На шахте Естюнинская в последние годы отмечается закономерное повышение удельного расхода ВВ на вторичную отбойку при снижении удельного расхода ВВ на первичную отбойку. На наш взгляд, причиной значительных колебаний удельного расхода ВВ на вторичное дробление на шахте Естюнинская зависит от удельного расхода ВВ, используемого на первичную отбойку технологических блоков, что напрямую связанно с потерями взрывных скважин. Недозарядка скважин нарушает отработанную на предприятии технологию взрывания массива, ведет к дополнительному разбуриванию и взрывной отбойке непроработанных взрывом участков.

На шахте Естюнинская при этажно-камерной системе разработки с открытыми камерами применяется отбойка горного массива веерами скважин. Установлено, что первичные, последующие камеры, а также межкамерные целики имеют неустойчивые плоские поверхности обнажений. С течением времени (как правило, через 2 месяца) в горном массиве на расстоянии 15 м от поверхности обнажений под комплексным действий напряжений возникают трещины различного уровня и направлений, которые могут привести к самообрушению части горного массива. Самообрушения приурочены к центральной зоне обнажений.

Для горно-геологических условий шахты Естюнинская разработан способ формирования устойчивых обнажений с вогнутой поверхностью при отбойке веерами скважин. Задание устойчивой вогнутой формы обнажения, во-первых, снижает потери скважин за счет «упреждающей» выемки массива, и, во-вторых, отбойку массива за счет вогнутой эллипсовидной формы обнажений можно вести в зоне растягивающих напряжений, которые будут работать на разрушение массива камер.

По разработанной технологии взрывной отбойки границу обнажений необходимо оформлять по линии изобары, т.к. такая форма поперечного сечения забоя очистного блока наиболее рациональна в условиях повышенного горного давления в горизонтальном направлении. При этом наблюдается снижение концентрации напряжений в призабойном пространстве. Т.е. в данном случае имеется прямая аналогия с установлением свода естественного

равновесия только в горизонтальном направлении. Указанная мера позволяет повысить эффективность отработки камер за счет ликвидации потерь скважин, нарушения буровых выработок, образования обрушений в подготовительный период перед взрывом.

На период ведения подготовительных работ обнажения устойчивой формы способствуют снижению напряжений в массиве и сохранению буровых выработок и скважин.

По рекомендуемой технологии взрывной отбойки ряды вееров скважин эллипсовидной формы бурятся конгруэнтно. Взрывную отбойку вееров скважин можно осуществлять как в направлении вогнутой формы забоя, что обеспечивает встречное соударение отбитых кусков в процессе массового взрыва, так и в направлении выпуклой формы забоя, что наиболее эффективно, т.к. в массиве, как вблизи обнажений, так и в глубине массива происходит перераспределение напряжений с образованием обширной зоны растягивающих напряжений и интенсивного трещинообразования [1].

Разработанные, совместно с инженерно-техническими работниками шахты Естюнинская, рекомендации института ВостНИГРИ по отработке первичных камер согласовываются с проектной организацией Уралгипроруда и внедряются на шахте Естюнинская. Технологические решения, принятые для внедрения, следующие:

1. Первичные камеры рекомендуется отрабатывать по центру этажа отработки.
2. При отработке первичных камер создаются две конгруэнтных зеркально отраженных компенсационных камеры ленточно-вогнутой формы с границами компенсационных камер по линии изобары.
3. Из двух буровых ортов с горизонта подсечки в первую очередь бурится центральный ряд восходящих вееров скважин, ориентированный вкрест простирания рудной залежи, остальные ряды восходящих вееров скважин ориентированы по линиям эллипсовидной формы и бурятся в направлении от центра первичной камеры к флангам.
4. В первом ряду восходящих вееров скважин от компенсационных камер количество и погонные метры скважин бурятся в полном объеме, масса зарядов ВВ уменьшается на 10-20%.
5. Восходящие веера скважин заряжаются зарядами ВВ и коротко-замедленно взрываются в направлении от компенсационных камер к центру первичной камеры, в последнюю очередь взрывается центральный ряд восходящих вееров скважин, расположенный по центру первичной камеры.

Для внедрения эффективной технологии бурения и взрывной отбойки технологических блоков, при отработке последующих камер, рекомендуется:

1. Бурение рядов восходящих вееров скважин, конгруэнтных обнажениям начинается от границы проектируемого отбиваемого массива, МКЦ, потолочины к созданному ранее обнажению эллипсовидной формы.
2. Ряды восходящих вееров взрывных скважин короткозамедленно взрываются в направлении от выработанного пространства.
3. Отбойку массива камеры (межкамерного целика) рекомендуется выполнять в течение 2 месяцев с момента создания обнажения предыдущей отбойкой массива.
4. При невозможности выполнить отбойку массива камеры в течении 2 месяцев с момента создания обнажения предыдущей отбойкой рекомендуется производить разгрузку массива взрыванием не менее 5 рядов восходящих вееров скважин.

По отработке межкамерных целиков рекомендуется восходящие веера скважин бурить по эллипсовидным в плане плоскостям. В первую очередь обуривать среднюю часть межкамерного целика, в последнюю очередь рекомендуется бурить 1 ряд восходящих вееров скважин со стороны зажатой среды, в последнюю очередь рекомендуется бурить 5 рядов восходящих вееров скважин, начиная с пятого ряда к первому ряду от свободной поверхности открытой камеры.

По результатам проведенных исследований подготовлена заявка на изобретение на способ отработки камеры [3].

Список литературы

1. Курленя М.В., Еременко А.А., Цинкер Л.М., Шрепп Б.В. Технологические проблемы разработки железорудных месторождений Сибири. – Новосибирск: Наука, 2002.- 240 с.

2. Терентьев В.И. Управление кусковатостью поточной технологии добычи руды подземным способом. М.: Наука,1972.- 200 с.

3. Заявка на изобретение № 2011149236/03 (073917) от 02.12.2011 г., авторы Цинкер Л.М. и др.

УДК 551.24.553.31

ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ НЕДР ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОЙ ШОРИИ И ХАКАСИИ

Цинкер Л.М., Смирнов С.М., Веселов А.И.
ООО «ВостНИГРИ», г. Новокузнецк

Введение

Современные требования рационального использования недр, наряду с другими, предусматривают отработку балансовых запасов минерального сырья с учётом горно-геологических и геодинамических условий безопасности от проявлений горного давления и горных ударов.

В существующих нормативных документа указано, что на каждом месторождении при его отработке подземным способом должно быть осуществлено геодинамическое районирование [1, 2].

В документах XI Межотраслевого координационного совета (Москва, Госгортехнадзор России от 25.01.2001 г.) по программе «Геодинамическая безопасность» предусмотрено решение проблемы обеспечения геодинамической безопасности на рудниках Западной Сибири, опасных по проявлениям горно-тектонических ударов и техногенным землетрясениям, возложено на институт «ВостНИГРИ» (рудники Таштагольский, Шерегешский, Казский, Абаканский) [3].

Проблема управления геодинамическими процессами при отработке железорудных месторождений на больших глубинах путем целенаправленной комплексной оценки роли тектонической нарушенности и ее влияния на удароопасность наряду с другими факторами, до сих пор остается малоизученной, имеет важное научное и практическое значение.

В новейшей теории техногенных катастроф утверждается, что проявления современных неотектонических движений, определяющих деформации массивов земной коры, тяготеют к активным тектоническим структурам.

Институт «ВостНИГРИ» проводит комплекс исследований по геодинамическому и структурно-тектоническому районированию эксплуатируемых и проектируемых к отработке глубоких горизонтов железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии. Район приурочен к Алтае-Кузнецкому глубинному разлому, вдоль которого происходят движения региональных тектонических блоков. Согласно данным регионального районирования, ориентировка максимальных действующих горизонтальных напряжений на подземных рудниках юга Сибири совпадает с направлением тектонических разломов северо-западного простирания, что подтверждено инструментальными исследованиями института [4,5]. Максимальные горизонтальные напряжения в 2,5-3,0 раза превышают вес столба налегающих пород, что вызывает появление горных и горно-тектонических ударов с энергией до 10^{10} Дж, что требует контроля удароопасности при ведении горных работ [5].

1. Комплексная методика геодинамического и структурно-тектонического районирования глубоких горизонтов эксплуатируемых железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии

Объектом для исследований и создания методики геодинамического и структурно-тектонического районирования глубоких горизонтов является удароопасное Таштагольское месторождение, фронт горных работ на котором достиг глубин более 1000 м от поверхности. На эксплуатируемых горизонтах при ведении горных работ происходят горные удары и микроудары, толчки, стреляние.

Метод геодинамического районирования недр применительно к Таштагольскому месторождению включает в себя выполнение двух этапов исследований.

1.1. Разработка геолого-геометрической модели блочной структуры массива пород, установление тектонически напряженных зон в горном массиве и составление карт структурно-тектонического районирования недр глубоких горизонтов -280 м и -350 м.

Разработка геолого-геометрической модели блочной тектонической структуры и составление карт геодинамического районирования в пределах недр шахтного поля для прогноза удароопасности проектных и отрабатываемых горизонтов проведены в соответствии с методическими указаниями [2].

Месторождение входит в состав Таштагольско-Кочуринского рудного поля, находящегося в южной части сложно-построенной Кондомской грабен-синклинали размерами 6-10 км в ширину и 50 км в длину. Рудовмещающими являются вулканогенно-осадочные отложения мундыбашской свиты среднего кембрия. Они собраны в сложную Таштагольскую антиклинальную складку с размахом крыльев 1,5 км протяженностью до 5 км с крутым падением крыльев (80-90°). Антиклиналь осложнена флексурным подворотом и несколькими системами разрывных нарушений различной ориентировки, масштаба и возраста. Сформировалась блочная структура рудного поля на участках Восточном, Северо-Западном. Рудные тела залегают среди скарнов, метасоматитов, сиенитов, метаморфических сланцев, секутся дайками диоритовых порфиритов, микродиоритов, микросиенитов, полевошпатовых порфиритов, разрывными нарушениями. Простирание их северо-западное, изменчивое, а падение крутое (60-90°). Форма рудных тел штокообразная, линзообразная, длина по простиранию колеблется в пределах 110-690 м, а по падению 190-1440 м. Падение рудной зоны на всех участках крутое, лишь на Северо-Западном участке выполаживается до 60°.

Геолого-геометрическая модель структуры месторождения отражает характер блочной структуры массива пород шахтного поля. Основой модели является выделение и классификация геодинамически активных разрывных нарушений 2-х порядков: крупноамплитудные нарушения, разделяющие рудные тела, I порядок, и мелкоамплитудные разрывные нарушения, усложняющие форму и внутреннее строение рудных тел, II порядок. Критериями выделения геодинамически опасных зон явились: морфогенетический тип нарушения (сброс, взброс), величина амплитуды смещения по сместителю, мощность, наличие динамических проявлений горного давления.

Фактической основой создания геолого-геометрической модели являются результаты геолого-структурного картирования разрывных нарушений, проводимых институтом в подземных горных выработках на эксплуатируемых горизонтах шахтного поля. По этим данным выявлены основные зоны геодинамически опасных разрывных нарушений. Геодинамически опасными являются тектонические нарушения мощностью более 1,0 м. К ним на эксплуатационных горизонтах -280 м и -350 м отнесены Диагональное, Восточное, Северо-Западное, Пологое. Их классификация приведена в табл. 1.

Геометризация выявленных опасных зон на планах горных работ показала, что главной особенностью массива действующих горизонтов является блочный характер Таштагольской антиклинали. Последняя осложнена опасными тектоническими зонами субмеридионального простирания, разделяющими складчатую структуру шахтного поля на гор. -280 м на 4 тектонических блока с размерами сторон 200-480х560х900 м.

Приведенные в табл. 1 разрывные нарушения представляют собой сочетания генетических типов, распределение в которых главных показателей напряженного состояния массива различно. Например, взбросу соответствует зона сжатия, а сбросу зона растяжения. Амплитуда перемещений указывает на вероятность появления динамических проявлений горно-

го давления. Таким образом, каждое нарушение образует свою индивидуальную зону влияния на устойчивость вмещающих пород и руд, что необходимо использовать при диагностике НДС.

Таблица 1

Классификация опасных разрывных нарушений I порядка Таштагольского месторождения

Наименование нарушения	Тип нарушения	Амплитуда смещения (м)	Геометрические элементы сместителя				
			азимут падения (градус)	угол падения (градус)	мощность	протяженность (м)	
						по простиранию	по падению
Диагональное	Взбросо-сдвиг	110-120	260-270	60-80	1-5	900-1100	860
Восточное	Взбросо-сдвиг	80-90	260-280	60-85	1-3	300-500	420
Северо-западное	Сдвиг	60-80	230-240	80-85	1-3	200	200
Пологое	Сдвиг	70	310-330	0-40	1-3	600-700	650-750

Известно [2], что зона влияния вокруг нарушения также опасна.

По структуре модель нарушения представляет собой зону дробления, милонитизации, катаклаза переменной мощности. В участках милонитизации породы растерты до глинистого состояния. Зона дробления представляет собой часть массива с непрерывной сетью трещин. Зона влияния нарушения располагается между участками дробления и массивом.

Исходя из указанной модели строения разрывных нарушений показателями для расчета границ опасных зон от разрывных нарушений была принята густота трещиноватости, определяемая по формуле:

$$K_{\text{н}} = \frac{n}{e}, \quad (1)$$

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 висячих крыльях нарушения; n - количество трещин, шт.; e - интервал исследований, м.

Полученные данные пересчета $К_{н}$ обрабатываются статистическим методом «стандарта», определяются средние, коэффициенты вариации, степень однородности, строятся гистограммы распределения. Результаты определений $К_{н}$ выносятся на погоризонтные планы горных работ по указанным интервалам и осуществляются их геометризация.

Критерием определения границ опасной зоны являются положение «Инструкции...» [1] о том, что области шахтного поля, оконтуренные изолиниями $К_{н}\geq0,6$ на 1 м и выше относят к опасным.

По показателю $К_{н}\geq0,6$ осуществляется геометризация границ опасных зон от разрывных нарушений.

Проведенный расчет среднеарифметическим методом определения параметров границ опасных зон от разрывных нарушений Таштагольского месторождения приведен в табл. 2.

Таблица 2

Параметры средней ширины опасных зон от тектонических нарушений

Наименование нарушения	Ширина опасной зоны, м		
	висячий бок	лежачий бок	общая ширина
Диагональное	17	14	31
Восточное	13	10	23
Пологое	8	16	24
Северо-Западное	5	20	25
Среднее по месторождению	11	15	26

Определение ширины опасной зоны возможно с помощью аналитического метода, в котором ширина зон повышенной трещиноватости находится в параболической зависимости от амплитуды перемещения в плоскости сместителя. Интенсивность деформации пород и руд ($B_{тр}$) зависит от величины амплитуды смещения висячего и лежачего крыльев тектонического нарушения определяется по формуле:

$$B_{тр} = 3\sqrt{N}, \quad (2)$$

где N - амплитуда перемещения по сместителю, м;

Результаты пересчета ширины опасной зоны аналитическим методом приведены в табл. 3.

Таблица 3

Ширина опасных зон в зависимости от величины амплитуды смещения в плоскости сместителя

Наименование тектонического нарушения	Расчетная формула	Амплитуда смещения (м)	Ширина опасной зоны (м)
Диагональное	$B_{тр} = 3\sqrt{N}$	120	33
Восточное	$B_{тр} = 3\sqrt{N}$	90	28
Пологое	$B_{тр} = 3\sqrt{N}$	70	25
Северо-Западное	$B_{тр} = 3\sqrt{N}$	60	23
Среднее по месторождению			27

1.2. Создание геодинамической модели блочной структуры месторождения, предусматривающей реконструкцию главных осей напряжений, выявление морфогенетических типов нарушений, зон сжатия, растяжения и сдвига на планах рабочих горизонтов -280 м и -350 м, определение ориентировки векторов главных напряжений.

Для разработки геодинамической модели и составления карт геодинамического районирования глубоких горизонтов -280 м и -350 м участка Восточного использованы полученные данные по структурно-тектоническому районированию. Составлены карты геодинамического районирования, на которых выделены геодинамически активные нарушения: Диагональное, Восточное, Пологое, Северо-Западное.

Геодинамическая модель предусматривает выделение тектонически напряженных и разгруженных зон, которые предопределяют характер взаимоотношений структурных блоков между собой. Для этого проведена реконструкция главных осей напряжений в выделенных тектонических нарушениях и блоках, а также их геометризация на планах горных работ с учетом морфогенетических типов разрывных нарушений: сбросу соответствует зона растяжения, главная ось δ_1 вертикальна, взбросу соответствует зона сжатия, при этом оси δ_1, δ_3 горизонтальны, а ось δ_2 – вертикальна. Для геометризации главных осей напряжений на погоризонтных планах использован метод Е.М. Андерсона [2].

При составлении карт геодинамического районирования рабочей основой явились карты структурно-тектонического районирования горизонтов -280 м ÷ -350 м. На них нанесена и оконтурена блочная структура, геометризованы геодинамически активные зоны нарушений, зоны их влияния, структурно-тектонические блоки I, II порядков, зоны сжатия и растяжения, их пространственное положение в геологическом массиве блочной структуры, показана ориентировка главных векторов напряжений.

По разработанной в институте методике на картах геодинамического районирования выделяются: площади, опасные по горным ударам, микроударам, толчкам; тектонические блоки, опасные по интенсивному заколообразованию, выявляются закономерности их пространственного размещения. Полученные материалы позволяют готовить рекомендации на стадии проектирования наиболее геодинамически безопасных схем вскрытия и основные технологические решения.

По указанной методике разработаны структурно-тектонические и геодинамические модели глубоких горизонтов эксплуатируемых Шерегешовского, Абаканского месторождений [6]. Комплексная методика геодинамического и структурно-тектонического районирования глубоких горизонтов шахтных полей эксплуатируемых подземным способом железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии позволяет составлять карты геодинамического районирования и прогнозировать удароопасность, что необходимо при проектировании, прогнозировании и проведении горных работ на рудниках.

Комплексная методика геодинамического и структурно-тектонического районирования глубоких горизонтов шахтных полей эксплуатируемых подземным способом железорудных месторождений Горной Шории и Хакасии позволяет составлять карты геодинамического районирования для прогноза удароопасности.

Список литературы

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на рудных и нерудных месторождениях объектах строительства подземных сооружений склонных и опасных по горным ударам [Текст]: РД 06-329-99., п.4, 8, 10, утв. Госгортехнадзором России. – М.: ГУП «НТЦ», 2004. – 81с.

2. Геодинамическое районирование недр [Текст]: / Методические указания. Вып ВНИМИ, КузПИ. Ленинград, 1990. – 128с.

3. Петухов И.М. Содержание и перспективы развития межотраслевой координационной программы «Геодинамическая безопасность» [Текст]: // И.М. Петухов «Безопасность труда в промышленности». - 1999. - №8.– С.32-36.

4. Цинкер Л.М. Геодинамическое районирование железорудных месторождений Алтае-Саянской складчатой области разрабатываемых подземным способом [Текст]: / Л.М. Цинкер, С.М. Смирнов, Ю.Г. Матвеев, А.И. Веселов // Международный научно-технический сборник «Гео-Сибирь». – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2007.

5. Цинкер Л.М. Контроль удароопасности горного массива и геодинамическое районирование отрабатываемых участков Таштагольского месторождения [Текст]: / Л.М. Цинкер, С.М. Смирнов, Ю.Г. Матвеев, А.И. Веселов // Международная научно-практическая конференция «Уголь и майнинг». – Новокузнецк, 2011.

6. Веселов А.И. Модели блочной тектонической структуры и геометризация геодинамически активных геологических структур железорудных месторождений Алтае-Саянской складчатой горной области [Текст]: / А.И. Веселов, А.А. Еременко, Я.Н. Байбородов // Сб. «Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-саянской складчатой области». – Новосибирск: Наука, ИГД СО РАН, 2009. – С.182-204.

УДК 622.272.63

РАЗРАБОТКА УДАРООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ПРИМЕРЕ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ЛАВЫ 3–32 ФИЛИАЛА «ШАХТА «АЛАРДИНСКАЯ» ОАО «ОУК «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ»

Климов В.Г., Тюхрин В.Г., Черепов А.А.,
ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», г. Новокузнецк

Поле филиала «Шахта «Алардинская» расположено в Кондомском геолого-экономическом районе Кузбасса, на территории Осинниковского района Кемеровской области. Тектоническое строение Кондомского района определено его географическим положением. Находясь на южной окраине бассейна, район приурочен к стыку двух горных систем - Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. В результате тектонических подвижек палеозой-

ские отложения района собраны в крупные синклинальные складки, залегание которых осложнено более мелкой складчатостью и дизъюнктивными нарушениями.

Филиал «Шахта «Алардинская» ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» ведёт отработку двукрылой панели в центральном блоке пласта 3–3а.

С глубины 300 м пласт 3–3а отнесён к опасным по горным ударам и угрожаемым по внезапным выбросам.

Пласт 3-3а сложного строения, включает в себя от 2 до 4 прослойков углистого алевролита и алевролита суммарной мощностью до 0,6 м. Мощность пласта 4,25–5,60 м.

Уголь полуматовый, полосчатой структуры за счет переслаивания матовых и блестящих разностей. Уголь крепкий f=1,5, вязкий. Сопротивление угля резанию 150–160 кгс/см^2. По своим качественным показателям характеризуется: зольность чистых угольных пачек-6,6-13,0%, эксплуатационная зольность A^d=17,8–22,5 %, влажность W^p=3,5–6,0%, выход летучих компонентов V^{daf}=18,8–23,0%, Y=6–9 мм, γ=1,38–1,39 т/м^3, марка угля ТС.

Угол падения пласта 14°. Кливаж угля: азимут падения 220–230°, угол падения 75–80°. Гипсометрия пласта волнистая. Пласт 3–3а залегает в 37–42м ниже пласта 1 и в 45–50 м выше пласта 6.

Ложная кровля пласта – углистый алевролит черный, хрупкий, крепостью f = 2–3, мощностью 0,1–0,3м, неустойчивый.

Непосредственная кровля – алевролит темно–серый крупнозернистый, слоистый за счет переслаивания с прослойками песчаника, крепостью f =5–7, мощностью 3,3–20,9м. Средней устойчивости.

Основная кровля – песчаник серый мелкозернистый, крупнослоистый крепостью f = 7–8, мощностью 1,0–13,5 м. Разрез по вентиляционному штреку 3-32 приведён на рис. 1.

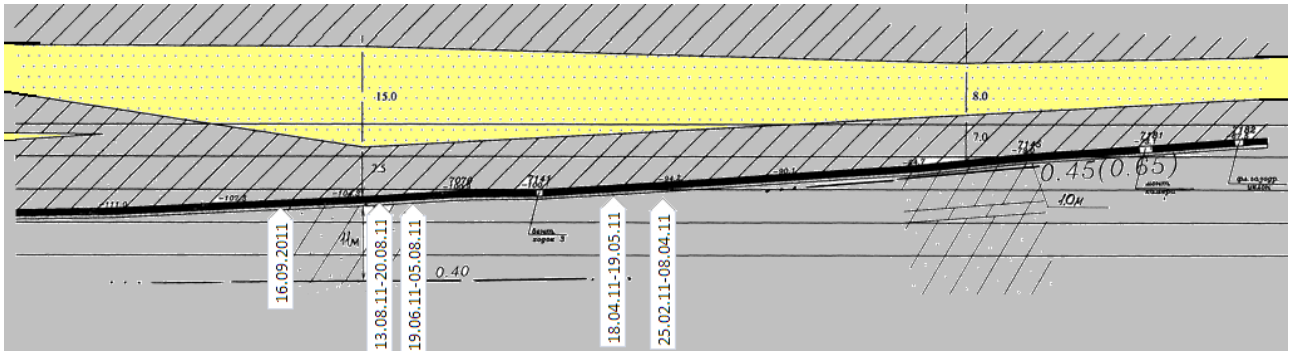


Рис. 1. Разрез по вентиляционному штреку 3-32

Почва пласта: непосредственная – алевролит темно – серый среднезернистый, слоистый, крепостью f = 5.

Выемочный столб 3–32 находится в восточном крыле центрального блока пласта 3–3а горизонта –300 м. Глубина работ от поверхности 520–660 м. Природная газоносность 21,5–26,3 м^3/т с.б.м. Длина лавы – 200-225м. Длина выемочного столба 2100м. Для обеспечения времени выхода, столб пересечён тремя вентиляционными ходками. Выше столба 3-32 находится изолированное пространство первого отработанноого в этом крыле столба 3-30. Ширина межлавного целика от 50 до 10м.

Отработка выемочного столба производится механизированным комплексом «GLINIK-22/47». Вынимаемый слой угля 4,5м. Ширина зоны влияния опорного давления L=104м.

По результатам проведенных геофизических исследований, анализа данных, геологоразведочных и эксплутационных работ, было определено, что в контуре столба №3-32 породы кровли обладают одинаковыми свойствами по устойчивости, обрушению и нагрузочным свойствам и управлению при ведении очистных работ. Аномальных зон выявлено не было.

Горно-геологические условия отработки выемочного участка №3-32 по пласту были оценены как средней сложности. Осложнения ожидались при пересечении вентиляционных ходков от проявлений непосредственной кровли как неустойчивой.

Было установлено, что тип кровли по устойчивости и обрушаемости в значительной мере будет определяться скоростью подвигания очистного забоя. Рекомендована скорость не менее 3-4 м/сут, максимальная - не более 10 м/сут.

Учитывая состав и строение непосредственной кровли пласта в районе монтажной камеры, предварительное разупрочнение кровли до выхода механизированного комплекса из монтажной камеры было не рекомендовано.

29.11.2010 начата эксплуатация лавы 3–32.

Предупреждение горных ударов обеспечивалось мерами, разработанными в Паспорте выемочного участка 3-32 на основании Комплекса мер по борьбе с горными ударами, согласованного с Кемеровским представительством ВНИМИ, которые включали в себя:

- текущий прогноз удароопасности в лаве и прилегающих подготовительных выработках;
- бурение разгрузочных скважин в случае определения категории «опасно»;
- предварительная разгрузка пласта бурением разгрузочных скважин в передовой выработке (вентиляционном ходке) до подхода лавы.

25.02.2011 произошел эндогенной пожар, осложненный взрывом в отработанном пространстве пласта 3-3а Западного блока. Эксплуатация шахты «Алардинская» (в том числе лавы 3–32) была приостановлена. Отход лавы от монтажной камеры на данный момент составил 290 м. В результате простой лавы составил 42 дня (с 25.02.11 до 08.04.11).

08.04.2011 эксплуатация лавы была возобновлена. За 10 суток работы, подвигание лавы после приостановки составило 33 м, средняя скорость подвигания составила 3,3 м/сут. Забой въехал в передовую выработку – вентиляционный ходок №3. Пласт у ходка был заблаговременно разгружен скважинами диаметром 100 мм, пробуренными через 1,2 м. Инструментальный прогноз удароопасности показывал отсутствие опасных участков. Выход буровой мелочи был меньше критического значения в среднем в 2 раза.

18.04.2011 произошло разрушение почвы и обрушение угля с боков вентиляционного штрека 3–32, сопровождавшееся повышенным метановыделением. Эскиз штрека приведён на рис. 2. Со стороны межлавного целика бок обрушился на протяжении 89 м, со стороны выемочного столба – на протяжении 29 м. В том числе на протяжении 15 м от сопряжения с вентиляционным ходком №3 в сторону лавы вентиляционный штрек 3-32 был заполнен обрушенным и выдавленным из почвы углём на 80% сечения. Объём разрушенной массы угля составил 400 м^3. Из разрушенного угля и обнажившейся поверхности в течение 10,5 часов выделилось 10 тыс.м^3 метана. Конвейерный штрек, поверхность забоя лавы, сопряжения лавы со штреками и вентиляционный штрек 3-32 на протяжении 13,5 м от лавы разрушений не претерпели. Кровля выработок (в том числе вентиляционного штрека) и её крепление, также не имели ни каких признаков воздействия горного давления. Видимая от сопряжения с лавой часть целика в выработанном пространстве признаков разрушения не имела.

Для расследования причин происшествия, разработки мероприятий по ликвидации последствий и предупреждению повторного их возникновения привлечены Кемеровское представительство ОАО «ВНИМИ», ОАО «НИИГД», ОАО «ВГСЧ» филиал Новокузнецкий ВГСО, Санкт-Петербургский Государственный Горный Университет, ООО «ЦАКк».

В результате изучения материалов, наблюдений и исследований комиссией установлена основная причина – зависание консоли основной кровли в выработанном пространстве выемочного столба 3-32, перераспределение и увеличение опорного давления в результате длительной (42 дня) остановки забоя лавы 3-32 в месте подхода забоя к передовой выработке (вентиляционному ходку №3), приведшее в предельно напряжённое состояние краевую часть межлавного целика и разрушившее бока вентиляционного штрека 3-32.

Проектно-эксплуатационная документация полностью пересмотрена. Разработаны и согласованы с профильными институтами дополнительные меры, предусматривающие уси-

ленный контроль и профилактику эндогенной пожароопасности, усиленный контроль за напряжённо-деформированным состоянием и разупрочнение краевой части межлавного целика и массива в пределах зоны влияния опорного давления, в том числе:

– восстановление вентиляционного штрека 3-32 и усиление его крепления;

– бурение разгрузочных скважин с увеличенным до 130 мм диаметром в межлавный целик, из забоя лавы 3-32 и в обе стороны от вентиляционного ходка №3 до возобновления работы лавы;

– разгрузка межлавного целика бурением скважин с увеличенным до 130 мм диаметром через 1,2м;

– учащение инструментального прогноза удароопасности межлавного целика до 10м подвигания лавы и прогноза в лаве до 20м её подвигания;

– запрещено нахождение людей в вентиляционном штреке 3-32 в зоне влияния опорного давления.

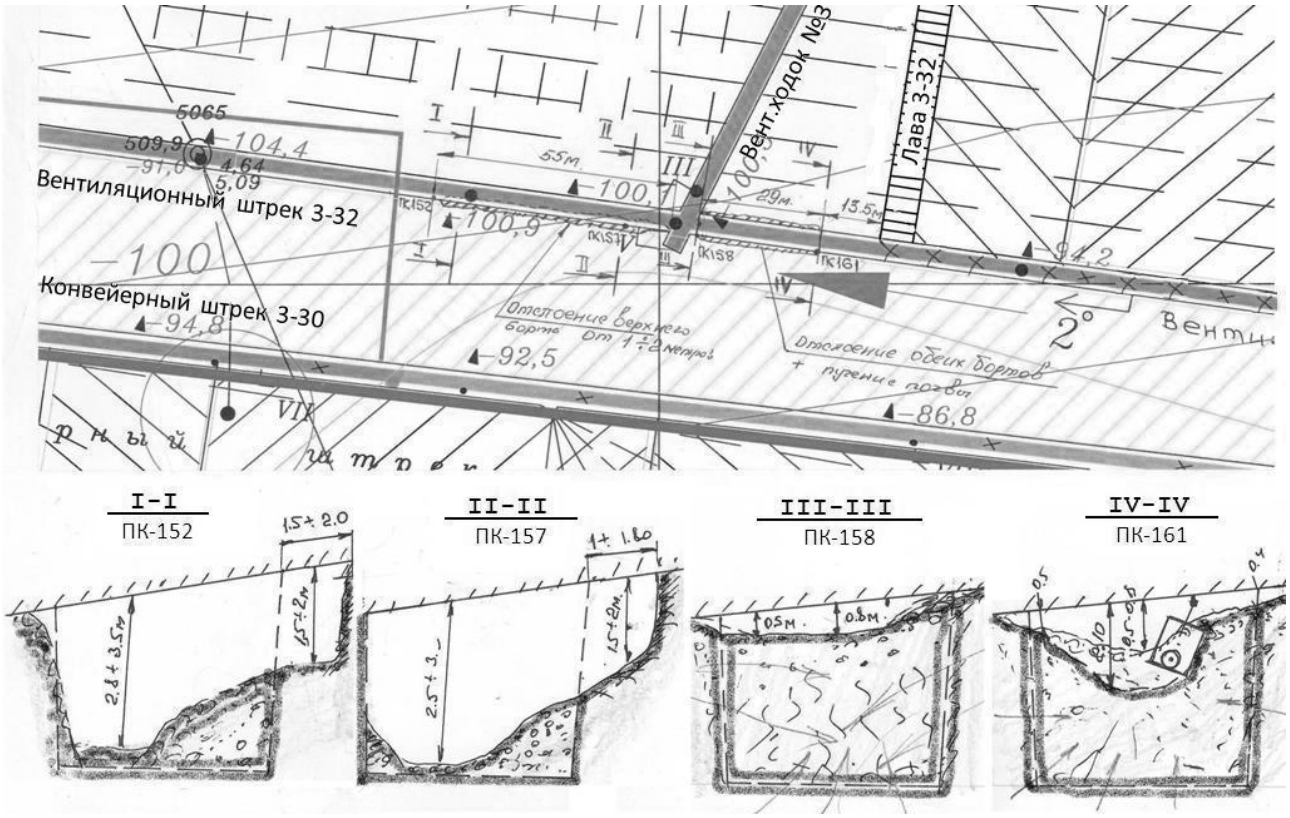


Рис. 2. Эскиз вентиляционного штрека 3–32 от 18.04.2011

19.05.2011 эксплуатация лавы была возобновлена с выполнением вышеприведённых дополнительных мероприятий. За 31 сутки работы подвигание лавы после приостановки составило 113 м. Средняя скорость подвигания 3,6 м/сут. С опережением лавы на 250 м произведена разгрузка межлавного целика скважинами диаметром 130 мм. Пробурено более 370 разгрузочных скважин общей протяжённостью более 11 км. Пробурено около 200 прогнозных шпуров. Инструментальный прогноз удароопасности показывал отсутствие опасных участков. Выход буровой мелочи был меньше критического значения в среднем в 2 раза, максимальные значения лежали в диапазоне 0,7-0,9 от критических. Лава завершила переход вентиляционного ходка №3. Отход забоя от монтажной камеры составил 436 м, расстояние, примерно равное суммарной длине лав 3-30 и 3-32.

19.06.2011 произошло разрушение краевой части межлавного целика и вывал угля в рабочее пространство вентиляционного штрека 3-32. Протяжённость нарушенного участка составила 112 м. Объём разрушенной массы угля 1200 м^3. Объём метана, выделившегося из

разрушенного угля и обнажившейся поверхности в течение 28 часов, составил более 42 тыс.м^3. Эскиз приведён на рис. 3.

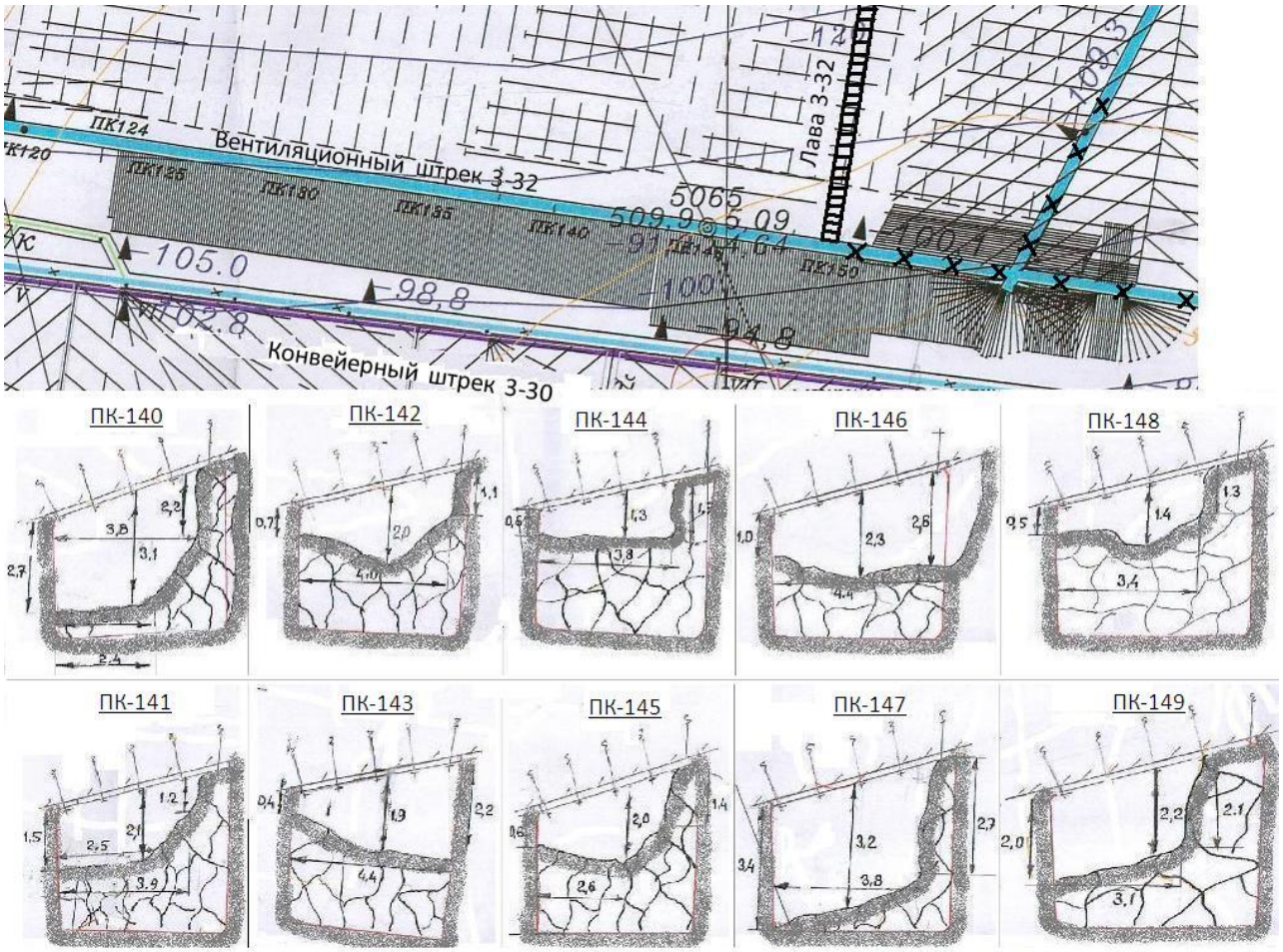


Рис. 3. Эскиз вентиляционного штрека 3–32 от 19.06.2011

Для расследования причин происшествия, разработки мероприятий по ликвидации последствий и предупреждению повторного их возникновения привлечены дополнительно СибГИУ, Институт угля СО РАН.

Как и в первом случае, разрушения и признаки воздействия повышенного горного давления отсутствовали на конвейерном штреке и по всей длине лавы. Кровля выработок (в том числе вентиляционного штрека 3-32) и её крепление, также не имели никаких признаков повышенного горного давления. При этом происшествие 19.06.2011 имело свои отличия. Разрушился только бок выработки со стороны межлавного целика. Часть разрушившегося угля не обрушилась, но была выдавлена в выработку. Участок разрушения начинался сразу от сопряжения вентиляционного штрека с лавой.

Сходства и отличия одновременно указывали на действенность принятых мер, и на необходимость их совершенствования и дополнения.

Отсутствие разрушений угля в забое и конвейерном штреке подтвердило локализованность зависания консоли основной кровли в районе именно верхнего сопряжения лавы (с вентиляционным штреком). Разрушение стенки со стороны целика подтвердило эффект снижения разгрузочными скважинами его несущей способности, но показало недостаточность имеющегося диаметра скважин для компенсирования деформаций. Соответствие протяжённости проявления разрушений (112 м) ширине зоны опорного давления (102 м) подтвердило участие опорного давления в процессе.

В результате расследования комиссией определены следующие причины происшествия:

– увеличение мощности песчаников в основной кровле пласта и их зависание;

– влияние зоны стационарного опорного давления ранее отработанного выемочного столба 3-30;

– наличие отжимов угля в боках выработки вследствие выраженной системы «материнского» кливажа;

– несовершенство методов прогноза горных ударов

Для обеспечения безопасной работы лавы после восстановления свободного прохода, существующие мероприятия были изменены и дополнены:

– для предупреждения зависания основной кровли: стратификация и направленный гидроразрыв пород кровли над межлавным целиком через скважины, пробуренные из вентиляционного штрека 3-32.

– для сдерживания первоначального импульса разрушения и выдавливания краевой части межлавного целика усилено крепление верхнего бока вентиляционного штрека 3-32 органным рядом рудничных стоек с полной перетяжкой из пластины;

– для усиления эффекта разгрузки межлавного целика: увеличено с 1 до 2 количество рядов скважин, увеличен с 130 до 250 мм их диаметр, уменьшено с 1,2 до 1,0 м расстояние между ними, лимитировано (от 70 до 80 м) опережение фронта буровых работ;

– для увеличения надёжности прогноза удароопасности: уменьшена периодичность прогноза межлавного целика (с 10 до 5 м подвигания лавы), увеличена длина прогнозного шпура (с 10 до 15 м), Кемеровским представительством ВНИМИ налажен периодический геофизический контроль и установлены сейсмические станции на поверхности;

– для снижения рисков последствий в вентиляционном штреке 3-32 и далее по ходу исходящей вентиляционной струи исключено наличие силовых кабелей и электрооборудования, находящихся под напряжением.

Разработка, оформление и согласование документации, восстановление сечения вентиляционного штрека 3-32 для обеспечения свободного прохода и подачи расчётного количества воздуха, усиление крепи, организация и реализация дополнительных мер по разгрузке целика и разупрочнению кровли заняли 47 суток.

05.08.2011 работа лавы была возобновлена. 13.08.2011 подвигание лавы за 8 суток работы после приостановки составило 22 м, среднесуточное подвигание – 2,8 м/сут. Прогнозом удароопасности установлена категория «Опасно», а на вентиляционном штреке 3–32 произошло отслоение угля со стороны выемочного столба. Отслоение произошло в 10 м от лавы на протяжении 3 м на глубину до 0,5 м. Эскиз приведён на рис. 4.

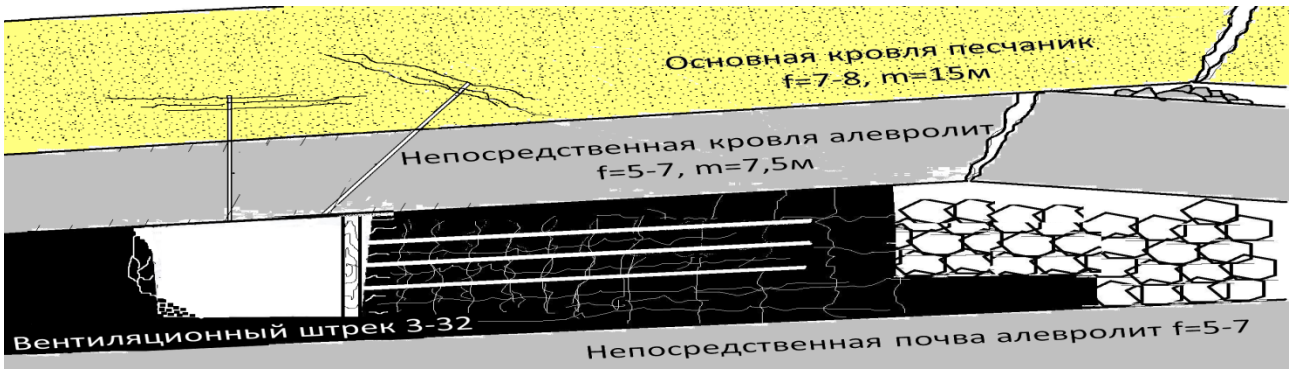


Рис. 4. Эскиз вентиляционного штрека 3–32 от 13.08.2011

Несмотря на незначительные масштабы происшествия, его возникновение было ожидаемым риском от проведённых мероприятий по разгрузке межлавного целика. Формируемые направленным гидроразрывом трещины в кровле над целиком не успели развиться в достаточной мере для отделения консоли. В результате разупрочнения целика и увеличения его податливости, нагрузка от консоли основной кровли, нависающей над вышележащим выра-

ботанным пространством, частично переместилась через вентиляционный штрек на краевую часть массива выемочного столба. Плечо консоли (а значит – её масса и момент) значительно увеличились.

Кемеровским представительством ВНИМИ по результатам геофизической оценки была отмечена неоднородность напряженного состояния пласта 3-3а и рекомендовано принять меры к разгрузке нижнего бока вентиляционного штрека (со стороны массива лавы) и уменьшить периодичность прогноза удароопасности до 3 м подвигания лавы.

С учётом данного происшествия и мнением Кемеровского представительства ВНИМИ меры по обеспечению безопасности были дополнены и скорректированы соответствующим образом:

– для придания пласту податливости в целях исключения хрупкого разрушения краевой части массива, осуществлено бурение ряда разгрузочных скважин диаметром 130 мм в нижний бок вентиляционного штрека 3-32, почва краевой части пласта подвергнута гидрообработке под давлением;

– периодичность прогноза удароопасности уменьшена до 3 м подвигания лавы.

После выполнения дополнительных мер 20.08.2011 работа лавы была возобновлена. За 27 суток работы после приостановки подвигание лавы составило 58 м. Скорость подвигания составила в среднем 2,1 м/сут.

16.09.2011 произошло внезапное вспучивание почвы с осыпанием угля с нижнего бока вентиляционного штрека 3-32, сопровождающееся повышенным газовыделением.

Протяжённость нарушенного участка составила 68 м. Объём разрушенной массы угля 276 м^3. Объём метана, выделившегося из разрушенного угля и обнажившейся поверхности в течение 6 часов, составил более 13,7 тыс.м^3. Эскиз приведён на рис. 5.

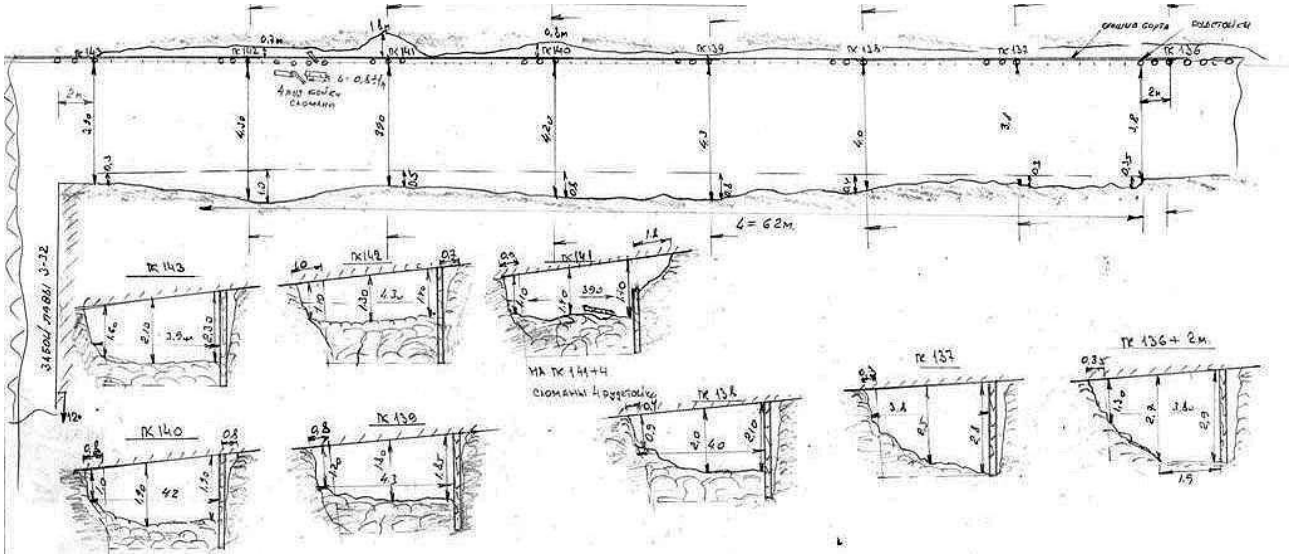


Рис. 5. Эскиз вентиляционного штрека 3–32 от 16.09.2011

Причинами происшествия стали:

– ослабление сил трения в плоскостях естественного кливажа в результате огидрообработки под давлением почвы краевой части пласта;

– наличие в почве выработки угольной пачки пласта 3-3а предельно напряжённой горизонтальной составляющей сил горного давления.

Для обеспечения безопасной работы лавы после восстановления свободного прохода, выполняемые мероприятия были дополнены следующими мерами:

– отказ от пропитки почвы краевой части пласта;

– увеличение диаметра (с 130 до 250 мм) разгрузочных скважин в нижний бок вентиляционного штрека 3-32 (в массив лавы);

– установка усиливающего органного ряда из рудничных стоек вдоль нижнего бока вентиляционного штрека 3-32;

– проведение направленного гидроразрыва кровли через скважины, ориентированные на массив лавы;

– формирование разгрузочной щели в почве вентиляционного штрека 3-32 рыхлением с применением БВР;

– автоматизированный контроль и блокировка электроснабжения лавы при нахождении людей в зоне влияния опорного давления в вентиляционном штреке 3-32 средствами системы Flexcom.

На устранение последствий инцидента и оформление согласование документации организацию и реализацию дополнительных мер потребовалось два месяца.

16.11.2011 эксплуатация выемочного участка была возобновлена. Применение комплекса мероприятий до настоящего времени обеспечивает устойчивость боков и почвы вентиляционного штрека 3-32. Эскиз вентиляционного штрека 3–32 приведён на рис. 6. Элементы системы, баланс сил, деформаций и скоростей находятся в равновесии. Нарушение этого равновесия приводит уже не к разрушениям, а к изменению напряжённо-деформированного состояния пласта, которое фиксируется заблаговременно прогнозом удароопасности.

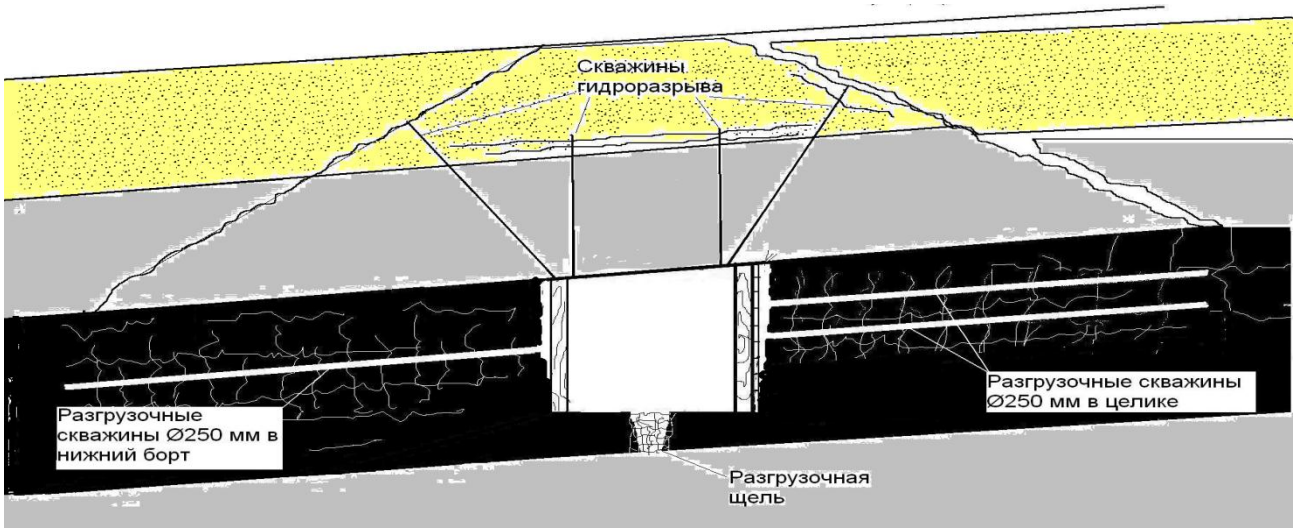


Рис. 6. Эскиз вентиляционного штрека 3–32

29.11.11 и 18.01.12 в межлавном целике в 20-25 м от лавы прогнозом устанавливалась категория удароопасности «ОПАСНО». Для снижения напряжённости целика, на опасном участке в течение 2-3 недель, в дополнение к существующим бурилось ещё 100-120 разгрузочных скважин диаметром 250мм на протяжении 50-70 м, проводилось разупрочнение кровли вдоль лавы и вентиляционного штрека. В результате напряжённость снижалась до неопасных значений, что подтверждалось прогнозом удароопасности и Кемеровским представительством ВНИМИ. Эксплуатация лавы возобновлялась.

Мероприятия дополняются и совершенствуются в процессе наработки опыта их применения. В настоящее время перечень мер содержит:

– разгрузка межлавного целика бурением скважин диаметром 250 мм, длиной 35-40 м в верхний бок вентиляционного штрека 3-32 (расстояние между скважинами 1,0 м, количество рядов – 2);

– разгрузка краевой части массива лавы бурением 1 ряда скважин диаметром 250 мм, длиной 20 м в нижний бок вентиляционного штрека 3-32 (расстояние между скважинами 1,0 м);

– стратификация и направленный гидроразрыв пород кровли вдоль вентиляционного штрека над межлавным целиком и над краевой частью массива лавы через скважины, пробуренные через 20 м из вентиляционного штрека 3-32;

– направленный гидроразрыв пород кровли вдоль лавы через 4 скважины в верхней её части через каждые 20 м подвигания очистного забоя;

– формирование разгрузочной щели в почве вентиляционного штрека 3-32 рыхлением с применением БВР;

– крепление верхнего бока вентиляционного штрека 3-32 органным рядом рудничных стоек шагом 1 м с полной перетяжкой из пластины;

– крепление нижнего бока вентиляционного штрека 3-32 органным рядом рудничных стоек шагом 1 м;

– ежесуточный прогноз удароопасности в вентиляционном штреке 3-32 через 3 м подвигания лавы, увеличенная длина прогнозного шпура 15 м;

– прогноз удароопасности забоя через 12 м подвигания лавы, увеличенная длина прогнозного шпура 12 м;

– еженедельный геофизический контроль состояния удароопасности межлавного целика и краевой части массива лавы в вентиляционном штреке и в лаве 3-32 (Кемеровское представительство ВНИМИ);

– сейсмический контроль (Кемеровское представительство ВНИМИ);

– исключено наличие силовых кабелей и электрооборудования, находящихся под напряжением в вентиляционном штреке 3-32 и далее по ходу исходящей вентиляционной струи.

– запрещено нахождение людей во время работы лавы в вентиляционном штреке 3-32 в зоне опорного давления

– автоматизированный контроль и блокировка электроснабжения лавы при нахождении людей в зоне влияния опорного давления в вентиляционном штреке 3-32 средствами системы Flexcom.

Накоплена достаточная для первичного анализа и выводов база данных сейсмического контроля. Сейсмогруппа Кемеровского представительства ВНИМИ характеризует настоящую обстановку как стабильную. Сейсмическая активизация в пределах отрабатываемой лавы стабильна, опасных зон концентрации сейсмических событий нет. Очаги регистрируемых динамических явлений распределены, в основном, в пределах кровли пласта и впереди забоя лавы. Регистрируемые на этом участке сейсмические события отличаются невысокой энергией (от 3000 до 10000 Дж) и малой зоной возможного их влияния. Наиболее крупные сейсмические события регистрируются за пределами лавы и приурочены к зоне отработанного пространства, вероятнее всего, обусловлены посадкой основной кровли. Количество этих сейсмических событий, в том числе самых крупных, составляет не более 30% от количества всех регистрируемых событий. Энергия динамических событий, связанных с посадкой основной кровли, достигает 35000 Дж. Установлено, что промышленные взрывы, проводимые на ближайших от отрабатываемой лавы 3-32 разрезах, не оказывают негативного влияния в горных выработках. Сейсмический эффект (сотрясаемость) от взрывов в пределах горных выработок менее 1 балла по шкале МСК-64.

Анализируя опыт работы в лаве 3-32 необходимо отметить следующее:

1. Современный научный и инженерный персонал готов к оперативному решению сложных задач комплексного характера.

2. Привлечение научного потенциала открывает широкие возможности в модификации технологии для достижения наибольшего соответствия условиям и обеспечения безопасности работ.

3. Проблема в горном производстве – это всегда множество взаимосвязанных факторов и решение такой проблемы может быть только комплексным.

УДК 622.831

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЙОНЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОЙ ШОРИИ

Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Лобанов С.А.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Отрабатываемые подземным способом железорудные месторождения Горной Шории (Таштагольское, Шерегешевское, Казское) расположены в районе, характеризуемом повышенной сейсмической активностью. Землетрясение в сентябре 2003 г., произошедшее в высокогорном Кош-Агачском районе Республики Алтай, где сила толчков в эпицентре достигала 9 баллов (по 12 бальной макросейсмической шкале) при магнитуде 7.3, в районе этих месторождений проявилось в виде сейсмических толчков силой 2–3 балла. Структурно-тектоническая обстановка в районе отрабатываемых железорудных месторождений, характеризуемая направленностью геологических разломов и действующих тектонических усилий, определяется геодинамическими процессами, происходящими в Алтае-Саянской складчатой области. По данным методической аэрокосмической партии производственного геологического объединения "Запсибгеология", выполнившего в 1986 – 1988 гг. геодинамическое районирование территории Алтае-Саянской складчатой области [1], земная кора здесь разбита серией крупных геологических разломов, имеющих северо-западную (320 – 350°), северо-восточную (0 – 20°), субширотную, северо-восточного (50 – 80°) и юго-восточного (100 – 120°) направлений, ориентировку. Наибольшее распространение имеют геологические разломы северо-западного направления. Именно с оживлением разломов северо-западного направления согласно данным д.г.-м.н. А.А. Никонова [2] отмечено возникновение эпицентров сейсмических толчков в сентябре 2003 г. в Кош-Агачском районе.

Согласно данным геодинамического районирования имеет место совпадение ориентировки измеренных максимальных действующих горизонтальных напряжений на рудниках Горной Шории с направлением геологических разломов северо-западного направления, свидетельствующее о том, что сжимающие усилия в этом направлении постоянно присутствуют и формируют тектоническую обстановку в горных массивах. Характерно, что максимальные горизонтальные напряжения в этих направлениях в 2,5 – 3 раза превышают вес столба налегающих пород и на соответствующих глубинах вызывают проявление горных и горно-тектонических ударов с энергией $10^9 – 10^{10}$ Дж, мощных толчков при массовых взрывах, сопровождающих их как сейсмический отклик напряжённого массива.

В настоящее время горно-тектонические удары, собственно горные удары и микроудары имеют место на Таштагольском и Шерегешевском месторождениях, стреляния и толчки, относимые к динамическим проявлениям меньшего энергетического класса и разрушительной силы, наблюдаются также на Казском месторождении.

Наиболее масштабные проявления горного давления в динамической форме происходят в зоне влияния очистных работ, приурочены к крупным тектоническим нарушениям и инициированы массовыми взрывами по обрушению рудных запасов в блоках. Это связано, прежде всего, с концентрацией напряжений в районе очистных работ вокруг выработанного пространства в краевых частях рудного массива, вокруг компенсационных камер и щелей, в безрудных целиках и боковых породах. Этот эффект усиливается сейсмическим воздействием взрывов, влиянием тектонических нарушений и других структурных ослаблений массива, неравномерность нагружения которых приводит к срывам по границам структурных блоков и развитию динамических проявлений горного давления.

Согласно инженерно-геоморфологическим исследованиям МГУ [3], Горная Шория представляет собой эрозионное низкогорье, включающее участки эрозионного и гольцового среднегорья, а также небольшие депрессии. Ослабленные блокоразделяющие зоны выражены в рельефе, прежде всего, эрозионными долинами рек, в частности в районе г. Таштагола суб-

широтным отрезком р. Кондомы, низовьями р. Кочуры, долиной р. Шалым. Некоторые тектонические нарушения, освоенные эрозией рек, известны по данным геологических съемок.

Блокоразделяющие нарушения по своей роли в формировании общего морфотектонического плана территории делятся на несколько рангов, к высшему из которых в пределах Горной Шории относится региональный структурный шов, отвечающий зоне долгоживущего Кузнецкого глубинного разлома. Он прослеживается системой сближенных нарушений, оформляющих местами вереницы мелких блоков. Кузнецкий шов трассируется в рельефе от подножья Абаканского хребта в районе Телецкого озера через верховье р. Каурчана, вдоль долины р. Пызаса и далее по левобережью р. Мрас-Су. Он отделяет здесь область слабо воздымающихся морфоструктур Горной Шории от более активной на неотектоническом этапе области Абаканского хребта. К региональным структурным швам может быть отнесена и близширотная зона сопряженных блокоразделяющих нарушений, освоенная на одном из отрезков долиной р. Лебедь. Данная зона участвует в разграничении крупных морфоструктурных областей различной активности Алтая и Кузнецкого Алатау.

К промежуточному рангу относятся зоны "сквозных" блокоразделяющих нарушений, трассирующихся не на сотни, как региональные структурные швы, а на десятки километров. Зоны "сквозных" блокоразделов либо сопрягаются со структурными швами, либо находятся одна с другой в торцовых сочленениях. В частности, субширотные ограничения Таштагольского блока могут принадлежать подобной зоне.

По данным геодинамического районирования Южного Кузбасса [4] Таштагольское и Шерегешевское месторождения заключены в остром клине между "рукавами" Мартайгино-Шорского разлома. В пределах Горной Шории обращает на себя внимание зона повышенных значений густоты линеаментов к востоку от Шерегеша и Таштагола. Ее субмеридиональная ориентировка совпадает с простиранием геологически задокументированных разрывных нарушений, оперяющих Мартайгинский разлом. Среди линеаментов регионального ранга, выделенных визуальным способом при масштабной генерализации 1:1000000, отмечены системы, совпадающие, а зачастую и полностью соответствующие зонам разломов, отделяющих Кузнецкую впадину от складчатых структур Салаира в районе Прокопьевска, Киселевска и южнее, а также Горной Шории на юго-востоке, где с отдельными линеаментами совпадают оси силурийских гранитоидных массивов.

Казское рудное поле, в котором располагается одноимённая группа железорудных месторождений, в структурном отношении находится в области линзообразного разветвления Ташелгино-Темирского регионального разлома. Длительная тектоническая жизнь Ташелгино-Темирского регионального разлома в районе Казского рудного поля сказалась на характере его пострудной тектоники. Здесь развиты зоны интенсивной трещиноватости, имеют место дизъюнктивные нарушения с амплитудами перемещения от нескольких сантиметров до десятков метров. Структура рудных участков определяется в первую очередь структурой тектонических клиньев, к которым они приурочены. В основе рудоконтролирующих структур лежат субширотные ветви Ташелгино-Темирского разлома, с севера и юга ограничивающие тектонические клинья.

Своеобразие геодинамического режима недр южного Кузбасса определяется наличием двух доминирующих факторов: пересечением указанного участка недр крупной сейсмогенной структурой, начинающейся от озера Байкал и пересекающей недра Кузбасса в районе Междуреченска, Новокузнецка и Прокопьевска, а также наличием здесь серии крупных разломов. Прежде всего, это дугообразные пограничные разломы близмеридионального простирания, обращенные выпуклостью на восток и отделяющие Кузнецкую депрессию от горно-складчатых сооружений Салаира (Тырганский разлом), Кузнецкого Алатау и Горной Шории (Мартайгинский разлом).

Сместитель Мартайгинского разлома имеет крутое восточное падение, в районе Таштагола он расщепляется в южном направлении на три самостоятельные ветви. Помимо этого основного дизъюнктивного нарушения первого порядка, на территории Горной Шории проявлен ряд поперечных к нему разломов второго порядка (с севера на юг): Ташелгино-

Темирский и Темиртаусский. Как правило, сместители всех упомянутых разломов сопровождаются множеством сближенных поверхностей скалывания и зонами дробления шириной в десятки и сотни метров.

Помимо основных разрывных нарушений первого и второго порядка, на территории широко проявлены многочисленные более мелкие разломы разнообразной морфологии и ориентировки. Наряду со взбросами и надвигами встречаются сбросы, сдвиги и более сложные комбинированные формы. Как правило, мелкие разломы приурочены к боковым частям крупных сместителей, замкам и крыльям складок и участкам резкого перегиба их шарниров. Широко развиты и послойные нарушения.

В соответствии с новой версией карты сейсмического районирования России ОСР-97 (руководитель – чл. корр. АН Узбекистана В.И. Уломов), учитывающей новейшие тенденции и обобщенные параметры развития сейсмологических процессов, территория Кузбасса и Горной Шории отнесена к 7 – 8 балльной зоне сейсмичности [5] по сравнению с 5 – 6 балльной по ранее действовавшей шкале. Существенное повышение балльности Кемеровской области связано с ростом показателя сейсмической активности его территории, на которой ежегодно фиксируются сотни землетрясений невысокого энергетического класса [4].

Пространственное распределение эпицентров крупных землетрясений в самых густонаселенных территориях центрального и южного Кузбасса показало [4], что в рисунке структур группирования эпицентров землетрясений отчетливо выделяется направление ЗЮЗ-ВСВ, субпараллельное границам области. Также отмечается приуроченность рассеянных землетрясений к субширотным разломам направления ЮЮЗ-ССВ, в том числе Пеньковскому, Барнаульско-Сорочинскому, Кытмановскому, Ташелгино-Темирскому.

Концентрация землетрясений наблюдается на отрезках субмеридиональных разломов – южная часть Мартайгинского разлома и его ответвлений (приблизительно 88°), южной части Кузнецкого Алатау (приблизительно 89° – 89°30') и Инского разлома (около 87°). В целом распределение эпицентров землетрясений на территории Кемеровской области достаточно неравномерно, северная часть в сейсмическом отношении более спокойная, чем южная. Наибольшая концентрация землетрясений отмечается в окрестностях Новокузнецка и Прокопьевска, именно в этом районе произошли крупнейшие исторические землетрясения и наиболее сильные землетрясения последних лет.

Также можно отметить миграцию зон сейсмической активности – наиболее сильные землетрясения последних лет смещены на юго-запад по отношению к историческим землетрясениям и, особенно, землетрясениям 60 – 80-х годов XX века. В настоящее время наиболее сильные землетрясения сосредоточены в южной части Кузбасса и в районе Таштагола.

На основе морфоструктурного анализа, позволяющего определять направление и интенсивность движения отдельных блоков на рассматриваемой территории, в сопоставлении его с данными сейсмических наблюдений, установлено [4], что некоторые участки разрывных нарушений, в том числе и Мартайгино-Шорский разлом, испытывают в настоящее время относительные подвижки по контактам. Результаты расчетов также показывают повышенную напряженность в прилегающих к нему блоках, что выражается в чередовании зон разгрузки и зон повышенного горного давления вдоль разлома и других нарушений, и указывает на потенциальную возможность подвижек геологических блоков по контактам этих нарушений, сопровождающихся явлениями сейсмического или крипового характера.

Узел пересечения Мартайгино-Шорской зоны разломов с разломами близширотного и северо-западного простирания является одной из наиболее опасных в геодинамическом и сейсмическом отношении площадей Кемеровской области. Землетрясения наиболее высоких энергетических классов пространственно тяготеют к тектоническому узлу в районе г. Таштагол, где существуют повышенные риски проявления горных ударов, сопряженные с отработкой рудных площадей вблизи геодинамически активных разломов.

Анализ структурных особенностей проявления сейсмичности в Алтае-Саянской области, выполненный учеными СО РАН по карте суммарной сейсмической энергии [6], показал, что повышенной активностью и явно выраженными линейными зонами в ней характеризу-

ются территории Горного Алтая и стыка Алтая и Саян. Северные районы Алтае-Саянской области существенно менее активны и для них характерна на первый взгляд хаотическая картина проявления сейсмической активности. Выявляются яркие пятна повышенной активности, такие как Камень-на-Оби, Таштагол и др. В целом сейсмичность Алтае-Саянской области характеризуется наличием ярко выраженных линейных структур и наличием площадей с существенно различным уровнем сейсмичности.

Создан комплект карт для территории Кузбасса [6], позволяющих оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на трех уровнях вероятности – 90 %, 95 % и 99 % не превышения (или 10 %, 5 % и 1 % возможного превышения) в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности в баллах для средних грунтовых условий. Условия построения этих карт соответствуют условиям карт ОСР-97-А, ОСР-97-В и ОСР-97-С. Построенные карты для территории юга Кузбасса, в том числе и для Горной Шории, отличаются от карт сейсмического районирования ОСР-97. Основные изменения изолиний произошли за счёт различий в наклоне графиков повторяемости землетрясений для зон возможных опасных землетрясений (ВОЗ), уточнения положения зон ВОЗ с использованием данных о землетрясениях из регионального каталога, использования данных о затухании колебаний, построенных по материалам изучения микросейсмики в Алтае-Саянской области.

Полученные карты сейсмической опасности для Горной Шории при 95 % не превышения в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности показывают сейсмичность 8 баллов в отличие от карт ОСР-97-В, где району Горной Шории соответствует сейсмичность 7 баллов. Согласно СНиП II-7-81* решение о выборе карты при проектировании конкретного объекта принимается заказчиком по представлению генерального проектировщика, за исключением случаев, оговоренных в других нормативных документах. Для более надежного определения сейсмичности площадки строительства рекомендовано [5] производить сейсмическое микрорайонирование. В связи с этим, следует обратить внимание на новые уточненные результаты оценки сейсмической активности района Горной Шории при развитии горных работ на глубоких горизонтах железорудных месторождений.

Сейсмическая активность вблизи Таштагольского месторождения особенно характерно начала проявляться с 1988 г., когда 5 февраля 1988 г. в непосредственной близости от Таштагола произошло землетрясение силой 5 баллов и сейсмической энергией 10^9 Дж. Всего за период 1988 – 2010 гг. сейсмостанцией Таштагольского филиала ОАО "Евразруда" зафиксировано 1285 землетрясений с энергией от 10 до 10^{10} Дж и энергетическим классом событий, равным 1 – 10 (рис. 1).

Установлено, что эпицентр землетрясения находился в юго-восточной части города в долине р. Кочуры на расстоянии 800 м от впадения ее в р. Кондому и в 4 км от шахтного поля Таштагольского месторождения на глубине 0,8 – 1,5 км от земной поверхности. Каких-либо предвестников землетрясения не наблюдалось.

После первого толчка в тот же день последовало несколько афтершоков с энергетическим классом, равным 2 – 9. Интенсивное высвобождение сейсмической энергии в очаге землетрясения продолжалось в течение февраля. За день в эпицентральной зоне происходило от 2 до 7 событий с суммарной энергией от 10^4 до 10^7 Дж. В начале марта 1988 г. количество афтершоков уменьшилось, а временной промежуток между ними возрос до 1 – 2 суток. В конце марта – начале апреля количество сейсмособытий вновь увеличилось. На этом фоне 03.04.1988 г. был проведен массовый взрыв по обрушению блока № 23 в этаже (-280) – (-210) м, после чего эпицентральная зона землетрясения периодически смещалась на 1,5 км в сторону шахтного поля, однако в районе ведения горных разработок повышения динамической активности не наблюдалось.

В период 1988 – 1997 гг. сейсмическая активность очага землетрясения уменьшалась, а в 1998 г. количество сейсмособытий в эпицентральной зоне землетрясения вновь увеличилось. В течение 1998 и 1999 гг. активность землетрясения отмечалась каждый месяц, при этом массовые взрывы вызывали отклик в эпицентральной зоне через 3 – 5 суток [7]. Так

24.10.1999 г. взрыв по обрушению блока № 13 и последовавший за ним горный удар создали возмущение, которое вызвало целую серию афтершоков в районе землетрясения.

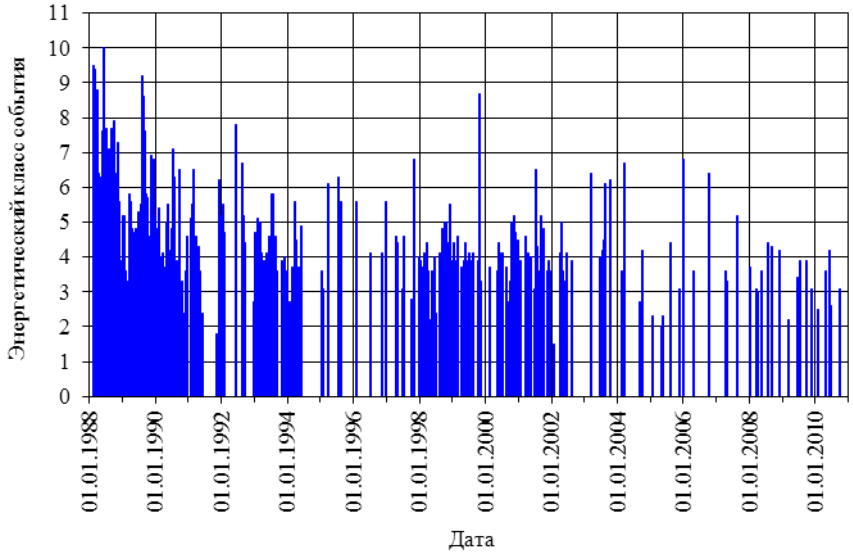


Рис. 1. Высвобождение сейсмической энергии при землетрясениях в районе г. Таштагола за период 1988 – 2010 гг.

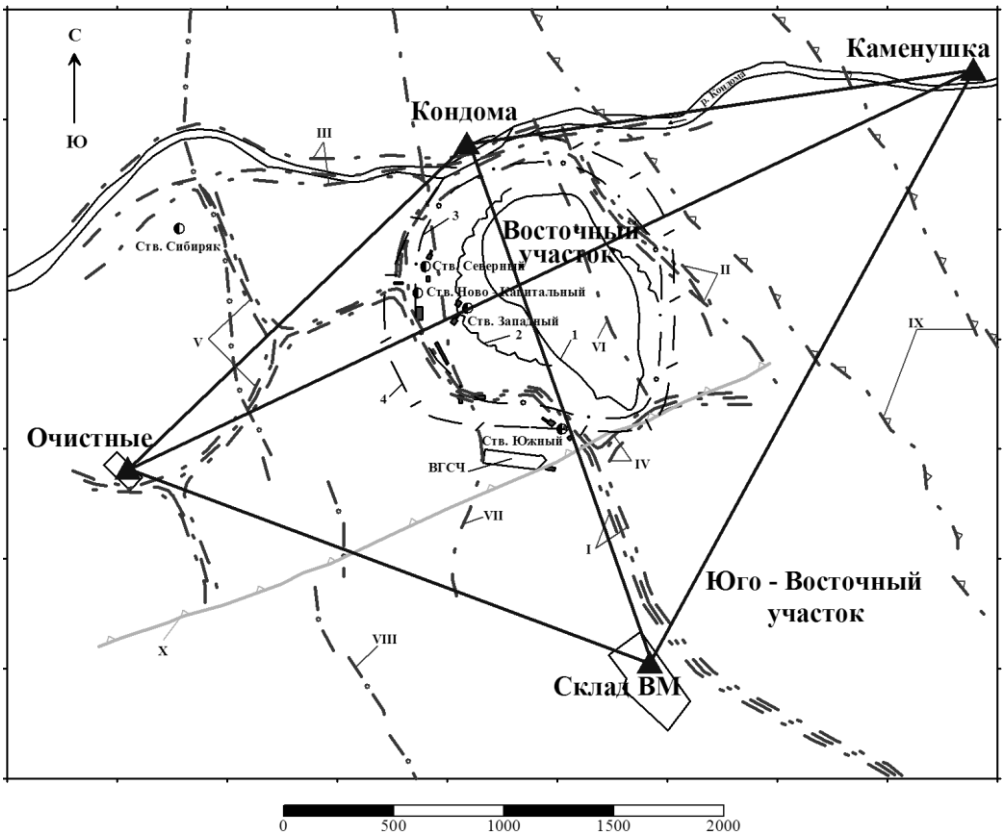
С 2000 г. количество событий в эпицентральной зоне уменьшилось, а время их проявления вновь сдвинулось на конец первого – начало второго квартала. Такой пассивный сейсмический режим сохранялся до июля 2003 г., когда эпицентр землетрясения вновь активизировался. После Алтайского землетрясения 27.09.2003 г., очаг которого находился на расстоянии 300 км от Таштагольского месторождения, через 9 дней после главного толчка была зарегистрирована серия афтершоков Кочуринского землетрясения.

Вероятно, за это время возмущение, созданное Алтайским землетрясением, достигло г. Таштагола. Буровзрывные и подготовительные работы в этот период не останавливались, а 12.10.2003 г. был проведен массовый взрыв по обрушению блока № 11 в этаже (-280) – (-210) м. Анализ энергии афтершоков Алтайского землетрясения с данными сейсмособытий в шахте за период с октября 2003 по апрель 2004 гг. показал, что землетрясение не оказало существенного влияния на проявление горного давления в динамической форме на месторождении. Перед афтершоками Кочуринского землетрясения 29.09.2003, 12.10.2003, 01.02.2004, 29.02.2004 гг. были осуществлены взрывы по блокам № 11 и № 6 с энергетическим классом, равным 6, которые вызвали толчки в эпицентральной зоне землетрясения энергетическим классом 4 – 6.

Серию афтершоков с уменьшающейся энергией, произошедшую после Алтайского землетрясения, можно связать с разгрузкой блочного массива в районе р. Кочуры [7]. Этим объясняется спад сейсмической активности в 2004 г. и в дальнейшем в период 2005 – 2010 гг., когда в год фиксировалось всего от 2 до 8 землетрясений. Следует отметить и снижение энергетического класса сейсмособытий (рис. 1).

Геодинамическую активность района железорудных месторождений Горной Шории подтверждает и землетрясение, произошедшее 20.08.2009 г. на Алтае, которое ощущалось в г. Таштаголе и в поселках Шерегеш, Шалым и зарегистрировано сейсмостанцией "Таштагол", а также наблюдения за сдвижением земной поверхности с использованием методов космической геодезии, организованные вне зоны влияния горных разработок Таштагольского месторождения [8].

Для определения величин смещений природного массива в районе Таштагола в 2007 г. в период отсутствия очистных работ на руднике проведены GPS-наблюдения в полигоне "Склад ВМ – Очистные – Кондома – Каменушка – Склад ВМ" (рис. 2), пункты которого располагались за зоной влияния горных разработок Восточного участка месторождения.



1, 2, 3, 4 – границы, соответственно, провала, зоны трещин, зоны опасных сдвижений, мульды сдвижения (границы влияния горных разработок); I–X – границы тектонических нарушений: I, II, III, IV, V – разломы, соответственно, "Холодный", "Нагорный", "Кондомский", "Шахтерский", в районе новой промплощадки [3]; VI – диагональный разлом; VII–IX – соответственно, субмеридиональное нарушение, граница крупных блоков структур I-го порядка, надвиг в планах; X – сбросовые уступы [1]

Рис. 2 – GPS-полигон вне зоны влияния горных разработок Таштагольского месторождения

В образованном GPS-полигоне максимальная длина базисной линии превысила 4250 м, а максимальное превышение достигало 170 м, при этом максимальные размеры зоны влияния горных разработок составляли: по простиранию месторождения (в направлении ЮЮВ – ССЗ) – 1540 м, в крест простирания – 1595 м.

Уровень и амплитуду короткопериодных смещений, а также периодичность изменения характера смещений как в горизонтальной (по *X*, *Y*), так и в вертикальной (по *Z*) плоскостях, отражают графики смещений (рис. 3), построенных через 20-ти минутный промежуток времени. Следует отметить, что на пункте "Каменушка" смещения достигали 98 – 175 мм, которые в 3–5 раз превышали максимальные смещения на разломе "Нагорный" в зоне влияния горных разработок, зафиксированных в этот же период.

Выводы:

1 Современные геодинамические процессы в районе железорудных месторождений Горной Шории связаны с их расположением в зоне влияния Мартайгино-Шорского разлома, которая является одной из наиболее опасных в геодинамическом и сейсмическом отношении площадей Кемеровской области, где существуют повышенные риски проявления горных ударов, сопряженные с отработкой рудных залежей вблизи геодинамически активных разломов.

2 Повышенная сейсмическая активность региона Горной Шории при дальнейшем развитии горных работ на эксплуатируемых и проектируемых к отработке горизонтах Таштагольского, Шерегешевского и Казского месторождений обусловливает повышение динами-

ческой активности при отработке рудных запасов. Проявление этого наиболее характерно в настоящее время для Шерегешевского месторождения, которое решением Комиссии по горным ударам ОАО "Евразруда" с гор. +255 м отнесено к опасным по горным ударам.

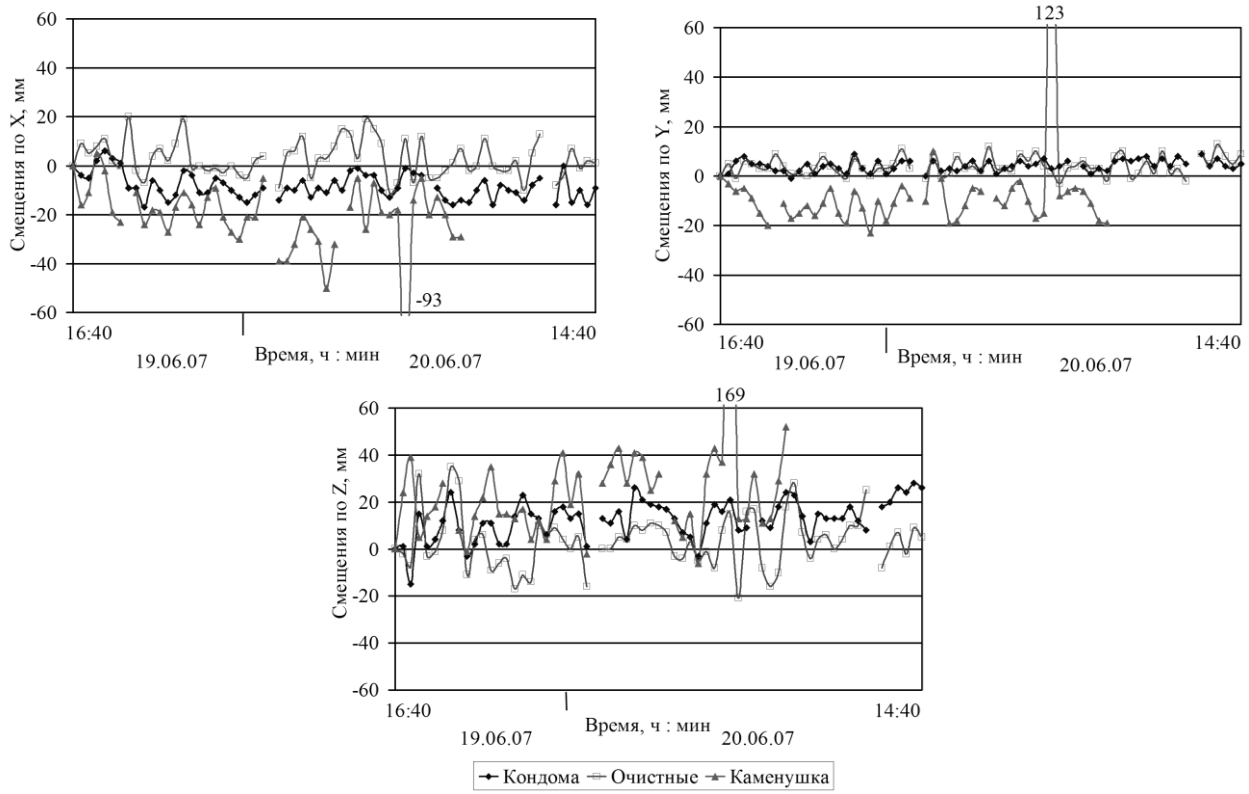


Рис. 3 – Характер сдвижения массива вне зоны влияния горных разработок

3 Короткопериодные смещения горных пород вне зоны влияния горных разработок Таштагольского месторождения в 3–5 раз превышают максимальные смещения в зоне этого влияния, что отражает высокий уровень природных смещений и геодинамическую активность месторождений региона.

Список литературы

1 Грицюк, Я.М. Новейшая тектоника и геодинамика западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области [Текст] / Я.М. Грицюк // Методы дистанционного исследования для решения природоведческих задач : Материалы 4 сессии Научно-координационного совещания по аэрокосмическим исследованиям природных ресурсов. – Новосибирск, 1986. – С. 73 – 79.

2 Никонов, А.А. Землетрясение на Алтае [Текст] / А.А. Никонов // Еженедельник "География". – 2003. – № 39. – С. 22 – 23.

3 Лукашов, А.А. Геоморфологический анализ при поисках и промышленном освоении рудных месторождений : автореф. дисс. доктора геогр. наук / Лукашов А.А. – М., 1990.

4 Лазаревич, Т.И. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса [Текст] / Т.И. Лазаревич, И.А. Малый, В.А. Ковалев, А.Н. Поляков, А.С. Харкевич, А.Н. Шабаров. – Кемерово: Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр ВНИМИ. Кемеровское Представительство, 2006. – 184 с.

5 СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах [Текст] / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП , 2000.

6 Еманов, А.А. Оценка сейсмической опасности территории юга Кузбасса [Электронный ресурс] / А.А. Еманов, А.Ф. Еманов, К.Г. Кузнецов, Е.В. Лескова, И.С. Новиков, И.В. Сычев, А.В. Фатеев. – http://gs.sbras.ru/filial/asf.

7 Еременко, А.А. Горно-геологические и геомеханические условия разработки железорудных месторождений в Алтае-Саянской складчатой области [Текст] / А.А. Еременко, В.А. Еременко, А.П. Гайдин. – Новосибирск, 2009. – 224 с.

8 Лобанова, Т.В. Оценка природного и техногенного воздействия на сдвижение блочного массива Таштагольского месторождения [Текст] / Т.В. Лобанова, Е.В. Васильева // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Тр. Всероссийской конф. с участием иностранных ученых. – Новосибирск: Изд. ИГД СО РАН, 2010. – С. 234 – 239.

УДК 519.6

СИНТЕЗ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ОДНОРОДНОМ ИЗОТРОПНОМ МАССИВЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГРАВИТАЦИИ

[1]Цветков А.Б., [2]Фрянов В.Н.,

1 – Новокузнецкий филиал-институт КемГУ, г. Новокузнецк,

2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В статье получена формула для вычисления перемещений, возникающих в однородном массиве горных пород под действием гравитации. Результаты вычислений по формуле сравнивались с численным решением смешанной краевой задачи Ламе для области прямоугольной формы.

Для однородного массива вертикальные напряжения σ_y на глубине **y** вычисляются по формуле, полученной А.Н. Динником [1]:

$$\sigma_y = \rho g y, \tag{1}$$

где ρ -плотность массива; g - постоянная.

Величина σ_y также вычисляется по формуле [2]:

$$\sigma_y = \lambda(v'_y + u'_x) + 2\mu v'_y, \tag{2}$$

где λ и μ - постоянные Ламе; u - горизонтальные перемещения u(x,y); v - вертикальные перемещения v(x,y); v'_y - производная от вертикальных перемещений v; u'_x - производная от горизонтальных перемещений u.

Пусть для однородного массива выполняется условие $u'_x = 0$.

Подставим $u'_x = 0$ в формулу (2):

$$\sigma_y = \lambda v'_y + 2\mu v'_y. \tag{3}$$

В данном случае σ_y – функция одной переменной y. Для нахождения перемещений v приравняем напряжения в формулах (2) и (3). После подстановки получается дифференциальное уравнение:

$$-\rho g y = (\lambda + 2\mu) v'_y. \tag{4}$$

Общее решение (4) имеет вид:

$$v(y) = \frac{-\rho g y^2}{2(\lambda + 2\mu)} + C, \tag{5}$$

где C – произвольная постоянная.

При условии равенства нулю перемещений v на глубине H массива из общего решения следует:

$$C = \frac{\rho g H^2}{2(\lambda + 2\mu)}. \tag{6}$$

После подстановки С в общее решение, формула для вычисления вертикальных перемещений v для однородного массива примет вид:

$$v(y) = \frac{\rho g}{2(\lambda + 2\mu)}(H^2 - y^2). \qquad (7)$$

За счет выбора граничных условий и учета массовых сил численное решение краевой задачи Ламе для области прямоугольной формы хорошо согласуются со значениями, вычисленными по формуле [7]. Расположение расчетной области относительно системы координат показано на рис. 1.

Рис. 1. Расчетная область Ω

Смешанная краевая задача была решена методом конечных разностей [3] в следующей постановке. Найти вектор перемещений U=(u,v), u=u(x,y), v=v(x,y), удовлетворяющий внутри прямоугольника Ω системе дифференциальных уравнений Ламе:

$$\begin{cases} \mu\left(u''_{xx} + u''_{yy}\right) + (\lambda + \mu)\left(u''_{xx} + v''_{xy}\right) = 0, \\ \mu\left(v''_{xx} + v''_{yy}\right) + (\lambda + \mu)\left(u''_{xy} + v''_{yy}\right) + \rho g h = 0 \end{cases} \qquad (8)$$

и граничным условиям: на сторонах прямоугольника x=0, x=800, y=0 и y=600, заданы нулевые горизонтальные перемещения: u(0,y)=0, u(800,y)=0, u(x,0)=0, u(x,600)=0; на сторонах x=0, x=800 производные $v'_x(x,y)$ равны нулю: $v'_x(0,y)=0$, $v'_x(800,y)=0$; на верхнем основании $\sigma_y(x,0)=0$; на нижнем основании v(x,600)=0. Физико-механические свойства были заданы следующие: ρ=2600 кг/м^3, E=2,6·10^4 МПа, коэффициент Пуассона ν=0,28.

Результаты сравнения численного и аналитического решений для вертикальных перемещений v приведены на рис. 2. Точками показаны значения вертикальной компоненты перемещений для численного решения краевой задачи, а сплошной тонкой линией для аналитического решения. По вертикальной оси отложены перемещения в метрах, а по горизонтальной глубина в метрах. Из рис. 2 видно, что на глубине 600 метров вертикальные перемещения равны нулю, что соответствует нулевому граничному условию по этой компоненте вектора перемещений на нижней границе расчетной области. На дневной поверхности перемещения составляют v(x,0)≅1,4 метра. Относительная погрешность для численного решения по сравнению с аналитическим решением составила около 1%.

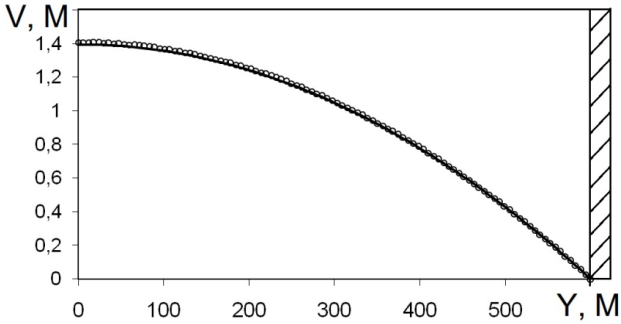


Рис. 2. Сопоставление аналитического и численного решений

На рис. 3 а, б приведены результаты моделирования напряжений σ_x и σ_y. По вертикальной оси откладываются координаты y, а по горизонтальной оси координаты x точек. Сплошными тонкими линиями показаны линии уровня напряжений. Напряжения приведены в МПа. Знак минус соответствует сжимающим напряжениям, а знак плюс растягивающим.

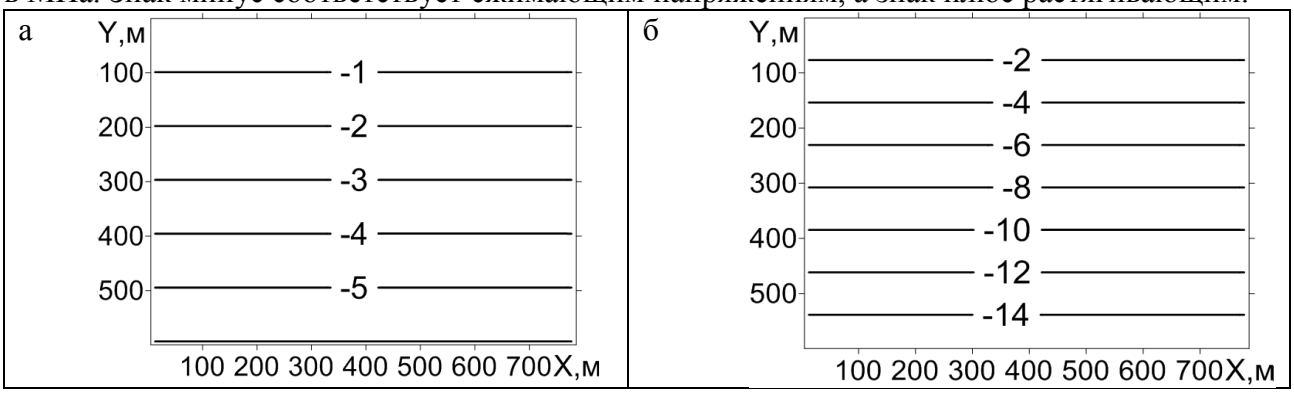


Рис. 3. Линии уровня напряжений МПа: а – напряжений σ_x, б – напряжений σ_y

Из рисунков 3 а, б видно, что значения сжимающих напряжений σ_x и σ_y увеличиваются по линейному закону при увеличении глубины. Значения напряжений постоянны на заданной глубине. Такое распределение напряжений во вмещающей толще соответствует модели Динника [1,2]. Значения напряжений σ_x для всей расчетной области отличаются от напряжений σ_y на коэффициент бокового отпора $\nu/(1-\nu)=0{,}389$, где заданный для расчетной области ν коэффициент Пуассона равен 0,28.

Из полученных результатов видно, что напряжения по модулю возрастают с увеличением глубины. Весь массив представляет собой область сжатия. Относительная погрешность численного решения по сравнению с аналитическим решением составляет около 1%.

Выводы

1. В работе получено аналитическое решение, которое позволяет вычислять величины перемещений в однородном изотропном массиве при действии гравитации. Аналитическое решение может быть получено для любых значений вертикальной компоненты вектора перемещений на нижней границе за счет выбора постоянной.

2. Подобраны граничные условия для краевой задачи Ламе, при которых полученное численное решение хорошо согласуется с вычислениями по предложенной авторами формуле.

3. Проведенное исследование относится к одному из этапов построения математической модели для решения актуальной научно-практической задачи прогноза параметров напряженно-деформированного состояния при разработке паспортов выемочных участков угольных шахт. На следующих этапах планируется модификация аналитического решения для предварительной настройки математической модели на основе шахтных наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ
по государственному заданию № 5.3832.2011

Список литературы

1. Динник А.Н. Статьи по горному делу. [Текст] / А.Н. Динник - М.: Углетехиздат, 1957.

2. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. [Текст] / А.А. Борисов - М.: Недра, 1980. - 360с.

3. Рихтмайер Р. Разностные методы решения краевых задач. [Текст] / Р. Рихтмайер, К. Мортон - М.: Мир, 1972. - 414с.

УДК 622.272:622.33

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Корнев Е.С., Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.
Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк

Система разработки угольных месторождений – это определенный порядок проведения подготовительных и очистных выработок в пределах выемочного поля, участка, столба. Условия залегания угольных месторождений весьма разнообразны, поэтому выбор системы разработки зависит от ряда геологических, геомеханических, технических и организационных факторов, определяющих эти условия [2].

К основным факторам, влияющим на геомеханические параметры систем разработки угольных месторождений, относятся: форма залегания пластов в недрах, их мощность, угол падения, строение; свойства угля и вмещающих пород; газоносность и водоносность месторождения; склонность пластов к горным ударам, внезапным выбросам угля и газа и самовозгоранию; расстояние между смежными пластами угля; глубина разработки; порядок отработки пластов и другие. С учетом указанных факторов разработаны различные классификации систем разработки. Один из вариантов классификации [2] приведен на рис 1.

Выделяют следующие виды систем разработки с длинными очистными забоями: сплошная система разработки, столбовая система разработки и комбинированная система разработки (табл. 1).

Общим недостатком для всех систем разработки с длинными очистными забоями является применение выемочных полей правильной геометрической формы.

Наиболее полно соответствующая требованиям частичной отработки с элементами эффективной выемки предохранительных целиков и участков угольных пластов сложной геометрической формы является система разработки с короткими очистными забоями [3].

Группа систем разработки с короткими забоями характеризуется, длиной очистных забоев не более 20 м. Как правило, системы разработки с короткими забоями применяются при отработке пологих, наклонных и крутых пластов мощностью от 1,5 до 3,5 м, с устойчивой кровлей, залегающих на глубине до 300 м, при газоносности не более 10 м^3/т, а также на пластах, не опасных по горным ударам.

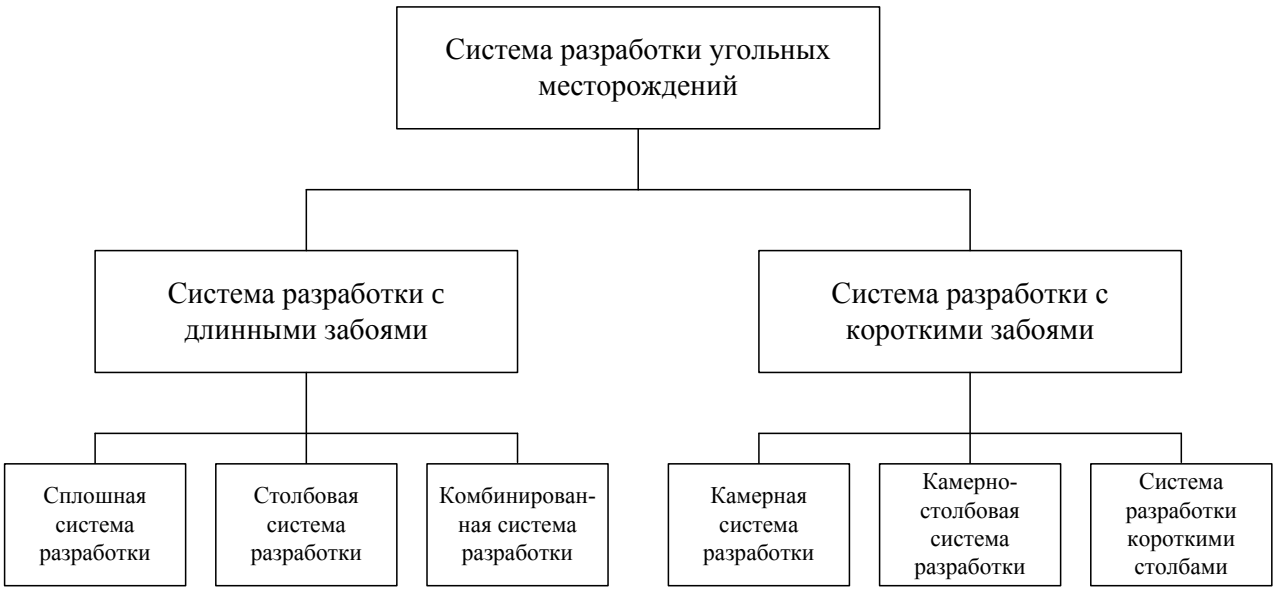


Рис. 1. Классификация систем разработки угольных месторождений

Таблица 1

Системы разработки с длинными очистными забоями [1, 2]

Название системы разработки	Сущность системы разработки	Достоинства системы разработки	Недостатки системы разработки
Сплошная система разработки	Система разработки, при которой очистные работы в пределах этажа, выемочного поля, участка или яруса ведут одновременно с проведением выемочных выработок, незначительно опережающих в пространстве очистные забои	Достоинства: – быстрый ввод очистных выработок в работу; – не большие первоначальные затраты на подготовку выемочного участка; – тупиковые выработки небольшой длины; – возможность применения различных способов охраны подготовительных выработок	Недостатки: – сложность поддержания выемочных выработок и большие затраты на их ремонт; – отсутствие предварительной разведки пласта подготовительными выработками; – ограничения нагрузки на лаву по газовому фактору; – взаимное влияние очистных и подготовительных работ
Столбовая система разработки	Система разработки, характеризующаяся независимым ведением очистных и подготовительных работ в пределах выемочного поля	Достоинства: – хорошее состояние выемочных выработок и малые затраты на их поддержание; – использование высокопроизводительной техники для очистных и подготовительных работ; – возможность своевременного выявления геологических нарушений; – возможность погашения выемочных выработок частями по мере подвигания очистных забоев; – возможность изоляции очагов пожара, возникших в результате самовозгорания угля, оставшегося в выработанном пространстве	Недостатки: – проведение большого объема подготовительных выработок до начала очистных работ; – трудность проветривания подготовительных забоев в период проведения выработок; – необходимость поддержания подготовительных выработок как в период их проведения, так и во время производства очистных работ
Комбинированная система разработки	Система разработки, которая представляет собой комбинацию элементов и признаков сплошной и столбовой систем разработки или комбинацию двух систем разработки	Достоинства комбинированной системы разработки парными штреками: – быстрое развитие фронта очистных работ; – эффективное проветривание лав; – небольшие потери угля, из-за отсутствия целиков, охраняющих выемочные штреки Достоинства комбинированной системы разработки одинарными лавами по падению (восстанию): – уменьшение объема заранее проводимых подготовительных выработок; – почти полное устранение потерь угля в целиках;	Недостатки комбинированной системы разработки парными штреками: – неполное использование фронта очистных работ; – интенсивное воздействие горного давления на штреки и их сопряжения с лавой Недостатки комбинированной системы разработки одинарными лавами по падению (восстанию): – трудность проветривания тупиковой части забоя; – сложность доставки оборудования в лаву

Схема одного из вариантов системы разработки короткими очистными забоями приведена на рис. 2.

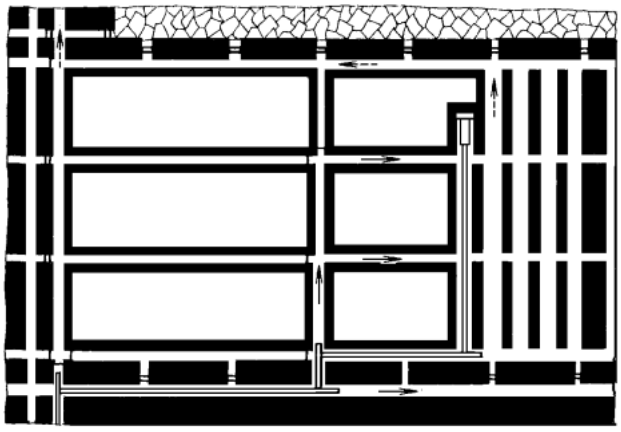


Рис. 2. Вариант системы разработки короткими очистными забоям [1]

К достоинствам систем разработки с короткими очистными забоями можно отнести: возможность применения на выемочных участках сложной геометрической формы, отсутствие трудоемкого процесса управления кровлей, возможность применения самоходной высокопроизводительной техники, обусловленной наличием бесстоечного рабочего пространства с непрерывной выемкой угля, возможность увеличения нагрузки на участок за счет ввода в одновременную работу нескольких камер, высокие технико-экономические показатели, в том числе производительности труда [1].

К недостаткам систем разработки с короткими очистными забоями можно отнести: большие потери угля (до 40% и более), наличие тупиковых забоев, плохие условия проветривания, высокая пожароопасность, связанная с окислением оставшихся целиков угля в выработанном пространстве и их раздавливанием.

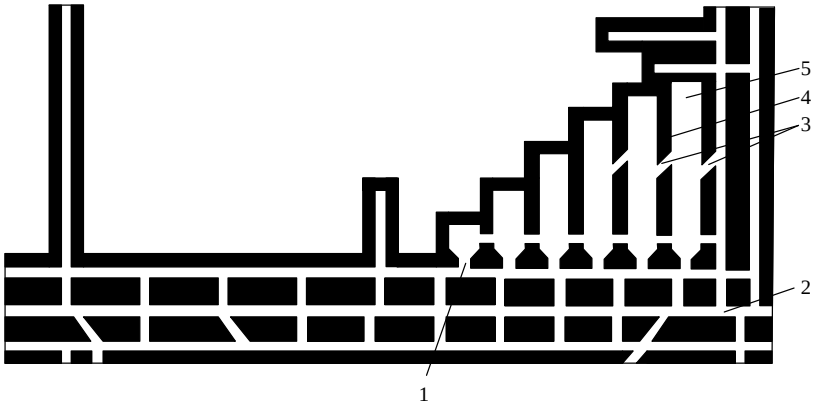
Выделяют следующие виды систем разработки с короткими очистными забоями: камерные системы разработки, камерно-столбовые системы разработки и системы разработки короткими столбами (табл. 2).

Таблица 2

Системы разработки с короткими очистными забоями [1, 2, 3]

Название системы разработки	Основной элемент системы разработки	Сущность системы разработки	Геомеханические параметры системы разработки	Достоинства системы разработки	Недостатки системы разработки
Камерная система разработки	Камера	Выемка угля при камерной системе разработки производится в камерах таких размеров, при которых обеспечивается естественное поддержание кровли от обрушения пород	Параметры системы разработки: – ширина междукамерных целиков 2-15 м; – ширина межучастковых целиков 5-30 м; – ширина камеры 4-15 м; – длина камеры 50-200 м – размер выемочного участка 200-500 м; – число одновременно отрабатываемых камер 2-4	Достоинства: – высокая производительность выемочных участков; – малый расход крепежных материалов; – низкая энергоемкость; – простота организации работ и управления кровлей	Недостатки: – значительные потери полезного ископаемого (40-50%); – высокая пожароопасность
Камерно-столбовая система разработки	Длинный столб, подготовленный к выемке узкой камерой	Очистная выемка угля при камерно-столбовой системе разработки производится первоначально в камерах, после чего междукамерные столбы отрабатывают в обратном направлении	Параметры системы разработки: – ширина камеры 4-12 м; – ширина междукамерных столбов 6-15 м; – длина камер и столбов 50-200 м; – размер заходки 2,5-14 м	Достоинства: – общие для систем разработки с короткими очистными забоями; – потери угля ниже, чем у камерных систем	Недостатки: – увеличение времени на маневровые операции при перегоне комбайна из одной заходки в другую; – более низкая производительность труда; – сложность проветривания
Система разработки короткими столбами	Короткий столб	Выемочные столбы при использовании системы разработки короткими столбами дополнительно разбиваются нарезными выработками на квадратные участки – короткие столбы	Параметры системы разработки: – размер коротких столбов 10-40 м; – ширина камер и сбоек 2,5-6 м; – количество одновременно отрабатываемых столбов 2-3; – размер заходки 2,5-14 м; – размер выемочного участка 100-500 м; – размер подзавальных целиков 1-2; – ширина целика между выемочными участками до 50 м	Достоинства: – высокая производительность труда; – низкая трудоемкость по управлению кровлей; – постоянный и высокий уровень добычи угля	Недостатки: – большой объём нарезных работ; – потери угля в недрах (до 40%); – трудности проветривания глухих забоев

Пример камерной системы разработки на пологих пластах приведен на рис. 3.



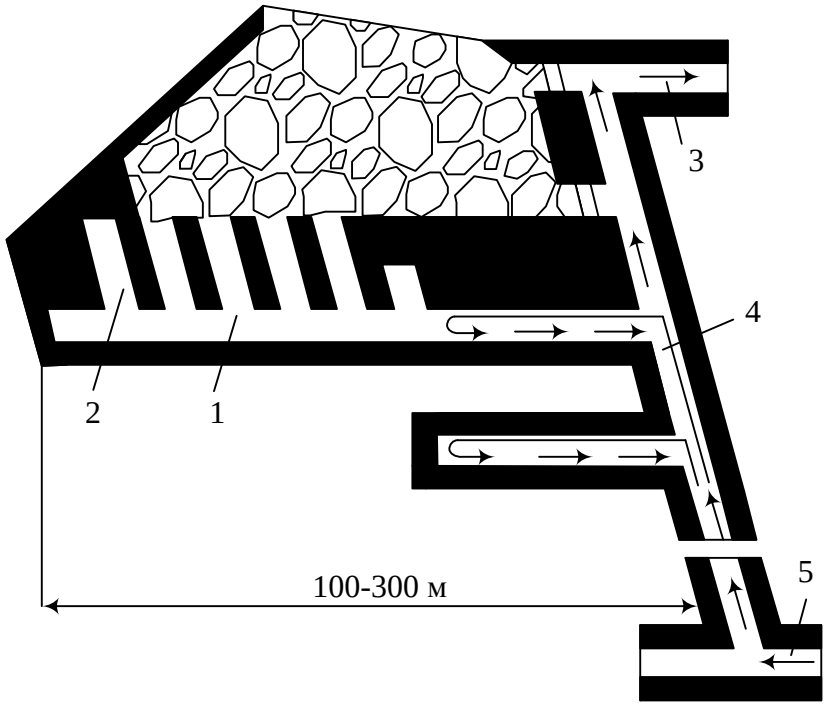
1 - горловина; 2 - главный штрек; 3 - междукамерные вентиляционные сбойки; 4 - междукамерный целик; 5 - камера

Рис. 3. – Камерная система разработки на пологих пластах [2]

Область применения камерной системы разработки – пологие, наклонные и крутые пласты в основном с устойчивыми боковыми породами с глубиной залегания до 300 м, средней мощностью пласта и газоносностью не более 10 $м^3/т$. При наличии в кровле менее устойчивых пород камеры закрепляют анкерами, реже индивидуальной стоечной крепью.

Камерная система разработки получила широкое распространение в США, Канаде, Австралии и ЮАР. На долю этой системы в США приходится около 63%, ЮАР – 58%, Австралии – 53% всей подземной добычи угля.

Пример камерно-столбовой системы разработки на пологих пластах приведен на рис. 4.



1 - камеры; 2 - заходка; 3 - вентиляционный штрек; 4 - бремсберг; 5 - откаточный штрек

Рис. 4. Камерно-столбовая система разработки на пологих пластах [2]

Область применения камерно-столбовой системы разработки – пологие и наклонные пласты средней мощности при устойчивых кровлях. Глубина разработки до 500 м.

Камерно-столбовая система разработки получила распространение в США (до 30% подземной добычи угля), Канаде и Австралии.

Пример системы разработки короткими столбами приведен на рис. 5.

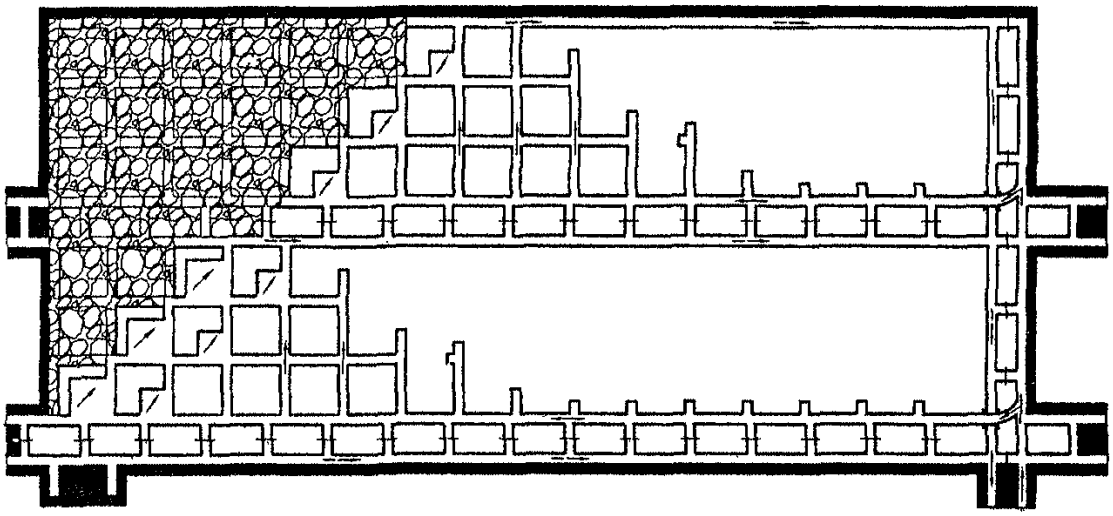


Рис. 5. Система разработки короткими столбами [2]

Область применения система разработки короткими столбами – пласты горизонтального и пологого залегания, при устойчивых породах кровли.

Система разработки короткими столбами широко используется в угольной промышленности США, Канады, Австралии.

Выбор той или иной системы разработки короткими забоями, а также технологии очистных работ зависит от ряда горно-геологических и горнотехнических факторов, к основным из которых следует отнести устойчивость пород кровли и склонность к пучению почвы пласта, прочностные свойства угля, глубина разработки, газоносность, мощность и угол падения пласта (табл. 3).

Таблица 3

Горно-геологические и горнотехнические факторы

Признак	Камерная система разработки	Камерно-столбовая система разработки	Система разработки короткими столбами
Устойчивость пород кровли	Устойчивые породы	Породы средней устойчивости	Породы средней устойчивости
Пучение пород почвы	Весьма склонные к пучению	Средней склонности к пучению	Средней склонности к пучению
Прочность угля	Выше 8 МПа	Выше 10 МПа	Выше 10 МПа
Глубина разработки	До 300 м	До 300 м	До 500 м
Газоносность	До 10 $м^3$/т	До 13 $м^3$/т	До 13 $м^3$/т

Наибольшее распространение имеет система разработки короткими столбами.

Камерная система позволяет обеспечить высокие технико-экономические показатели в тех случаях, когда непосредственно над пластом залегают устойчивые и весьма устойчивые породы. Это позволяет снизить потери угля за счет увеличения пролетов камер и уменьшения ширины междукамерных целиков. При менее устойчивых породах эффективность камерной системы снижается.

Камерно-столбовую систему разработки обычно применяют при породах кровли средней устойчивости. Система предопределяет высокую эффективность очистных работ в тех случаях, когда отработка межкамерных столбов происходит без крепления кровли в заходках.

При склонности к пучению пород почвы применение короткозабойных технологий является затруднительным из-за нарушения эксплуатации нарезных выработок. Эффективность в таких ситуациях напрямую зависит от темпов ведения очистных работ в камерах и погашения целиков. В то же время хорошие результаты могут быть получены при сокращении длины очистных выработок и ширины междукамерных целиков.

Прочностные свойства угля в значительной степени предопределяют размеры целиков. При низкой крепости углей камерная и камерно-столбовая системы разработки, с одной стороны, являются малоэффективными ввиду больших размеров целиков или усложнения технологии работ, а с другой – небезопасными из-за интенсификации отжима и разрушения краевых частей целиков. Более безопасные условия могут быть обеспечены при использовании системы разработки короткими столбами.

Увеличение глубины разработки приводит к росту проявлений горного давления, в результате чего усиливается напряженное состояние целиков. В таких условиях безопасность работ обеспечивается увеличением ширины целиков или уменьшением пролетов камер.

Мощность пласта, при современном развитии техники, практически не является ограничивающим фактором для распространения систем разработки короткими забоями. Однако, ввиду упрощения технологии очистных работ, наилучшие показатели достигаются при разработке пластов с вынимаемой мощностью от 0,9 до 4,5 м.

Эффективное ведение очистных работ при расположении камер по восстанию-падению ограничивается углом падения пласта 16-20°. При больших углах необходимо применять системы разработки с диагональным расположением камер или с проведением камер

по простиранию с диагональным расположением заходок при погашении междукамерных целиков.

Ввиду интенсивного выделения газа из обнаженных поверхностей пласта, главным образом из боков выработок, системы разработки короткими забоями на пластах с большой газоносностью применяют весьма редко. Снижение влияния газовыделений достигается только при использовании таких технологий, при которых осуществляется проветривание выработок за счет общешахтной депрессии.

Таким образом, на основе проведенного анализа наиболее адаптивной для условий Кузбасса является камерная система разработки. Геомеханические процессы в углепородном массиве в окрестности камер и угольных целиков являются объектом исследования в последующих работах авторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ
по государственному заданию № 5.3832.2011

Список литературы

1. Бондаренко В.И. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / В.И. Бондаренко, А.М. Кузьменко, Ю.Б. Грядущий, О.В. Колоколов, В.В. Харченко, Н.М. Табаченко, В.Н. Почепов. – Днепропетровск, 2002. – 730 с.

2. Пучков Л.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов. В 2 т. Т. 1. / Л.А. Пучков, Ю.А Жежелевский. – М.: «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2009. – 562 с.

3. Страданченко С.Г. Технология отработки околоствольных целиков / С.Г. Страданченко, В.И. Сарычев, И.И. Савин. – Новочеркасск: изд-во ж. «Изд. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2004. – 128 с.

УДК 622.831.3

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ ГОРНЫХ МАШИН С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА

Черных Н.Г.
ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк

Рассматривая проблему создания горнопроходческой техники будущего, автор исходил, прежде всего, из того, как сократить многообразие горных машин для проведения горных выработок в системе «ШАХТА» и «УЧАСТОК», исключить выпуск горных машин, имеющих ограниченную область применения, уменьшить металлоемкость забойного оборудования на единицу извлекаемой продукции, разработать универсальные адаптивные агрегаты.

Необходимость этого обусловливается прежде всего объемами проведения выработок различного назначения. Так, например, при сбалансированном уровне развития производства в стране, в т.ч. угольной промышленности, в 80-е годы подготовительных выработок было пройдено – 59,8 %, из них вентиляционных штреков – 16,8 %, транспортных – 29,6 %, уклонов – 6,2 %, бремсбергов – 4,1 %, скатов – 0,8 %, прочих штреков – 2,3 %, вскрывающих выработок было пройдено 6,5 % от объема подготовительных работ, в том числе:

стволов вертикальных – 0,11 %,
стволов наклонных – 0,2 %,
штолен – 2,9 %,
околоствольных выработок – 0,3 %,

квершлагов – 2,6 %,
наклонных выработок – 0,4 %,
из них:
квершлагов – 0,3 %,
гезенков – 0,1 %.

Приведенные данные показывают, что нет необходимости создавать для каждого вида выработки свою горную машину, ввиду их малого объема.

Разработанные комплексы для системы «ШАХТА»: стволопроходческие комплексы ПД-2, «Союз-19» для горизонтальных выработок по породе, КН-5Н «Кузбасс» для наклонных выработок по восстанию, для наклонных выработок по падению «Сибирь» и др. не нашли широкого применения ввиду малого объема горных выработок, для которых они созданы, особенно в пределах одного шахтного поля.

Отсутствие универсальности применяемого оборудования в плоскости пласта (система «УЧАСТОК») зачастую приводит к необходимости доразведки подготавливаемой лавы для мощного добычного комплекса специальным проходческим оборудованием, что не всегда оправдано.

Таким образом, в настоящее время отсутствует конструкция горной машины, соответствующая всем основным требованиям и средствам проведения серии горных выработок.

Накопленный опыт по созданию горных машин обусловливает необходимость проведения оценки качества разрабатываемых, прошедших промышленные испытания и серийных проходческих комбайнов, комплексов, агрегатов по функциональному критерию, функциональному показателю качества конструкций (ФПК), уровню необходимого технологического обеспечения проведения выработок в системе «ШАХТА» [1-2].

Как было показано ранее, предлагаемый функциональный показатель качества (ФПК) конструкций и горных машин является обобщенным показателем, который может быть использован для обоснования основных принципов идентификации и классификации горнопроходческой техники, систематизации ее функциональных параметров и выявление технологических погрешностей, например, при проведении горнопроходческих и очистных работ в системах «УЧАСТОК» и «ШАХТА».

Принимая в качестве основных технологических задач разрушение массива, удаление продуктов разрушения за пределы контура выработки, сохранение устойчивости обнаженных поверхностей и проветривание обнаженного пространства в пределах заданного срока эксплуатации выработки, можно определить функциональный показатель качества (ФПК) комбайнов, комплексов и агрегатов. В качестве базового принимаем комбайн ГПКС и способ разрушения путем непосредственного воздействия инструмента рабочего органа на массив как наиболее широко распространенного. Полученные результаты приведены в журнале «Уголь» за 1999г. №2 [3].

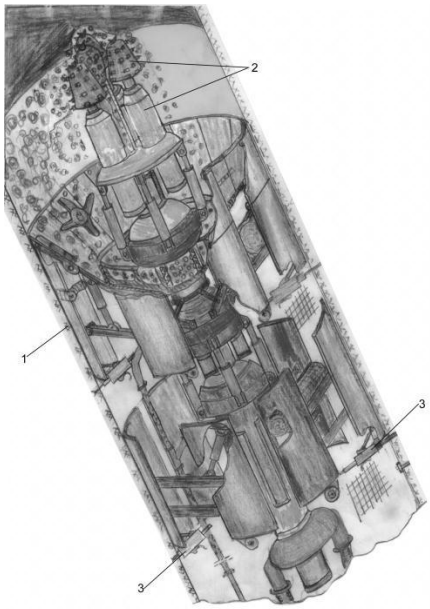
Из полученных результатов видно, что экспериментальные комплексы КПК-7, КНК-6, КН-5Н при их незначительной модернизации и агрегаты АП и АПУЧ имеют более высокий показатель качества, чем проходческие комбайны Копейского машзавода типа ГПКС и фирмы ANDERSON: соответственно, 0,32; 0,4; 0,44; 0,46; 0,9 против 0,27; 0,29.

Показатель качества, близкий или равный единице, соответствует функциональному высшему показателю качества горной машины, в которой в основном решены все вопросы проведения всей серии горных выработок в подземной среде с ее многообразными горно-геологическими условиями в пределах шахтного поля.

Показатель качества К = 1 означает, что горная машина соответствует современному уровню развития науки и техники, обеспечивает максимальный экономический эффект при использовании ее в подземной среде, обладает конкурентоспособностью, платежеспособным спросом.

В качестве горной машины с функциональным показателем качества К≈1, по мнению автора, является модернизированный проходческий агрегат Н.Г.Черных (АПЧ) [4] с усовершенствованным исполнительным органом сколо-дробяще-всасывающего типа по патенту РФ

2000г. [5], с формированием крепления непосредственно в забое горной выработки по способу из патента РФ 2000г. [6] и патента РФ 2001г. «Универсальный проходческий агрегат» [7] изображен на прилагаемом чертеже (рис.1) и схема его использования при строительстве шахт за 1-2 года (рис. 2).



1 - Агрегат проходческий универсальный (патент на изобретение №21722836 от 27.08.2001г.); 2 - Исполнительный орган (патент № 2159851 от 27.11.2000г.); 3 - Способ возведения штанговой крепи (патент №2157454 от 10.10.2010)

Рис. 1. Проходческий агрегат Н.Г.Черных (а.с. 787640 от 14.08.1980г)

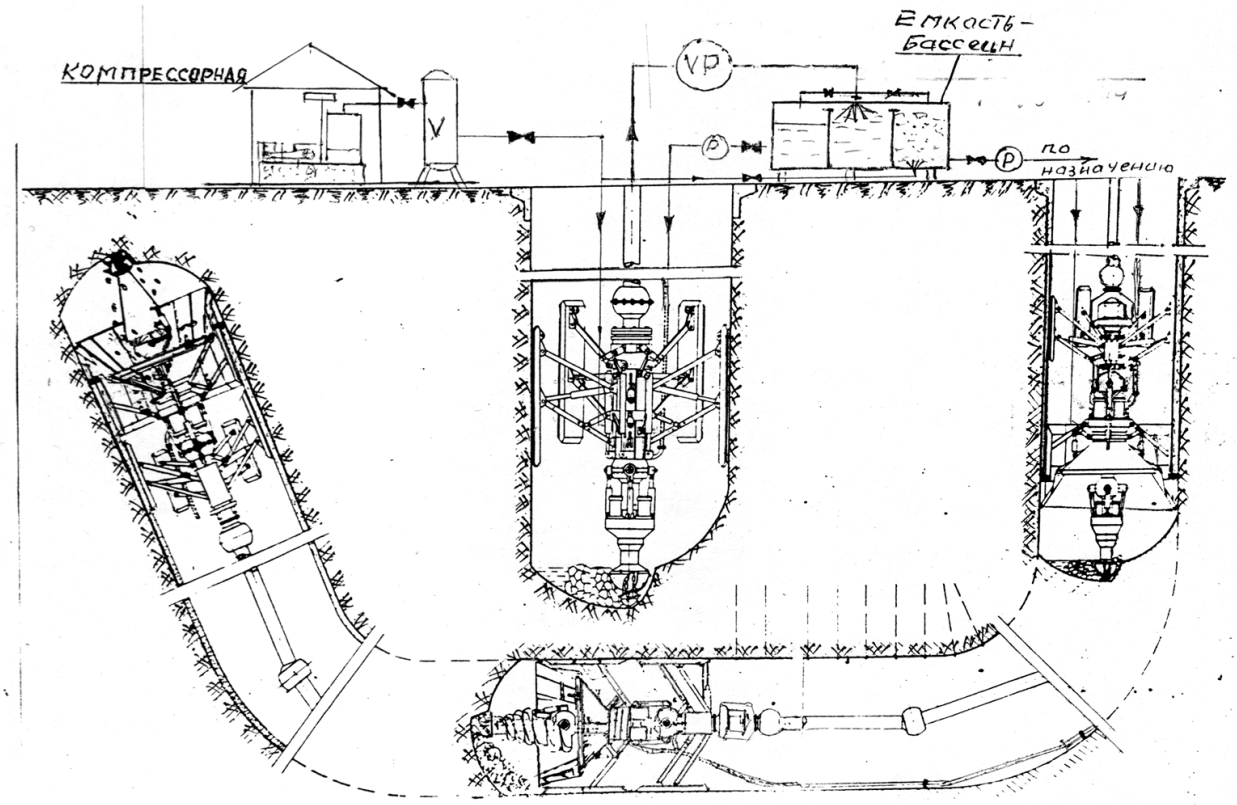


Рис. 2. Проходческий агрегат Н.Г. Черных, а.с. № 781343, опубликованное 25.07.1980г. Мертвая петля под землей для системы «Шахта», при проведении серии горных выработок. Возможные положения

Техническая характеристика АПУЧ

Наибольший размах стрелы, м:	
по ширине	6
по высоте	6
ниже уровня почвы	0,5
Габаритные размеры в транспортном положении, мм:	
по ширине	1500
по высоте	1500
по длине	10000
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	660
Усилие подачи на забой, тс	160
Номинальная мощность электродвигателей исполнительного органа, кВт (2х110)	220
Номинальная мощность электродвигателей дробящего устройства, кВт	110
Номинальная мощность электродвигателя гидросистемы, кВт	110
Номинальная мощность транспортного средства в пределах агрегата, кВт	110
Скорость транспортирования горной массы, м/с	2
Скорость проведения выработки сечением 15 $м^2$ при анкерном креплении, по углю, м/ч	6-10
м/смену	50
Количество бурстанков для анкерного крепления	6
Тип анкеров	одноразовые «штанга-анкер» (труба)
Общая масса, т	80

Список литературы

1. Черных Н.Г. Основные направления совершенствования проходческих комбайнов, комплексов и агрегатов // Уголь, 1999. -№1. – С.19-23.

2. Черных Н.Г. Основные направления совершенствования проходческих комбайнов, комплексов и агрегатов. (окончание) // Уголь, 1999. - №2.– С.9-11.

3. Черных Н.Г. Основные требования к созданию горных машин с учетом функционального показателя качества // Уголь, 1999. - №2.– С.72-76.

4. Авторское свидетельство №787640.Проходческий агрегат Н.Г.Черных/ Н.Г.Черных. - Бюл. № 46, 1980.

5. Патент РФ № 2159851. Исполнительный орган / Н.Г. Черных.- Бюл. № 33.- 2000.

6. Патент РФ № 2157454. Способ возведения штанговой крепи / Н.Г. Черных.- Бюл. № 28.- 2000.

7. Патент РФ № 2172836. Универсальный проходческий агрегат / Н.Г. Черных, А.С. Чижик, А.Я. Франк. – Бюллетень № 24, 2001.

УДК 622.831.3

ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И БЛОКИ ПКО-1 И ПОБЧ ДЛЯ СИСТЕМЫ «УЧАСТОК»

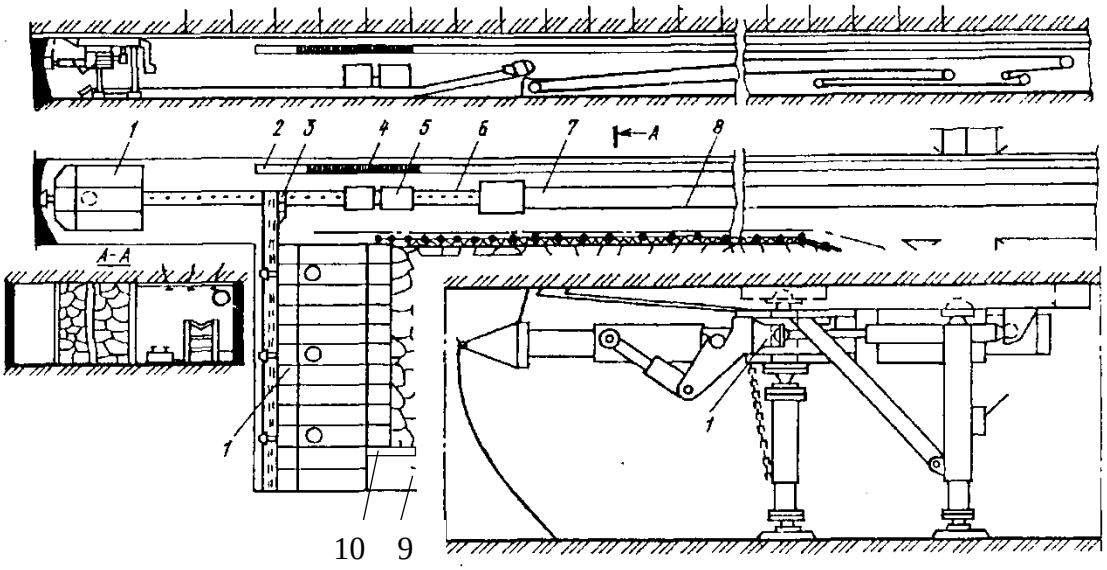
Черных Н.Г.

ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк

Проведенные успешные испытания образцов новой горнопроходческой техники (КН-5Н «Кузбасс», КНК-6, КПК-7, АП-1, АП-2, АП-4) подтвердили широкую область примене-

ния проходческих комплексов с комбинированным и распорно-шагающим механизмом передвижения, что позволило перейти к созданию более совершенных и универсальных по области применения проходческо-очистных комплексов ПКО-1 и проходческо-очистных блоков ПОБЧ [1,2,3].

Комплекс ПКО-1 (рис.1) может применяться как при проведении выработок, так и при очистной выемке, и состоит из исполнительного стреловидного органа, центрального и боко вых перекрытий из секций механизированной крепи с опорными стойками и домкратами передвижки, гидропривода и пульта, управления. Центральная секция является опорой, на которой посредством поворотного механизма установлена рама, шарнирно связанная с боковыми секциями-перекрытиями.



1 – проходческо-очистной комплекс; 2,4 – аккумулятор вентиляционных труб; 3 – приводная головка конвейера; 5 – энергостанция; 6 – перегружатель с погрузочным устройством; 7, 8 – ленточный конвейер; 9 – просек; 10 – органная крепь

Рис. 1. Проведение выработки проходческо-очистным комплексом ПКО-1:

В качестве временной крепи приняты секции очистной механизированной крепи М-81 или М-130. В комплексе ПКО-1 структурные связи между подсистемами «ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ», «ТРАНСПОРТ» и «ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ» упрощены в более общую систему высшего ранга, включающую и обобщающую указанные подсистемы.

Исходные данные технологической схемы (рис.2)

Мощность пласта, м……..	*5*
Ширина выработки (уклонов), м……	*4,5*
Скорость движения очистного забоя (блока), м/мин……..	*0,2(1м.-5мин)*
Скорость продвигания очистного забоя, м/час ……	*12*
Добыча угля составит, т/м……	*128,7*
Продвигание за сутки при 20 час., м……	*240*
Суточная добыча, т/сут……	*30888*
Годовая добыча при 323 раб.днях, т/год……	*1млн/год*

1. Металлоемкость, т с ПОБЧ

1. 1ЛУ-120 L = 200м = 40т
2. 1Л-100 L = 1000м =30т
3. ПСП – 18 L =60м = 22т
4. Комбайн К-500- 2шт – 20т

2. Металлоемкость в 200метровой лаве

1. Секции крепи М – 171 вес – 12т
2. Количество секций, шт……..133
3. Общий вес, т ……..1500
4. Конвейер «Анжера», длина, м - 200

5. Секция крепи ПОБЧ 12шт по 8т = 96т	*5. Вес конвейера «Анжера», т ……..80*
6. Забойный конвейер – 5т	*6. Комбайн К-500, т……..20*
7. Энергопоезд – 10т	*7. Перегружатель с дробилкой, т……..30*
	8. Ленточные конвейера, т ……..70
Итого – 223т на 1 млн.т.	*Итого – 1820т на 1 млн.т. угля*
Всего ≈ 250т	*Проходческое оборудование – 180т*
	Всего ≈ 2000т

Металлоемкость для добычи одного млн. тонн угля с применение проходческо-очистного механизированного комплекса (блока) уменьшается в 8 раз (2000 : 250 = 8).

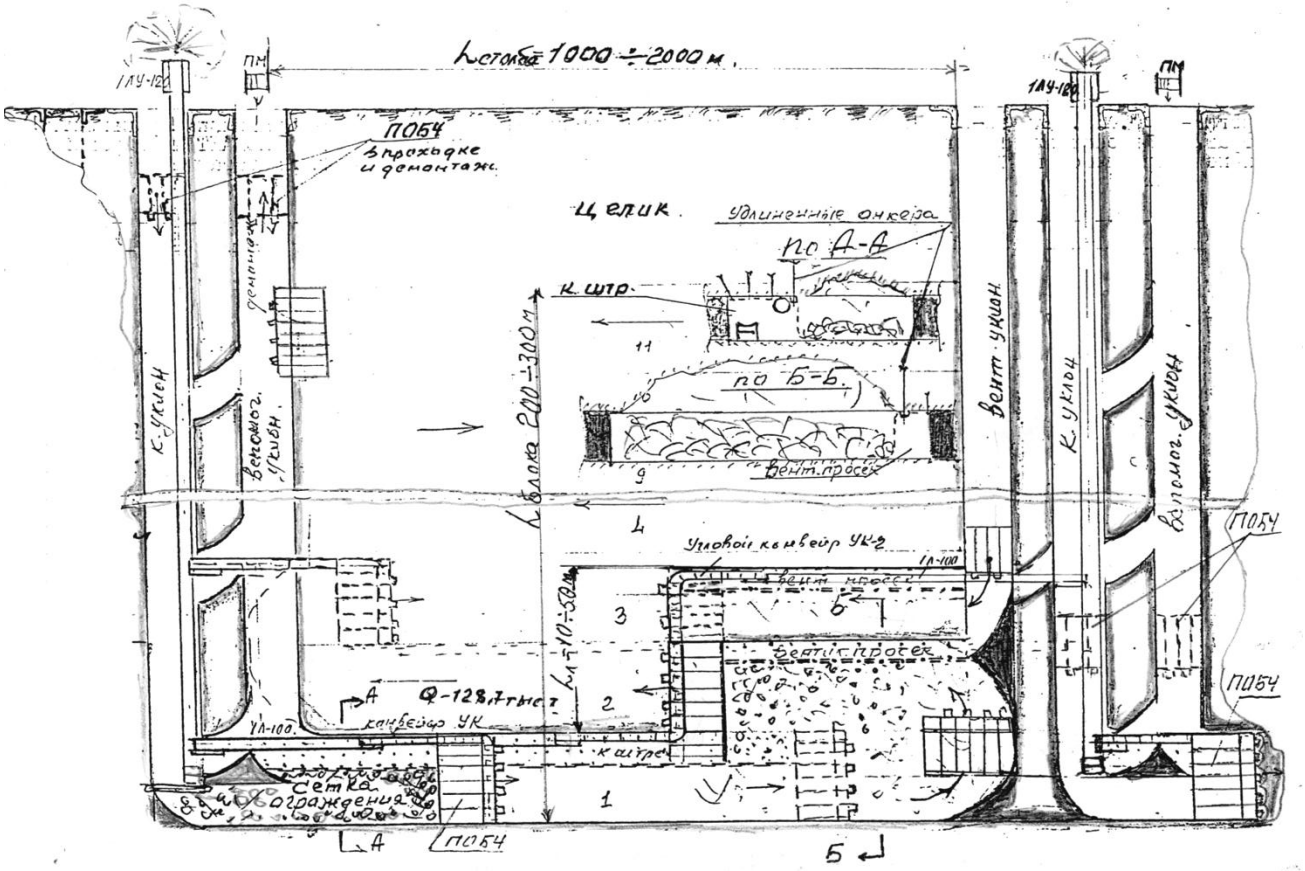


Рис. 2.Технологическая схема отработки уклонного блока в 1-2млн.т.

Резюме.

1. При ПОБЧ на 1т угля приходится – 0,25 кг металла.
2. При длинных столбах по простиранию с применением механизированных комплексов с крепью М-171 приходится 2 кг металла на 1 т угля.
3. У Стаханова в 1936г. на 9 кг отбойного молотка приходится 102 т угля или на 1 т – 88 грамм, или меньше чем при ПОБЧ – в 2,8 раза, а при длинной лаве в 22,7 раза.

Одна из главных задач - научиться добывать дешевый уголь, начиная с металлоемкости в системе «ШАХТА».

Проходческо-очистной механизированный блок ПОБЧ (рис.3) предназначен для механизации проходческо-очистных работ в едином конструктивном исполнении на пластах мощностью от 1,2 до 12 м с углом падения от 0 до 90° короткими и длинными лавами при традиционном и нетрадиционном виде транспорта.

Рекомендуемая технология проведения выработок и очистной выемки показаны на рис.4.

Блок обеспечивает механизацию отбойки, погрузку, транспортировку горной массы и немедленную установку анкерной крепи во время разрушения забоя.

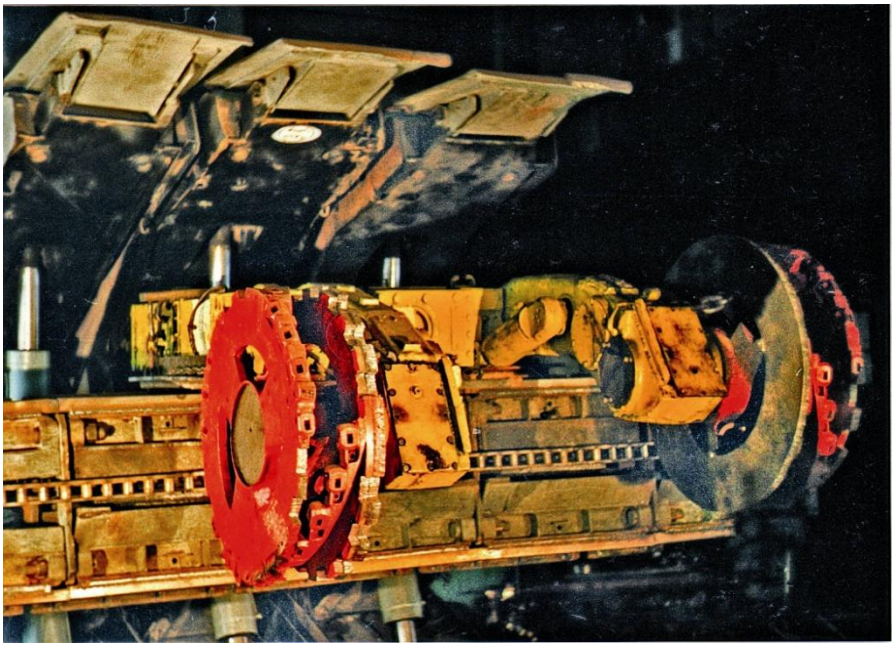
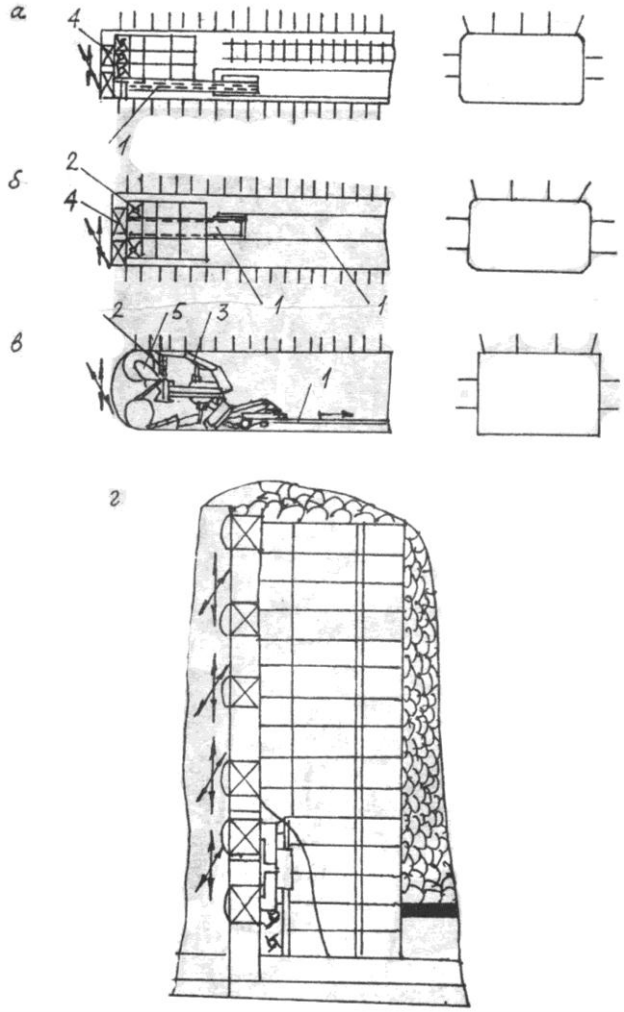


Рис. 3. Проходческо-очистной механизированный блок в стадии изготовления.
Патент №2172410 от 10.06.2000г. (ПОБЧ-2)



1 – забойный конвейер; 2 – бурильный станок; 3 – секции механизированной крепи;
4 – отбойные коронки исполнительного органа 5

Рис. 4. Технология проведения выработок (а,б,в) и очистной выемки (г) с использованием проходческо-очистных механизированных блоков ПОБЧ

При проведении горной выработки и очистной выемки по пласту обеспечивает поточную технологию путем совмещения всех операций проходческого цикла, равного длине телескопической части ленточного конвейера, или суточным темпа продвижения забоя.

Проходческо-очистной блок нового технического уровня отличается компоновочным решением установки серийно выпускаемых секций механизированной крепи, очистного комбайна, средств транспорта, крепления и кинематически взаимосвязан со вспомогательным штрековым оборудованием, как при проведении горных выработок, так и при очистной выемке, исключая монтажно-демонтажные работы на стыке двух технологий.

В настоящее время разработаны две модификации проходческо-очистных блоков.

Техническая характеристика ПОБЧ

	ПОБЧ-1	ПОБЧ-2
Площадь сечения выработки, м^2	6-100	17-240
Вынимаемая мощность пласта, м	1,2-7	3,5-12
Номинальная мощность электродвигателей		
исполнительного органа, кВт	1х140	2х140
углового конвейера, кВт	55	110
гидросистемы, кВт	55	95
Тип бурильных установок	гидробур «НМЗ», ЭБГП-2	
Количество бурильных установок, шт.	6	6
Тип анкеров	сталеполимерные, труба «штанга-анкер»	
Скорость проведения выработки при сечении 20 м^2, м/ч	6	10
Производительность техническая, т/мин	5	10
Количество секций крепи в одном блоке:		
одинарных, шт.	3	
сдвоенных в вертикальной плоскости, шт.	6	6
Вынимаемая ширина одного блока, м	4-6	4-6
Производственная мощность, т/мес		
в лаве длиной 90 м, т/мес.	1млн.	1 млн.
в лаве длиной 30 м, т/мес	700 тыс.	700 тыс.
Длина телескопической части штрекового конвейера, м	50	50
Скорость проведения выработки, м/сутки	50	50
Металлоемкость забойного оборудования на добычу		
1 млн. т при короткозабойном методе, т	250	350
Энерговооруженность на 1 м^2 площади забоя, кВт	15	25
Масса блока с забойными коммуникациями при		
мощности пласта 3 м и ширине выработки 5 м, кг	50000	70000

Предлагаемый проходческо-очистной механизированный блок имеет следующие отличительные особенности:

− секции механизированной крепи совмещены в вертикальной плоскости в несколько рядов и объединены общей рамой каждого ряда, которая является опорой комбайна с исполнительным рабочим органом с поворотным устройством;

− секции крепи, расположенные у почвы и кровли пласта, совмещены зеркально;

− рама состоит из шарнирно-взаимосвязанных частей и снабжена выдвижной балкой-опорой;

− части рамы выполнены полыми, снабжены входными окнами с гидроэжекторами и выдвижным телескопом;

− транспортирующее устройство выполнено для маломощных пластов в виде шнекозарубного устройства каждого блока, для пластов средней мощности в виде загребающих лопастей вращательного действия, на мощных пластах в виде углового конвейера;

− козырьки секций крепи снабжены кронштейнами для установки бурильных машин и кассет для рулонной затяжки, узлом для фиксированного размещения загребающих лопастей;

− выдвижная балка-опора состоит из отрезков, равных частям рамы (ширине секций крепи), шарнирно взаимосвязанных, и снабжена комбайновым движителем;

− универсальный горный комбайн на базе существующих очистных комбайнов для проходки горных выработок и для очистной выемки.

Такое выполнение проходческо-очистного блока позволяет унифицировать горношахтное оборудование в плоскости пласта (в системе «УЧАСТОК»), т.е. применять оборудование как для проведения горных выработок, так и для очистной выемки. Кроме того, увеличивается область применения механизированных комплексов по вынимаемой мощности пласта, по пластам с углом наклона от 0 до 90°, уменьшается металлоемкость шахты по забойному оборудованию, увеличивается производительность по добыче в лаве, обеспечивается переменный клиренс комбайнам и совмещается отбойка, погрузка с немедленным анкерным креплением, как в лаве, в зоне геологических нарушений, так и при проведении выработки с постоянным анкерным креплением с перетяжкой кровли рулонной затяжкой.

Одновременная работа в нескольких зонах лавы увеличивает эффективность использования секций механизированной крепи, отпадает необходимость в длинных лавах, что обеспечивает полноту извлечения запасов шахтного поля, как благоприятных, так и неблагоприятных, возможность использования как традиционного, так и нетрадиционного транспорта. Кроме всего прочего, повышается эффективность пылеподавления не вдоль забоя, а от забоя, в отработанное пространство.

В настоящее время в Кузбассе выпускаются комплексы типа КМ-138, КМ-144, КМ-171 заводом «Юрмаш» (г. Юрга) и КМ-130 заводом им. И.С. Черных (г. Киселевск), подготавливается выпуск проходческо-добычного комбайна ПДК на заводе «Юрмаш».

Как очистные комплексы, так и проходческо-добычной комбайн ПДК имеет ограниченную область применения. Функциональный показатель качества выпускаемой техники находится в пределах 0,3, а их использование в условиях Кузбасса возможно только на участках с 20 % запасов, остальные 80 % запасов ими не охвачены. В то же время, не представляется трудоемким на базе существующих очистных комплексов осуществить реализацию проходческо-очистных блоков, обладающих функциональным показателем качества 0,9, область применения которых многократно превышает ранее достигнутые показатели горных машин.

В ПОБЧ-3 при одноэтажном расположении секций крепи для отбойки горной массы можно использовать шнековый рабочий орган существующих очистных комбайнов [4]. Так например известны механизированные крепи с очистными комбайнами [4], которые применяются только для добычных работ, применяются для проведения горных выработок из невозможности размещения комбайна в забое горной выработки, отсутствует унификация проходческо-добычного оборудования, применяемого в плоскости угольного пласта.

Известны комбайны унифицированного ряда с симметрично расположенными концам корпуса машины шнеками, электродвигателями, редукторами, механизмами подачи, опорными лыжами с захватами (прототип), но в таком исполнении комбайн невозможно применять при проведении горной работки узким ходом (длина комбайна больше ширины необходимой выработки, например при нарезке лав).

Предлагаемый горный комбайн отличается тем, что корпус выполнен из двух симметричных половин, снабжен расположенными в плоскости симметрии и по его концам узлами связи, размещенными со стороны завала с возможностью взаимного разворота обеих частей

корпуса в горизонтальной плоскости относительно расположенного в плоскости симметрии узла связи, а шнеки снабжены с завальной стороны кольцом с гнездами для установки резцов.

Такое выполнение позволяет унифицировать комбайн, расширить область применения как для очистной выемки, так и для проведения горных выработок.

На рис.5. изображен горный комбайн при очистной выемке; на рис.6. – горный комбайн при проходке [5].

Горный комбайн (рис.5.) состоит из исполнительного органа, состоящего из двух шнеков 1, 2 одинакового диаметра, закрепленных на корпусе комбайна механизмов подачи 3, 4, электродвигателей 5, 6, завальных лыж 7, 8 и забойных лыж 9, 10. Узлы корпуса комбайна расположены симметрично. В плоскости симметрии со стороны завала корпус снабжен шарниром 11, позволяющим складывать обе половины корпуса комбайна параллельно друг другу в горизонтальной плоскости.

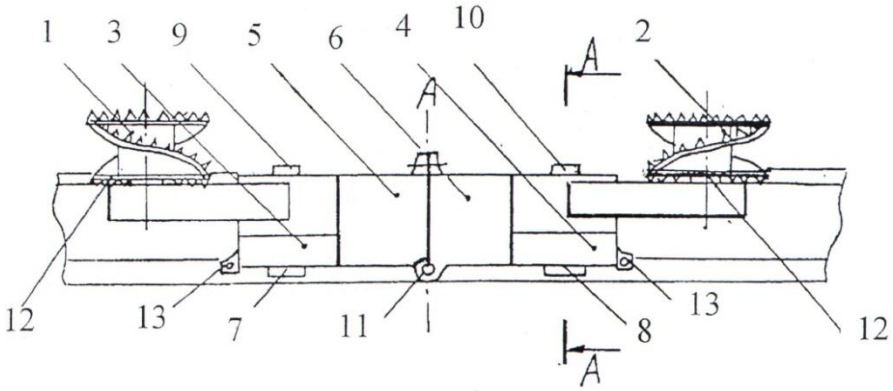


Рис. 5. Горный комбайн. Патент №2203415 от 27.04.2003

В сложенном виде (рис.6.) шнеки, механизмы подачи, электродвигатели параллельны симметричны относительно продольной оси Б, шнеки сориентированы в этом случае перпендикулярно линии забоя, а комбайн используется для проведения горных выработок. Шнеки комбайна с обеих сторон снабжены резцами, для чего с завальной стороны снабжены кольцом с гнездами для установки резцов, позволяющих производить отбойку горной массы торцевыми частями шнеков при возвратно-поступательном перемещении комбайна вдоль забоя. Концевые узлы связи 13 фиксируют половинки корпуса замковыми соединениями, например, в виде клина или на болты.

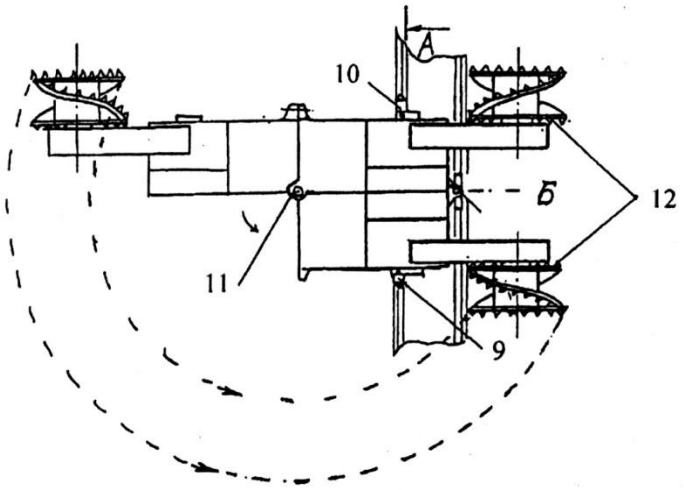


Рис. 6. Горный комбайн. Патент №2203415 от 27.04.2003

При использовании горного комбайна для проходки горных выработок работа производится следующим образом. Шнеки, получив вращательное движение электродвигателей, при подаче домкратами передвижки конвейера на забой (комбайн расположен на конвейере,

например угловом) самозарубаются в линии забоя с корпусами поворотных редукторов, затем попеременно перемещаются вдоль и поперек забоя с помощью механизма подачи комбайна и гидроцилиндров поворотных редукторов, стенки выработки при этом гладкие с прямым углом к основанию. В процессе перемещения комбайна и снятия полосы, например у кровли, шнеки перемещаются к почве пласта при одновременном смещении вдоль забоя и так до конца выемки всей полосы по всей площади забоя, затем цикл повторяется.

Перемещение комбайна на забой осуществляется домкратами передвижки секций крепи, выполняющих функции временной крепи и механизма передвижения комбайна на забой. По окончании проведения, например конвейерного штрека при системе разработки длинными столбами по простиранию обратным ходом, комбайн с секциями крепи разворачивают на 90° для проведения монтажной камеры, ширина которой в 1,5-2 раза шире конвейерного штрека. Проходка монтажной камеры увеличенной ширины также осуществляется этим же комбайном за счет добавления рештаков конвейера забойной части, например углового конвейера, на необходимую ширину. После проведения монтажной камеры рештаки конвейера секции крепи разворачивают на 90°, а комбайн раскладывают в положение для очистной выемки в лаве обратным ходом, для чего замок узел связи 13 раскрывают по концам корпуса и разворот осуществляют на шарнире 11 в плоскости симметрии. С завальной стороны шнеков снимают кольцо 12, препятствующее при очистной выемке выгрузке горной массы.

Достигнута унификация забойного оборудования как при проведении горных выработок по пласту, так и для отработки пласта. Уменьшаются на стыке двух технологий монтажные и демонтажные работы, обеспечивается проведение горных выработок с временной крепью в виде секций мехкрепи, обеспечиваются гладкие стенки (борта) выработки под прямым углом к почве выработки.

Переход горного комбайна из проходческого положения в очистное осуществляется за счет взаимного разворота обеих частей корпуса относительно шарнира, расположенного в плоскости симметрии с завальной стороны. Опорные завальные лыжи сохраняют свое прежне положение, позволяющее за счет сферических соединений кронштейнов с лыжами комбайну занять необходимое положение согласно разворота полукорпусов комбайна. Раскладывание комбайна из сложенного положения после проведения монтажной камеры осуществляется разворотом его первоначально на пройденную часть горной выработки, а затем производится разворот комбайна шнеками на забой лавы.

Складывание и раскладывание производится соответствующими переносными силовыми цилиндрами относительно секций крепи и борта выработки.

Для применения комбайнов на мощных пластах с увеличенным клиренсом, когда элементы корпуса комбайна расположены на общей раме с опорными лыжами, процедура складывания и обратно половинок корпуса комбайна упрощается, так как происходят на общей раме с последующим сокращением рамы или удлинением на величину вставки, длина которой обусловлена шириной двух половинок корпуса комбайна в сложенном виде.

Таким образом, оборудование при проходке горных выработок используется и для очистной выемки. Достигнута унификация забойного оборудования в плоскости пласта. Доставка забойного очистного оборудования осуществлена путем использования этого оборудования при проведении горных выработок. Обеспечивается непрерывность процесса отработки пласта одним и тем же забойным оборудованием. Уменьшается металлоемкость забойного оборудования.

Выполненные расчеты показывают, что при работе с применением проходческо-очистного комплекса, нагрузка на проходческий забой будет составлять 10000-15000 т/сут, а на очистной забой 20000-30000 т/сут. При этом количество секций крепи на шахтах с нагрузкой 2 млн. т уменьшится в три раза, а металлоемкость забойного оборудования, применяемого при проведении выработок и очистной выемке, снизится в 3-4 раза. Перевод такой шахты на отработку проходческо-очистными комплексами обеспечит годовую экономию в 150-300 млн. рублей.

Список литературы

1. Авторское свидетельство №608926. Проходческий комплекс / Н.Г.Черных, В.М. Ерпылев, В.С. Евсеев. - Бюллетень № 20, 1978.
2. Черных Н.Г. Основные направления совершенствования проходческих комбайнов, комплексов и агрегатов // Уголь, 1999. - №1.– С.19-23.
3. Черных Н.Г. Основные направления совершенствования проходческих комбайнов, комплексов и агрегатов // Уголь, 1999. - №2. – С.9-11.
4. Машины и оборудование для угольных шахт. Справочник. М.: Недра,1987. – 123 с.
5. Патент РФ №2203415. Горный комбайн / Н.Г.Черных, Б.М. Ефременко и др. Бюллетень № 12, 2003.

УДК 658.011.46: 622

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕМОНТАЖА ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТА-ПЛАСТ

Ульянов В.В., Ремезов А.В.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Одним из главных условий достижения максимальной производительности механизированных комплексов является сокращение нерабочего времени по добыче угля.

Основные непроизводственные затраты рабочего времени происходят за счет длительного (до двух-трех месяцев) демонтажа мехкомплекса из выработанного забоя в новый забой. За счет применения мобильной высокопроизводительной техники и подготовки к демонтажу мехкомплекса эти затраты времени можно сократить до двух-трех недель, что и делается в зарубежных шахтах США, Германии и т. д.

В связи с большим числом возможных вариантов технологических схем монтажно-демонтажных работ (МДР) перед разработчиком стоит задача сужения числа возможных вариантов, до необходимого и эффективного минимума обеспечивающих рациональный выбор. Это обеспечивается:

- типом комплекса, который должен быть монтирован/демонтирован (определяет транспортные средства, размеры камеры);
- мощностью пласта, на котором ведется монтаж/демонтаж и она напрямую связана с типом комплекса;
- видом преобладающих транспортных средств на шахте (можно использовать старые транспортные коммуникации или вводить новые виды транспорта);
- конкретикой горно-геологических условий шахта-пласта, на которой производится перемонтаж;
- наличием специалистов по разработке эффективных технологических схем перемонтажа очистного механизированного комплекса (ОМК) в пределах шахта-пласта (влияет на качество технологической семы перемонтажа, и ее соответствие конкретным условиям).

Эффективность МДР зависит от выбора эффективной схемы и механизации МДР, где одним из важнейших элементов является транспорт (доставка) оборудования, мобильными средствами, исключающими применение травмоопасных средств в виде различных лебедок.

В последнее время широкое применение находит монорельсовый транспорт и мобильные тягачи-краны. Его достоинства определяют его как современный, высокоэффективный вид транспорта.

Кроме монорельсового транспорта при перемонтажах механизированных комплексов в последнее время в России начал применяться пневмоколесный и гусеничный транспорт зарубежного производства. Вполне естественно, что для конкретных условий, да и практиче-

ски это присутствует на всех шахтах, в том числе и на перемонтажах применяются комбинированные технологические схемы доставки оборудования. Каждый вид транспорта имеет свои достоинства и недостатки, что автоматически переносится в разрабатываемые технологические схемы перемонтажа.

Разработка технологической схемы МДР на базе применения комбинированных средств транспорта, очевидно, будет сложнее разработки схемы на одном виде транспорта. Во-первых, требуется нахождение таких транспортных средств, которые соответствуют друг другу по пропускной способности, производительности, нормам обслуживания, т. к. любое значительное отклонение параметров одного вида транспортных средств от другого, вызывает слабость схемы и нерациональное использование техники.

Сравнение технологических схем вариантов перемонтажа, по большому счету, это конкретная задача, в конкретных условиях, и поэтому универсальной «самой лучшей» технологической схемы перемонтажа нет, т. к. все схемы разрабатываются и работают в конкретных условиях. Следовательно, проектировщик должен разрабатывать лучшую схему для конкретных условий.

Рассматривая процесс перемонтажа с позиций полного цикла эксплуатации ОМК, определяется значимость данного этапа, который оказывает существенное влияние на эффективное функционирования очистного механизированного комплекса, что достигается решением следующих задач:

1. Оптимизация времени эксплуатации очистного механизированного комплекса в пределах шахта - пласта.

2. Сокращение числа перемонтажей за счет размеров выемочного столба.

2. Применение эффективных мобильных современных средств сокращения времени на единицу перемонтажа мехкомплекса.

4. Повышение качества планово-предупредительных ремонтов.

5. Определение оптимально-допустимой нагрузки на очистной забой.

6. Определение эффективного режима работы комбайна (эффективная скорость резания, оптимальный коэффициент машинного времени, рациональное время цикла и т.п.).

7.Снятие ограничений по газовому фактору (заблаговременная предварительная дегазация, эффективные схемы проветривания и т.п.)

8. Оптимизация всех затрат на эксплуатацию очистного механизированного комплекса.

9. Выбор рациональной технологии подготовки демонтажной камеры.

10 Согласования производительности отдельных машин и механизмов, входящих в КМЗ.

Эффективность использования ОМК в пределах шахта-пласта, есть функция эффективности времени работы, разгрузки, монтажно-демонтажных работ, погрузки, пусконаладочных работ, горно-геологических условий и других факторов, имеющих существенное влияние на процесс угледобычи.

Резюмируя, можно утверждать что, в каждом конкретном случае разработки технологической схемы перемонтажа надо изыскивать и реализовывать резервы времени в технологических операциях, и, следовательно, на каком уровне будет решен вопрос оптимизации, таким будет и уровень прогрессивности технологической схемы, и экономический эффект от ее внедрения.

Список литературы

1. Ульянов, В. В. Разработка технологических схем перемонтажа очистных механизированных комплексов для обеспечения ритмичности их работы и повышения эффективности использования в границах шахта-пласта / В. В. Ульянов, А. В. Ремезов, С. В. Новоселов. - Кемерово: КузГТУ, 2011. - 166 с.

УДК 622.224.031

МНОГОШТРЕКОВАЯ ПОДГОТОВКА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Севостьянов Ю.К., Ремезов А.В.
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Одной из основных проблем угольной промышленности России является обеспечение конкурентоспособности угля на современном рынке энергоносителей. В настоящее время ведущие отечественные угледобывающие компании переходят на работу по схеме «шахта-лава» с использованием высокопроизводительных комплексов очистного оборудования с охраной участковых подготовительных выработок целиками и применением анкеров в качестве основной крепи. Доказана возможность в горно-геологических условиях шахт Кузбасса работать с нагрузками более 4 млн. т угля в год.

Производственный опыт показывает, что интенсификация очистных работ предопределяет серьезные требования к таким производственным комплексам, как подготовительные работы, поддержание и охрана горных выработок. Все это определяет актуальность работы, направленной на поиск рациональных способов подготовки выемочных столбов и управления состоянием массива, позволяющим полностью использовать технические возможности современной выемочной техники. Бесцеликовые технологии разработки угольных пластов в условиях Кузбасса для решения этой задачи малоэффективны.

Необходим поиск и реализация принципиально новых технологических решений по подготовке и отработке выемочных участков высокопроизводительным оборудованием. Перспективным решением данной проблемы является применение технологии многоштрековой подготовки выемочных участков, в которой главным вопросом является определение параметров межштрековых целиков.

Мировая практика показывает, что наивысшие показатели работы длинных забоев достигается при применении многоштрековых (две, три или четыре выработки с каждой стороны выемочного столба) схем подготовки выемочных участков. Рекорды производительности – 57 тыс. т/сут. – были установлены в длинных очистных забоях шахт США в благоприятных горно-геологических условиях именно при использовании многоштрековых схем с оставлением неизвлекаемых ленточных целиков.

Применение многоштрековых схем существенно расширяет возможности управления газовыделением на выемочных участках средствами вентиляции, дегазации и изолированного отвода метана, что позволяет снять ограничения нагрузки на забой по газовому фактору, более полно использовать возможности современной выемочной техники.

Если брать в перспективу наивысшие мировые результаты, то при их достижении, показатели нагрузки на забой метановыделения на выемочных участках может достигать 120 м3/мин. Для снятия ограничений нагрузок на забой по газовому фактору в таких условиях будут полностью задействованы средства вентиляции, дегазации и изолированного отвода метановоздушной смеси. Как показали расчеты, проведение двух выработок с каждой стороны выемочного столба недостаточно для эффективного управления газовыделением, а для снятия ограничений нагрузки на забой по газовому фактору необходим переход на подготовку тремя выработками. При этом, также особую актуальность приобретают вопросы обеспечения устойчивости разделенных целиками выемочных выработок.

Для определения влияния целиков на устойчивость выработок были проведены натурные исследования на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» «Полысаевская», «Им. С. М. Кирова», «Талдинская-Западная 1 и 2», а также «Котинская» при отработке пологих пластов мощностью от 1,6 до 4,6 м на глубинах до 400 м. Выемочные участки были подготовлены спаренными выработками с широкими целиками между ними.

Как показали исследования, оставление широких целиков более чем в 20% случаев не обеспечивает устойчивого состояния выработок, где имеют место пучение почвы и разрушение бортов. То есть, ограниченная способность целиков деформироваться под действием

опорного давления лавы в целом ряде случаев приводит к нарушению устойчивости выработок, чего нельзя допустить при работе высокопроизводительных забоев.

Для снижения негативного влияния очистных работ на выемочные выработки следует применять сочетание межштрековых целиков различной степени податливости, соотношение размеров которых устанавливается на основе численной оценки устойчивости системы «целик-выработка-массив».

Исследования, выполненные методом граничных элементов, позволили получить картины распределения напряжений и деформаций вокруг выработок и целиков при различных значениях ширины целиков, их податливости, характера приложения нагрузки (рис. 1).

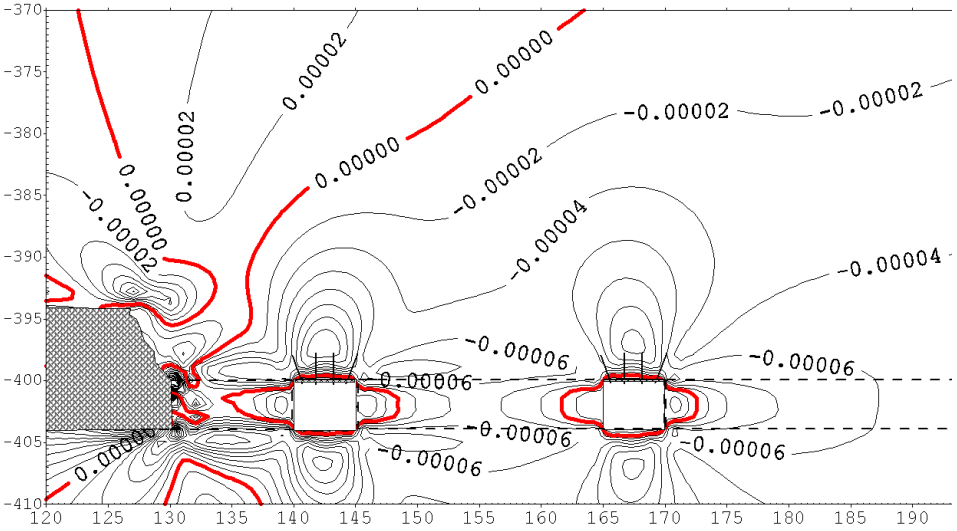


Рис. 1. Поле относительных деформаций ε_X при ширине целиков первого и второго рядов 10 и 20 м соответственно

Экспериментально-аналитическими исследованиями НДС целиков при подготовке выемочных участков тремя штреками установлено, что оставление узкого (примыкающего к лаве) и широкого (со стороны массива) целиков на глубинах до 400 м обеспечивает устойчивость системы «целик-выработка-массив» при варьировании соотношения ширины целиков от 10 м – 10 м до 10 м – 25 м. Устойчивость системы сохраняется также при искусственном увеличении податливости целиков. Необходимая податливость межштрековых угольных целиков для обеспечения устойчивости системы «массив-выработка-целик» должна быть задана сочетанием их геометрических параметров и искусственных мер по упрочнению или разупрочнению. Исследования устойчивости целиков на моделях из эквивалентных материалов показали возможность увеличения их несущей способности с помощью мероприятий по упрочнению в 1,9 раза и изменении коэффициента формы до 2,25.

Внедрение схем подготовки выемочных участков тремя выработками с использованием целиков управляемой податливости позволит увеличить на 30% производительность очистных забоев по пластам средней мощности и почти в 1,5 раза на мощных пластах, что обеспечивает конкурентоспособность угледобычи на шахтах Кузбасса.

Список литературы

1. Ютяев, Е. П. Влияние геомеханических процессов в массиве на выбор параметров технологических схем отработки пологих пластов Ленинск-Кузнецкого месторождения // «Записки Горного института». Т.185, 2010. С.50-55.

2. Шувалов, Ю. В. Работа высокопроизводительных очистных забоев на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» в современных условиях / Шувалов Ю. В., Ютяев Е. П. // Сб. трудов научно-практ. конф. «Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения». Т.1. Воркута, 2009. С. 214-217.

УДК 622.831

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДАХ КРОВЛИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АНКЕРОВ

Никитина А.М, Риб С.В., Борзых Д.М.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В настоящее время объемы применения анкерной крепи для крепления горных выработок на шахтах Кузбасса постоянно возрастают. После установки анкерная крепь сразу же обеспечивает упрочнение массива пород в кровле и боках выработки и активно противодействует развитию смещений и деформаций пород. Преимущества анкерной крепи и огромный опыт её использования позволяют существенно расширить условия её применения, которые отражены в новой редакции «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» (СПб, ВНИМИ, 2000, 2004 г.). Обновлённый нормативный документ будет введён в действие в ближайшем будущем [1]. Однако успешная реализация технологических решений по установке анкерной крепи и хорошее состояние горных выработок в течение всего срока эксплуатации невозможно без научного сопровождения.

Выполненные за последние годы научно-исследовательские работы по взаимодействию анкерных крепей с вмещающими породами подтверждают значимость применения анкерной крепи для крепления горизонтальных и наклонных выработок различного срока службы и назначения. Однако весьма ограничены исследования, направленные на установление закономерностей изменения геомеханических параметров в неоднородных углепородных массивах до и после крепления горных выработок анкерной крепью.

Действующие нормативные и методические документы, как правило, не в полной мере учитывают:

- механизм взаимодействия анкера с вмещающими породами;
- взаимодействие анкеров между собой.

В этой связи необходимо изучить влияние основных природных и техногенных процессов на проявления горного давления с учетом изменения параметров анкерной крепи в горной выработке.

В качестве объекта исследований рассматриваются закономерности распределения напряжений в породах кровли горной выработки.

Для установления закономерностей изменения геомеханических параметров пород в неоднородном углепородном массиве было проведено математическое моделирование численным методом конечных элементов. Этот метод реализуется с помощью алгоритма и программного обеспечения, разработанных на кафедре РПМ в СибГИУ и адаптированных авторами настоящей работы для решения поставленных задач. Адаптированный к задачам настоящей работы пакет программ FRMKERIB предназначен для моделирования процессов изменения смещений, напряжений и деформаций под влиянием природных полей напряжений и горных выработок в углепородном массиве. Авторские компьютерные программы выполнены на языке Фортран - 90 в среде Microsoft Developer Studio.

Алгоритм расчета параметров напряженно-деформированного состояния углепородного массива разработан на основе дифференциальных уравнений механики сплошной среды. Для расчета параметров напряженно - деформированного состояния используется двумерная геометрическая модель размером по горизонтальной оси ОХ - 1000м, а по вертикальной оси ОУ – 450м. Модель включает угольные и породные слои различной мощности. Количество слоев в модели 100, а их мощность меняется от 0,05 до 100м. Количество вертикальных линий на геометрической модели принимается 200 с расстоянием между ними от 0,01 до 100м. Слои значительной мощности делятся на подслои для повышения точности расчета параметров НДС.

Геометрическая модель разделяется на множество конечных элементов (треугольников), глобальная нумерация треугольников последовательная от низа модели вправо- вверх.

Глобальная нумерация узловых точек треугольника осуществляется против часовой стрелки. Вес пород в пределах каждого треугольника распределяется поровну на три вершины.

Для численного эксперимента были выбраны горно-геологические условия и технологическая схема проведения конвейерного бремсберга по пласту VI шахты «Распадская-Коксовая» (Кузбасс). Структура пород кровли пласта и почвы представлена на рис. 1.

Глубина расположения выработки по пласту VI - 400-500м. Ширина горной выработки 6 м, высота 4 м.

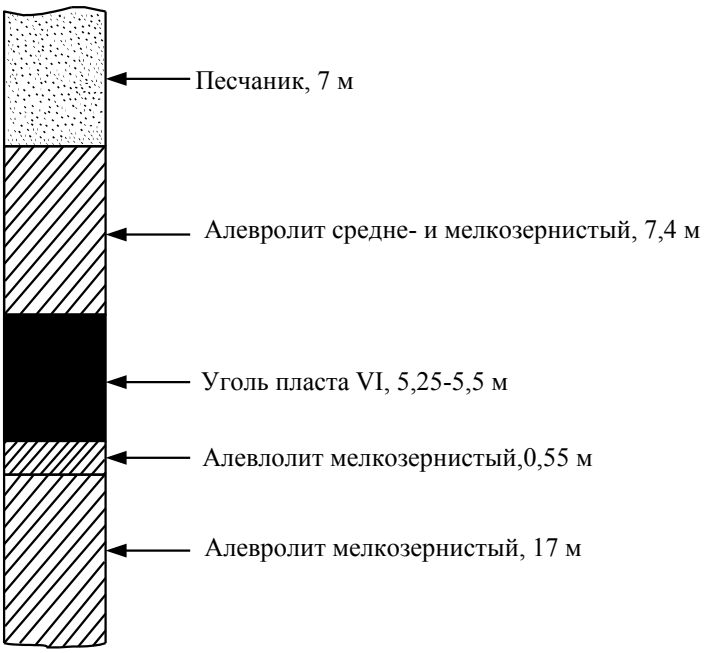


Рис. 1 – Структура пород кровли, пласта и почвы

Пакет программ FRMKERIB состоит из четырёх программ и трёх файлов исходных данных. Для каждого породного слоя или пласта ввод исходных данных по геологической скважине осуществляется из файла **Mkeckw.dat** с преобразованием в машинный вид в файл **Mke100.dat** с помощью программы **Mke2d101.for** , в котором затем корректировались исходные данные: форма и размеры горной выработки, параметры анкерной крепи (размеры скважины для стержня анкера, длина закрепления стержня химическим составом, диаметр стержня, количество анкеров) и др. Параметры анкерной крепи, принимаемые в модели: сталеполимерный анкер, диаметр стержня 20 мм, диаметр скважины 30 мм, длина химического закрепления 0,5 м, длина анкера 2,4 м. При разных схемах расположения анкеров (рис. 2) расстояние между анкерами в ряду составляли: схема “б” – 1,8 м; схема “в” – 0,9 м; схема “г” – 0,9 м, а между срединными 1,8 м; схемы “д” и “е” – 0,9 м.

За начало координат принята точка пересечения вертикальной оси выработки с кровлей отрабатываемого пласта.

Автоматическая дискретизация массива производится в несколько этапов с выделением вначале четырёхугольных зон по напластованиям с последующим делением на треугольники с помощью программы **Mke2d103.for** .

Для оценки качества дискретизации модели на конечные элементы в программе SURFER можно посмотреть результаты счета. На рис. 3 приведен фрагмент дискретизации модели на конечные элементы. В средней части модели размеры конечных элементов приняты с длиной стороны треугольника, равной 10 мм, поэтому на рис. 3 они не отобразились в масштабе. В программах расчета параметров НДС все конечные элементы, независимо от размеров, используются.

Вычисление напряжений, деформаций и смещений осуществляется в программе **Mke2d117.for**. В этой же программе задавалась растягивающая нагрузка на стержни анкеров и сжимающая на опорные шайбы (рис. 4).

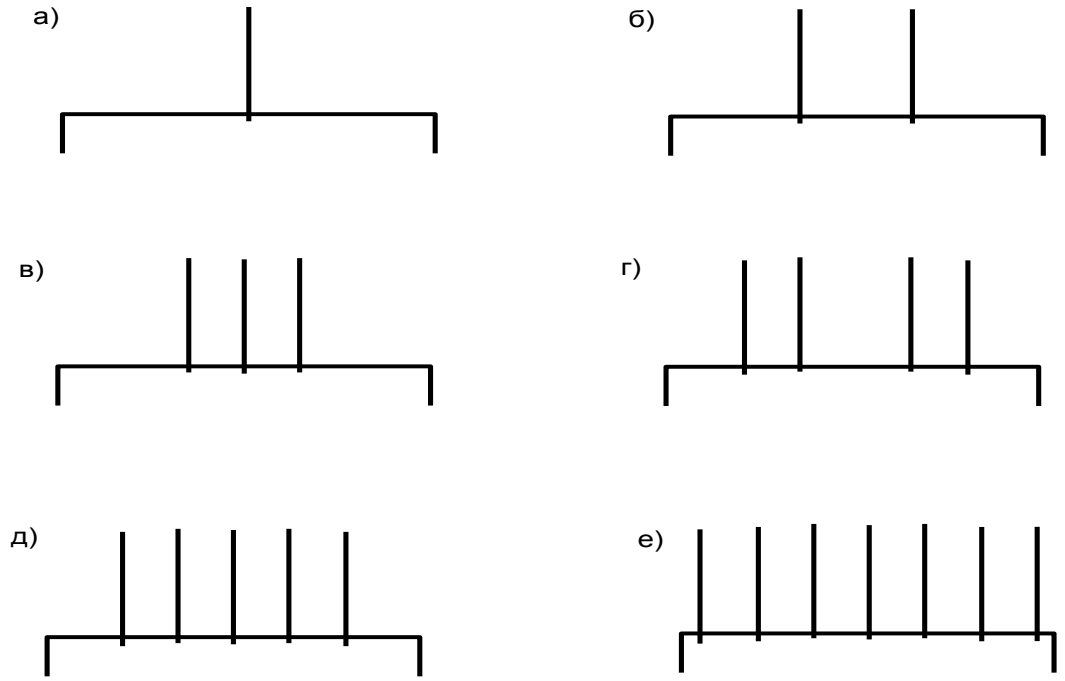


Рис. 2 - Схема расположения анкеров в кровле по ширине выработки при длине закрепления стержня в скважине 0,5 м : а) 1 анкер ; б) 2 анкера; в) 3 анкера; г) 4 анкера; д) 5 анкеров; е) 6 анкеров

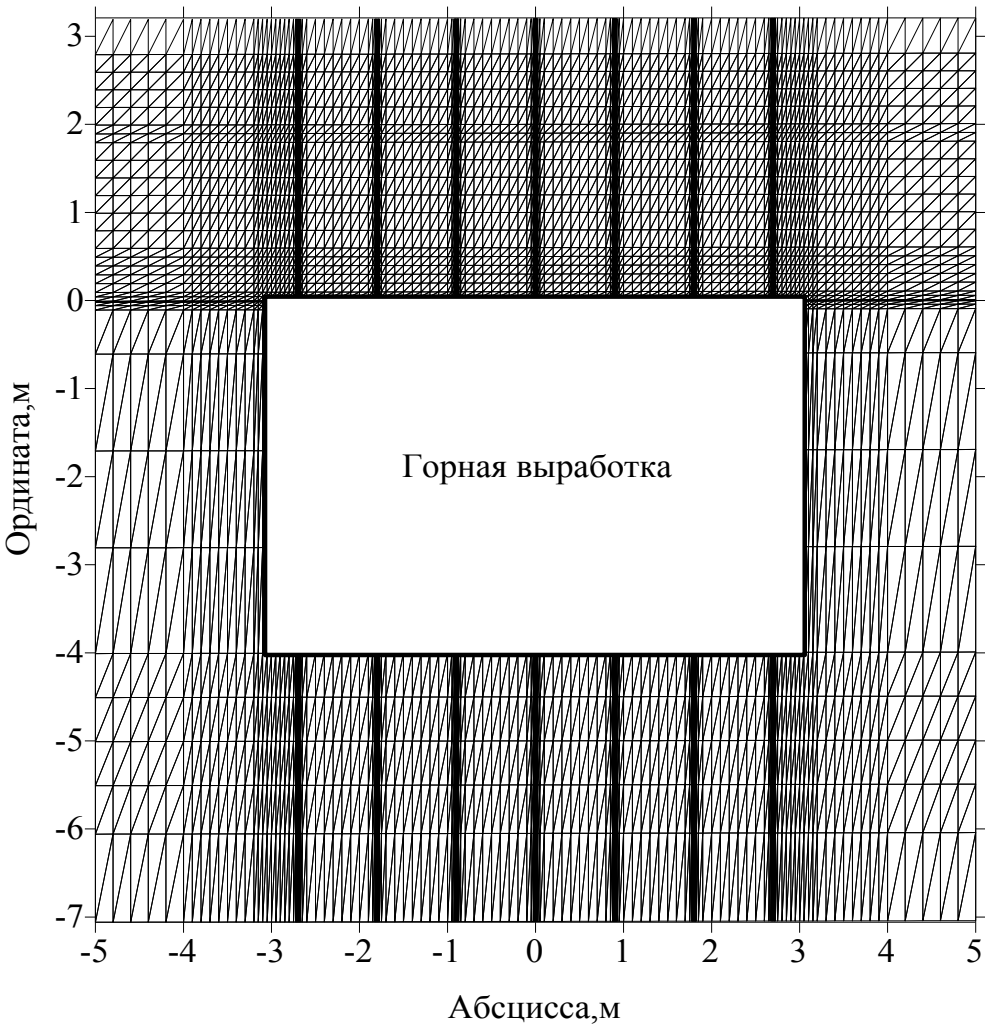
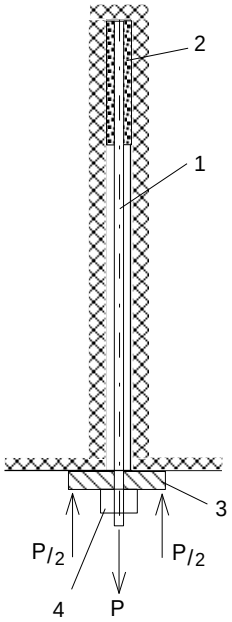


Рис. 3. Схема дискретизации фрагмента модели на конечные элементы



1- грузонесущий стержень; 2- полимерная втулка; 3- опорная шайба; 4- гайка;
P- натяжение анкера

Рис. 4. Сталеполимерный анкер в скважине

Программа **Mke2dsur.for** содержит комплекс подпрограмм для расчёта линейных и нелинейных полных вертикальных, горизонтальных и касательных напряжений, вертикальных и горизонтальных смещений, вертикальных и горизонтальных деформаций и др. с формированием файла выходных данных **m6.dat** для пакета программ SURFER. В SURFER осуществляется обработка и визуализация результатов расчёта.

Учитывая множество расчетных вариантов, особенности моделей и большое количество получаемых по каждому конечному элементу параметров результаты были систематизированы в таблицы. Для этого на модели (рис. 5) обозначены 10 характерных точек (на каждом из пяти уровней). Так как задача решается симметричная относительно оси абсцисс X=0, то на рис. 5 выделены только точки на одной половине модели (справа).

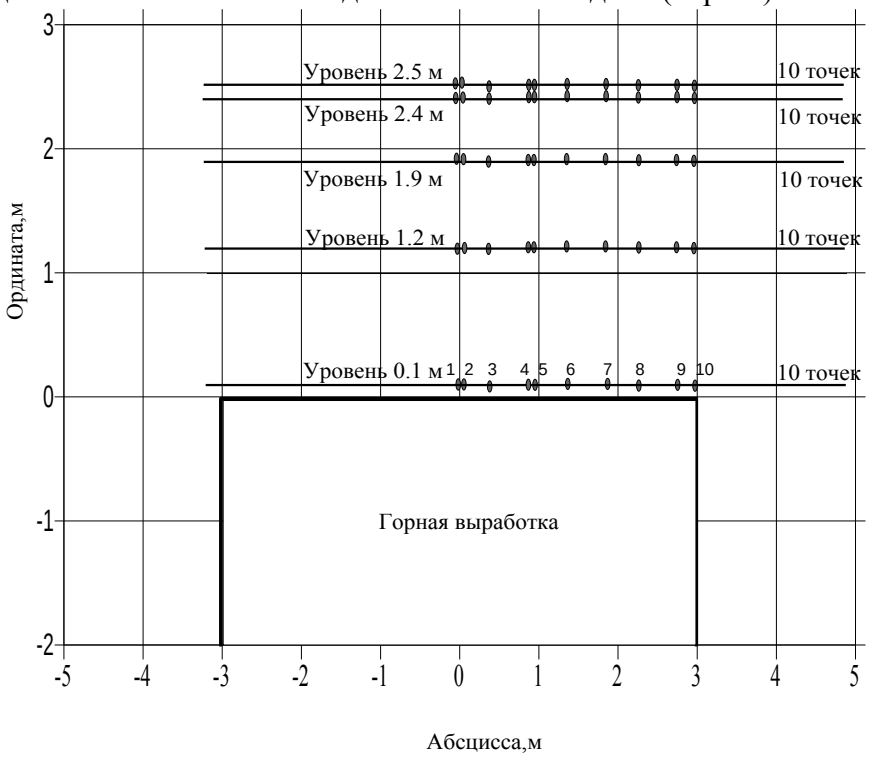


Рис. 5. Схема расположения характерных точек модели

На одном из этапов исследований выявлялись закономерности распределения вертикальных и горизонтальных напряжений в углепородном массиве. Было рассмотрено 7 вариантов моделей. Исследовалось влияние схемы расположения анкеров в кровле горной выработки на характер распределения напряжений (рис. 2). Значения расчетных величин напряжений были занесены в таблицы. Для визуализации и обобщения результатов расчётов программно осуществлялся ввод из файлов координат точек и расчётных значений параметров, затем производилась их обработка с построением трёхмерных карт в виде изолиний с помощью пакета программ SURFER (рис. 6-9) и двумерных графиков с помощью EXCEL (рис. 10, 11).

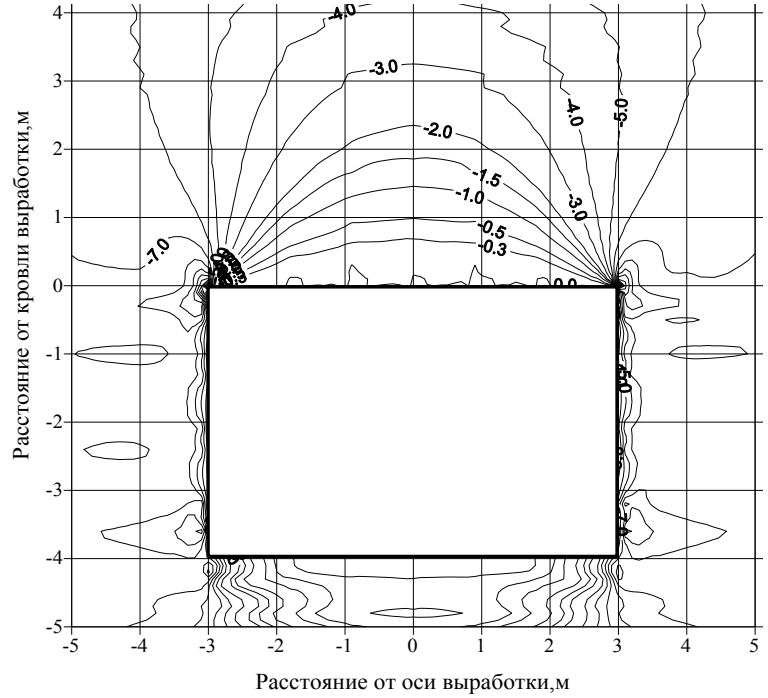


Рис. 6. Изолинии вертикальных напряжений в окрестности незакреплённой горной выработки, Мпа

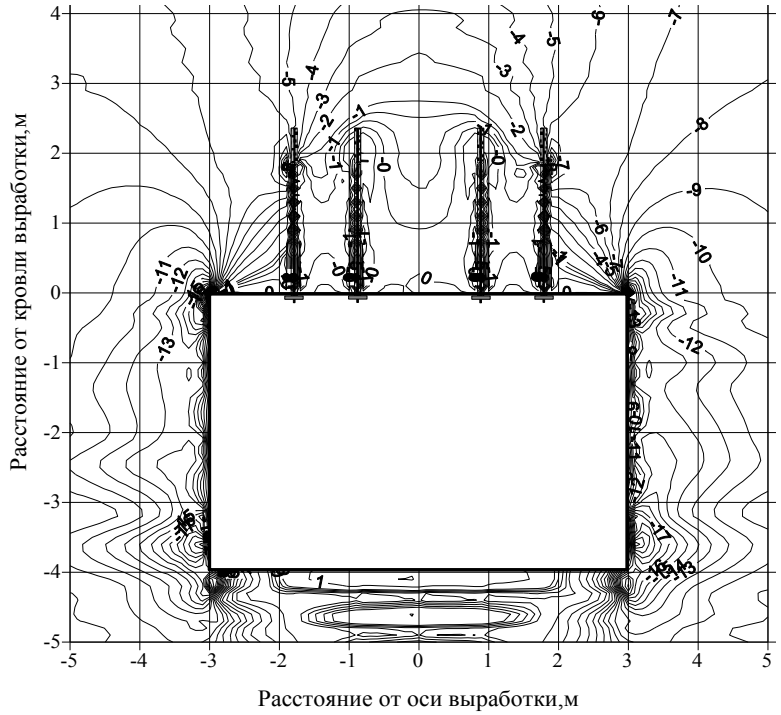


Рис. 7. Изолинии вертикальных напряжений в окрестности горной выработки, закреплённой 4 анкерами по схеме “г”, МПа

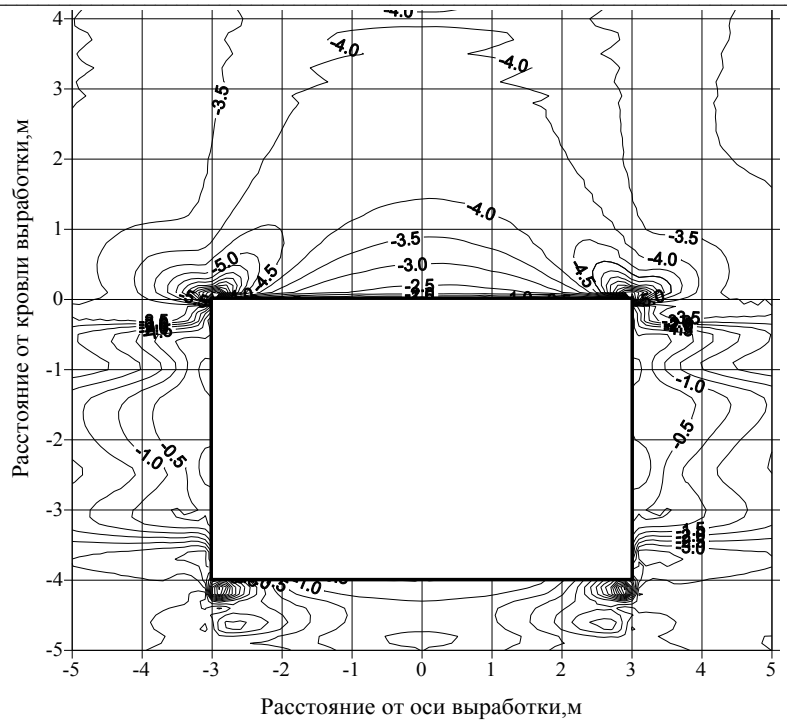


Рис. 8. Изолинии горизонтальных напряжений в окрестности незакреплённой горной выработки, Мпа

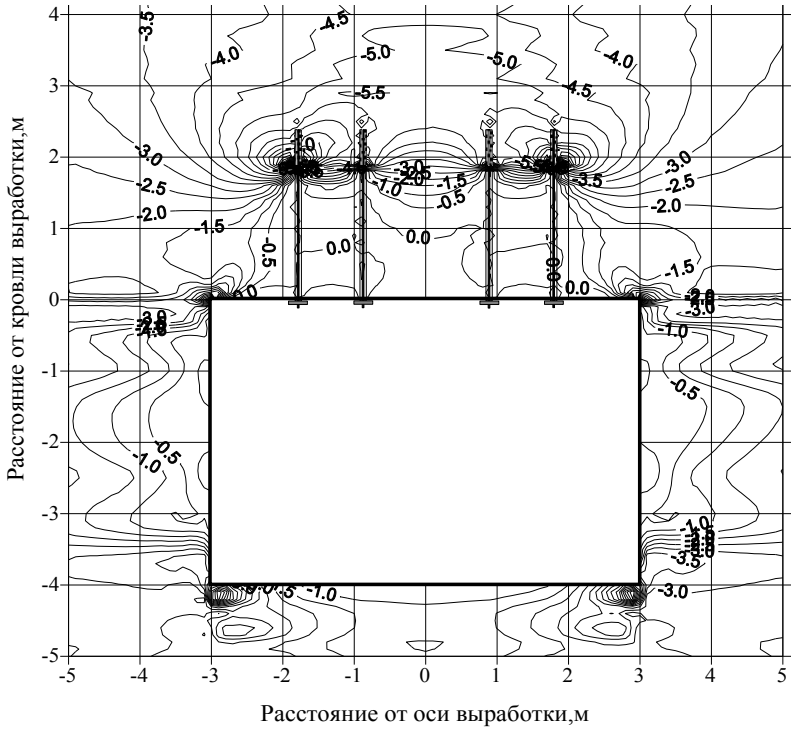


Рис. 9. Изолинии горизонтальных напряжений в окрестности горной выработки, закреплённой 4 анкерами по схеме “г”, МПа

При сравнении расчётных параметров за базовый вариант принята модель массива с горной выработкой без крепления.

Вертикальные напряжения. Из графиков (рис. 10 а, б) видно, что под влиянием натяжения шайбы на ось анкера действуют усилия, которые приводят к возникновению в нем растягивающих напряжений, а сбоку от анкера наблюдается сжатие, что подтверждает локальное влияние анкера на породы кровли. Появляется волнообразное распределение напряжений.

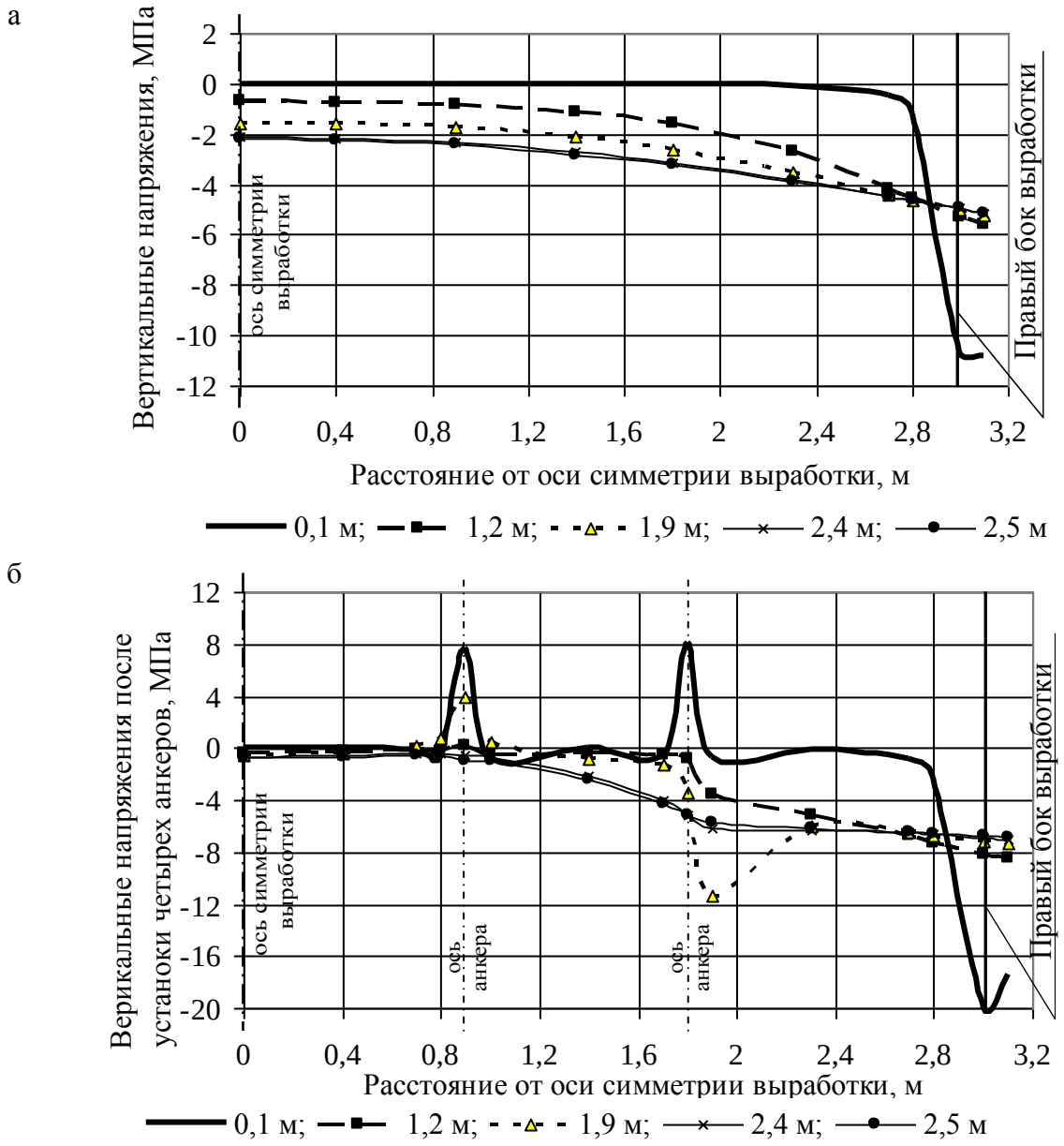


Рис. 10. Распределение вертикальных напряжений в кровле выработки: а) без анкеров; б) после установки четырех анкеров по схеме “г”

Горизонтальные напряжения. На контуре выработки влияние анкера незначительно (рис. 11 а, б). По мере удаления от контура выработки горизонтальные напряжения возрастают. На расстоянии 1,9 м наблюдаются большие сжимающие напряжения, то есть появляется влияние химического закрепления в анкере. На расстоянии 2,5 м от контура выработки наблюдается в зоне влияния анкера уменьшение сжимающих напряжений, что в свою очередь может привести к формированию горизонтальных трещин.

Полученные в результате моделирования параметры НДС схожи с результатами работы [2], что подтверждает адекватность результатов исследования.

В работе [3] проведена научная оценка соответствия конструкции анкерной крепи горно-геологическим условиям её применения. Анкеры, скрепляющие породы, работают на растяжение, а породы работают в режиме сжатия, что также подтверждается результатами проведённых выше исследований.

Выводы. По результатам математического моделирования численным методом конечных элементов установлены следующие закономерности распределения напряжений в породах кровли горной выработки:

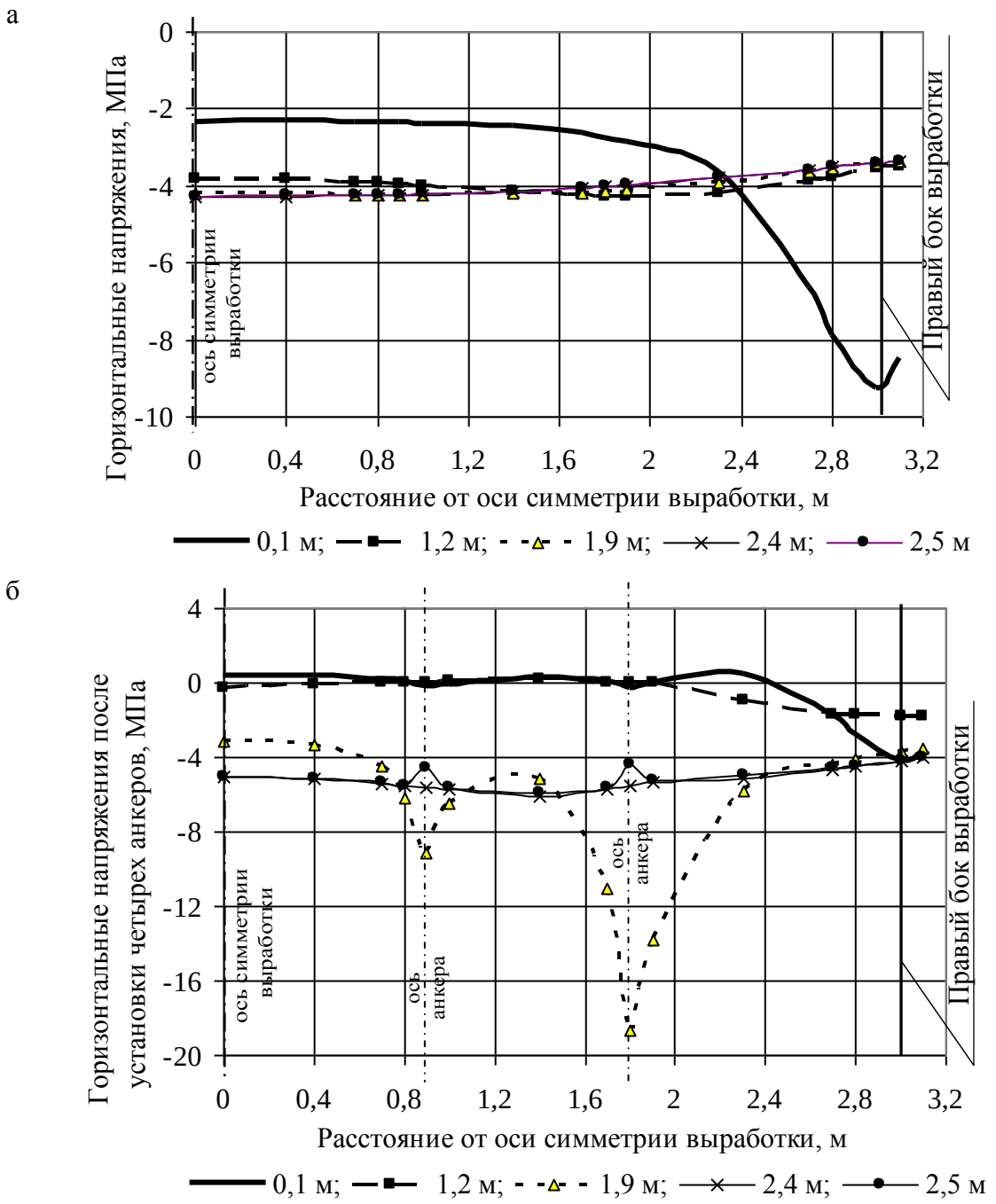


Рис. 11. Распределение горизонтальных напряжений в кровле выработки: а) без анкеров; б) после установки четырех анкеров по схеме “г”

- наиболее существенное влияние на характер распределения напряжений оказывает схема расположения анкеров, с увеличением количества анкеров в ряду по ширине горной выработки формируется зона сжатия пород. Распределение НДС в зоне сжатия неравномерное;

- анкерованием образуются зоны сжимающих напряжений между точками закрепления анкеров и под опорной шайбой (предварительное натяжение анкеров), которое противостоит явлению сдвижения;

- при длине анкера 2,4 м, длине закрепления химическим составом 0,5 м и прочности химического состава равной прочности окружающих пород максимальные напряжения сжатия возникают на уровне 1,9 м (в нижней точке химического закрепления анкеров);

- установлено, что при различных схемах расположения анкеров крайние анкеры в ряду испытывают максимальные сжимающие напряжения в зоне химического закрепления;

- устойчивость пород кровли повышается за счет формирования зон сжатия при увеличении числа анкеров в ряду и равномерном их расположении.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ
по государствееному заданию № 5.3832.2011

Список литературы

1. Ильина Е.С. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Кузбасса: шаг вперёд в креплении горных выработок [Текст] / Е.С. Ильина, А.С Позолотин., Е.А. Разумов // Уголь. - 2011. - № 11. - С. 18-19.

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

3. Атрушкевич О.А. Научная оценка соответствия конструкций анкерной крепи горно-геологическим условиям ее применения и обоснование комбинированных видов анкеров для большинства горно-геологических условий [Текст] / О.А. Атрушкевич // Уголь. - 2001. - № 3. - С. 60-64.

4. Златицкая Ю.А. Геомеханическое обоснование параметров опасных зон и технологии упрочнения пород в окрестности подземных горных выработок: монография [Текст] / Ю.А. Златицкая, В.Н. Фрянов.- Новокузнецк: СибГИУ, 2006.-160с.

УДК 621.926.22

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ВАЛА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ

Никитин А.Г., Витушкин А.В.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Расход энергии на дробление различных материалов составляет большую долю (до 5%) в энергетическом балансе мира. Многие промышленные производства – металлургические, горные и другие, перерабатывают в больших количествах сыпучие материалы различных классов крупности. В большинстве случаев нужная крупность достигается измельчением кусков на дробилках, в том числе и щековых.

Одним из основных показателей работы дробилок являются их производительность, то есть отношение переработанного количества материала (массы или объема) к единице времени.

На производительность щековых дробилок влияет большое число различных параметров, в том числе и кинематический параметр дробилки – частота вращения эксцентрикового вала.

В работе [1] определена оптимальная частота вращения n эксцентрикового вала (или, что то же, число качаний подвижной щеки) из условия, что кусок дробимого материала размером $e + S_н$, при максимальном сближении плит вступил в контакт с ними в месте, соответствующем своему размеру, т.е. на расстоянии h от выходной щели. За время отхода подвижной щеки от неподвижной (холостой ход щеки) кусок, под действием силы тяжести, должен опуститься на величину h и выйти из камеры дробления, то есть частота вращения эксцентрикового вала должна быть такой, чтобы время t отхода подвижной щеки из крайнего левого положения в крайнее правое было равно времени, необходимому для прохождения свободно падающим телом пути h.

Если эксцентриковый вал совершает n оборотов в секунду, а время отхода щеки равно времени половины оборота, то:

$$t = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{n}. \quad (1)$$

Из рис. 1 следует, что:

$$h = \frac{S_н}{tg\alpha}, \quad (2)$$

где α – угол захвата.

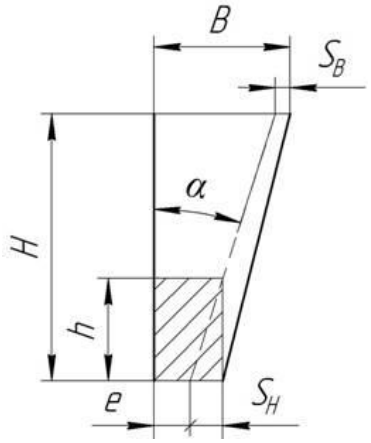


Рис. 1. Схема для определения частоты вращения эксцентрикового вала

Путь, пройденный телом за время t:

$$h = \frac{g \cdot t^2}{2}, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения.

Приравняв значения h из уравнений (2) и (3), получим:

$$\frac{g \cdot t^2}{2} = \frac{S_н}{tg\alpha}. \quad (4)$$

Откуда:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot S_н}{g \cdot tg\alpha}}. \quad (5)$$

Таким образом, оптимальная частота вращения эксцентрикового вала будет равна:

$$n_{опт} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot tg\alpha}{2 \cdot S_н}}. \quad (6)$$

Однако в дальнейшем в этой же работе, а также во многих других, например, [2-5], утверждается, что производительность щековой дробилки прямо пропорциональная частоте движения рабочего органа. Поэтому возникла необходимость сравнить производительность щековой дробилки при работе с оптимальной частотой вращения эксцентрикового вала по отношению к увеличенной частоте.

За один холостой ход щеки при оптимальной частоте вращения эксцентрикового вала из камеры дробления выпадает единичный объем материала, равный (рис. 2):

$$V1_{опт} = L \cdot h \cdot b, \quad (7)$$

где L – ширина щеки; b – максимальный размер выходной щели.

После подстановки (1) в (3) получим:

$$h = \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{1}{2n}\right)^2. \quad (8)$$

Тогда, единичный объём запишется как:

$$V1_{опт} = L \cdot b \cdot \frac{g}{2} \cdot \left(\frac{1}{2n}\right)^2. \quad (9)$$

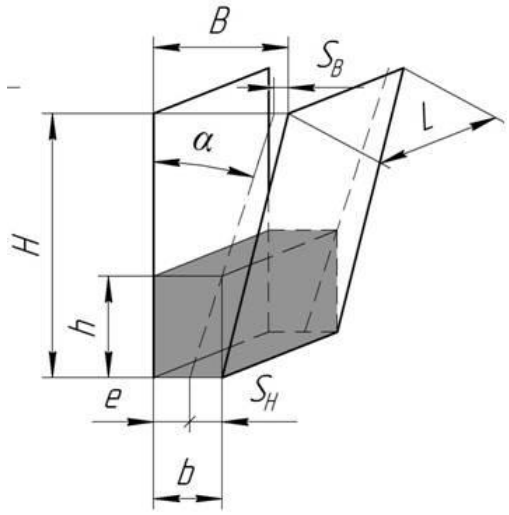


Рис. 2. Схема для определения единичного объёма

Как видно из выражения (9), единичный объём обратно пропорционален квадрату частоты вращения эксцентрикового вала. Это значит, что при увеличении частоты вращения эксцентрикового вала единичный объём уменьшится. Однако одновременно увеличится число единичных объёмов выпадающих из камеры дробления за промежуток времени $T >> t$. В этом случае, для вычисления производительности P за промежуток времени T, нужно выражение (9) отнести к величине T:

$$P = \frac{V1}{T}. \quad (10)$$

Сравним производительность дробилок имеющих одинаковые размеры конструктивных элементов, но с различными частотами вращения эксцентриковых валов.

Допустим, что частота вращения эксцентрикового вала дробилки больше, чем оптимальная в k раз, тогда $n_k = k \cdot n_{опт}$, значит, за время T дробилка с оптимальной частотой вращения эксцентрикового вала совершит $n_{опт}$ число качаний и ее производительность равна:

$$P_{опт} = \frac{V1_{опт}}{T}, \quad (11)$$

а производительность дробилки с увеличенной частотой вращения эксцентрикового вала:

$$P_k = \frac{V1_k \cdot k}{T}. \quad (12)$$

Сравнивая производительность, получим:

$$\frac{P_k}{P_{опт}} = \frac{V1_k \cdot k \cdot T}{V1 \cdot T} = \frac{k \cdot \frac{L \cdot b \cdot g}{2} \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot n_k}\right)^2}{\frac{L \cdot b \cdot g}{2} \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot n_{опт}}\right)^2} = k \cdot \left(\frac{n_{опт}}{n_k}\right)^2. \quad (13)$$

С учётом того, что $n_k = k \cdot n_{опт}$, получим:

$$\frac{P_k}{P_{опт}} = k \cdot \left(\frac{n_{опт}}{k \cdot n_k}\right)^2 = \frac{1}{k}. \quad (14)$$

Из выражения (14) следует, что при увеличении частоты вращения эксцентрикового вала в k раз по сравнению с оптимальной, производительность дробилки также уменьшается в k раз, таким образом, увеличение частоты вращения эксцентрикового вала при прочих равных условиях приводит к уменьшению производительности дробилки.

Список литературы

1. Клушанцев Б.В. Дробилки / Б.В.Клушанцев, А.И.Косарев, Ю.А.Муйземник. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Родин Р.А. Производительность щековых и конусных дробилок / Р.А. Родин // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1991. – №6. – С. 79-83.
3. Зимин А.И. Производительность щековых дробилок с простым движением щеки / А.И.Зимин, А.В.Говоров, Ю.П.Канусик // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1998. – №1-2. – С. 109-113.
4. Муйземник Ю.А. О производительности щековых дробилок с простым движением щеки / Ю.А.Муйземник // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1998. – №5-6. – С. 85-89.
5. Муйземник Ю.А. К расчету производительности крупных щековых и конусных дробилок / Ю.А.Муйземник, А.И.Зимин, Ю.А. Муйземник, И.А.Зимин // Изв. Вузов. Горный журнал. – 2000. – №4. – С. 92-97.

УДК 622.232.8

ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ

Колеватов А.В., г. Осинники

Комплекс предназначен для отработки круто наклоненных и крутых пластов угля средней мощности с углом падения до 70° с коэффициентом крепости до 1 по шкале проф. М.М. Протодъяконова. Сущность технологии выемки угля заключается в применении канатного струга (КС) с подвижным направляющим бортиком (ПНБ).

Известные технологии по отработке крутопадающих пластов с применением канатных пил, фронтальных агрегатов, щитов не дали значительного экономического эффекта. Недостатком этих технологий является низкая производительность и опасное нахождение людей в очистном забое. Применение фронтальных агрегатов, механизированных комплексов, щитов не дает нужных результатов в виду многочисленных горно-геологических нарушений крутопадающих угольных пластов.

Достоинствами предлагаемого варианта безлюдной выемки являются возможность применения прогрессивной системы отработки – длинными столбами по простиранию, простота конструкции, безопасность ведения работ, а так же низкая трудоемкость при монтаже и демонтаже оборудования. Возможность применения в некоторых зонах горно-геологических нарушений, где невозможно применить известные технологии.

При применении в данной технологии лебедок ЛВ-25 в качестве приводов каретки струга расчетная толщина стружки может достигать 6-8 см в зависимости от крепости угля. Принятое сечение стружки за один проход составит 120 см^2 (4*30), скорость движения каретки 1,2 м/сек. Суточная добыча угля на пласте 1, 5 м может превысить 3000 т.

Принцип работы комплекса

Проходка штреков производится с подсечкой почвы пласта. Для монтажа и дальнейшей работы комплекса проходится монтажная камера под углом 75° относительно конвейерного штрека. Во время выемки угля опережение конвейерного штрека относительно вентиляционного штрека сохраняется до 15м.

На конвейерном и вентиляционном штреках устанавливаются столы А и Б (рис. 1), работающие по принципу крепи сопряжения струговой установки СН-75, которые управляются при помощи насосных станций (НС). На столах устанавливаются лебедки 5 и 6 типа

ЛВ-25. Столы оснащены гидравлическими домкратами 10,11 и 12,13, для управления подвижным направляющим бортиком (ПНБ). Направляющий канат 2 натягивается и прижимается к забою домкратами 3 и 4. По канату 2 лебедками 5 и 6 перемещается и подрубает пласт угля канатный струг (КС). За один проход КС прорубает щель 40мм и высотой 300мм.

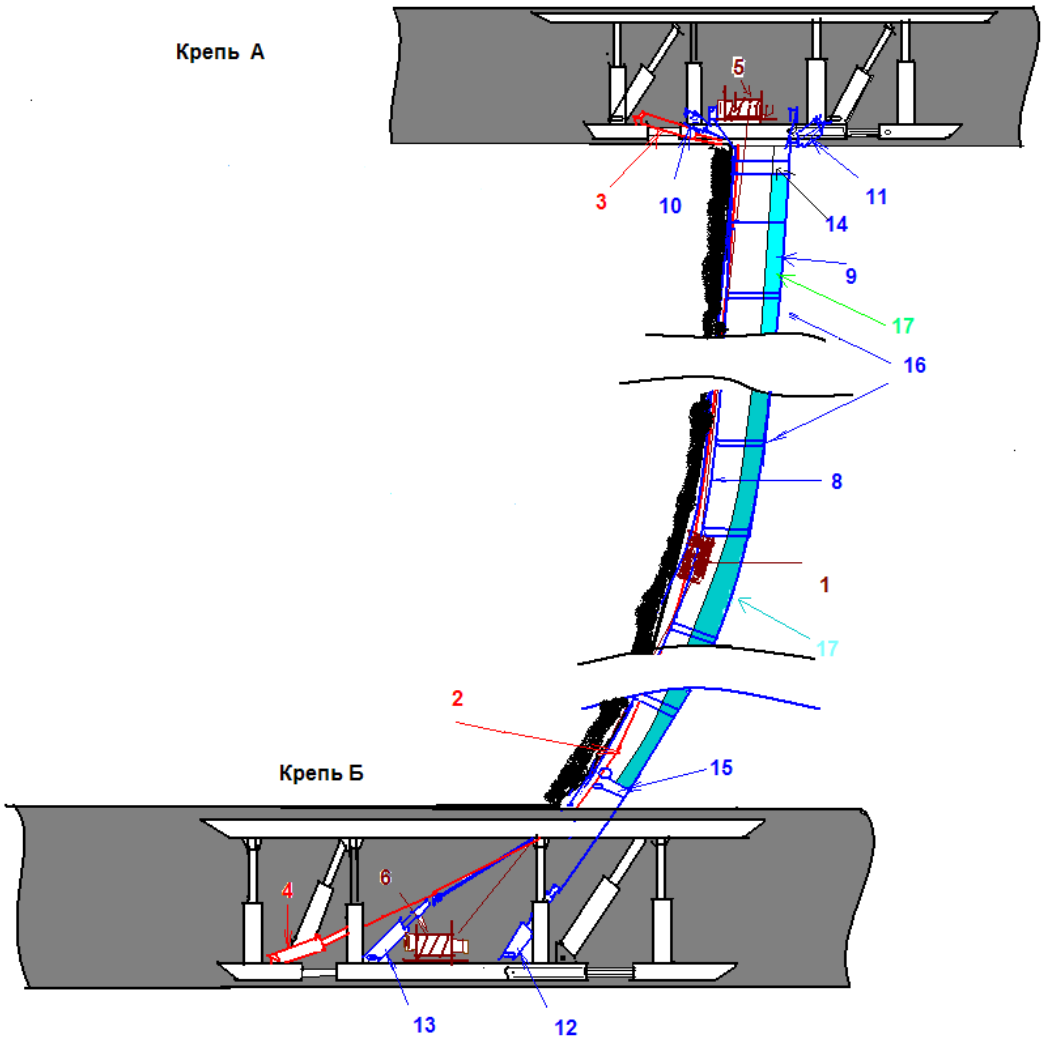


Рис.1. Крепь сопряжения вентиляционного штрека с очистным забоем

После подрубки угольного пласта до 1,5м происходит обрушение угля под действием собственного веса, который самотеком уходит на конвейерный штрек, попадает на перегружатель 7 и транспортируется на погрузочный пункт.

КС представляет стальной корпус 1 (рис. 2) с встроенными двумя роликами 4 по которым КС при помощи лебедок передвигается и прижимается к забою тросом 2. Со стороны забоя к боковой поверхности КС крепятся зубки держатели. Размер КС 1200×400×250мм.

Подрубать угольный пласт канатным стругом возможно по всей длине забоя, так и в зависимости от направления кливажа частями.

Каретка струга представляет стальной каркас 1 (рис. 2) массой 250-300 кг, длиной 1200 мм, шириной 400 мм и высотой 250 мм, по краям, внутри корпуса, установлены ролики 3, через эти ролики тросом 2 струг прижимается к забою. Зубки 4 устанавливаются с углом атаки на почву пласта 5-10°, кроме верхних зубков, они направлены к кровле пласта и обеспечивают свободный проход корпуса каретки по прорубленной щели пласта. Зубки 4 при работе создают реактивную силу и направляют каретку к кровле пласта. Для удержания каретки на почве пласта применяются зубки 5, которые совместно с винтом 6 регулируют угол атаки от 20 до 60°. При необходимости каретку максимально прижимают к почве (угол 60°),

но в случае зависания подрубленного угля, каретка вытаскивается лебедкой на конвейерный или вентиляционный штреки и винтом 6 изменяется угол атаки зубка 5 (до 20°). При дальнейшем прорубании щели каретка с каждым циклом будет устремляться к кровле пласта, тем самым будет обрезаться подрубленная пачка угля. Кроме регулировки в вертикальной плоскости зубок 5 имеет стационарное направление под углом 6° с атакой на забой, что позволяет, в случае зажима каретки в прорубленной щели, дать дополнительное усилие для вывода каретки из щели на призабойную дорожку. При зажиме каретки в щели, ослабляется натяжка троса 2, оставляя зубки 4 без нагрузки, а усилие лебедки приходится на зубок 5. При движении каретки зубок 5 примет нагрузку один и будет дополнительно, к весу каретки, выталкивать каретку из щели на предзабойную дорожку.

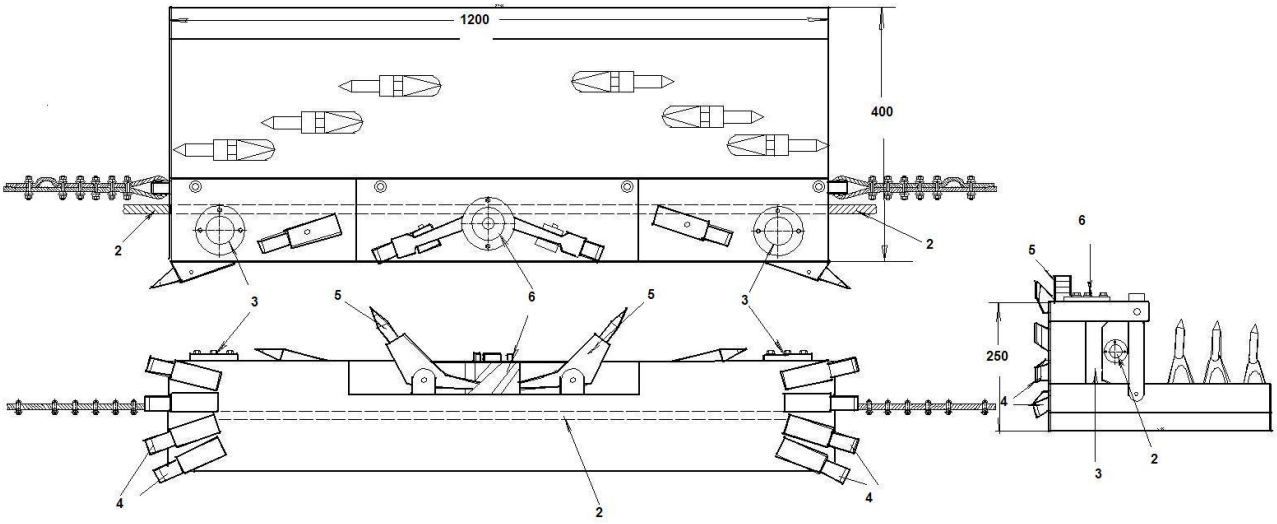


Рис.2. Каретка струга

Подвижный направляющий бортик (ПНБ) предназначен для направления движения подрубленного и обрушенного угля вдоль всего забоя. Бортик выполнен в виде гибкого щита и состоит из двух тросов 8 и 9 (см. рис. 1), которые крепятся домкратами 10, 11 и 12, 13. Трос 8 натягивается по кровле, а трос 9 по почве.

На сопряжение очистного забоя с подводящими выработками к тросу 8 и 9 крепится двутавровая балка (рис. 3.) По всей длине забоя через каждые 2 м устанавливаются более легкие балки 16, которые крепятся к тросам 8 и 9. Балки 14,15 и 16 длиннее мощности пласта в 1,3 раза и обеспечивают дорожку не менее 0,8м по почве для пропуска угля и прохождения струга. К балкам 14,15 и 16 болтами крепится транспортерная лента 17.

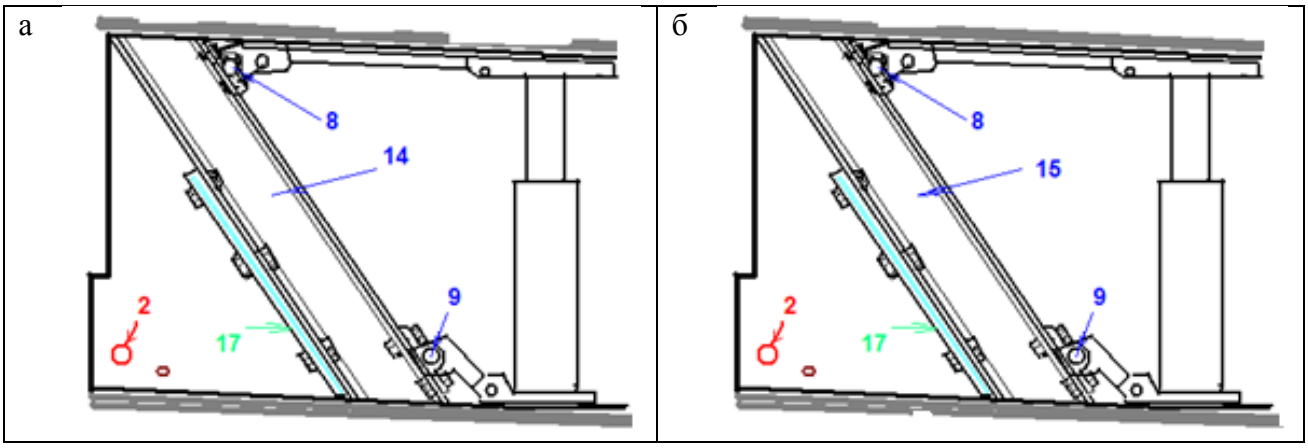


Рис.3. Секция крепи сопряжения: а – вентиляционного штрека и бортика; б – конвейерного штрека и бортика

При необходимости в нижней части забоя устанавливается бункер накопитель (рис. 4), который регулирует выпуск обрушенного угля на конвейер и удерживает большие фракции угля для дальнейшего их разрушения стругом. Бункер состоит из стальной косынки 1 (сталь 20 мм), стальной лист 2 (сталь 5 мм), ограничивающий выпуск угля косынка. Во время работы в бункере будет накапливаться штыб, смешанный с водой орошения, что создаст «подушку». С внутренней стороны бункер обшивается транспортерной лентой, что вместе с подушкой будет служить для погашения кинетической энергии обрушенного угля.

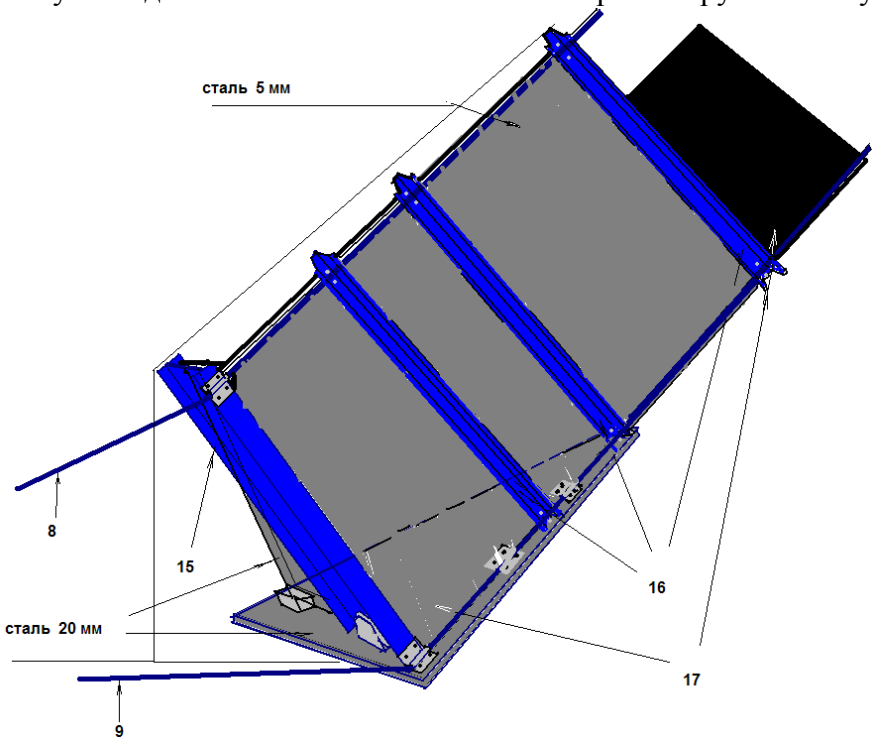


Рис 4. Бункер

Управление кровлей

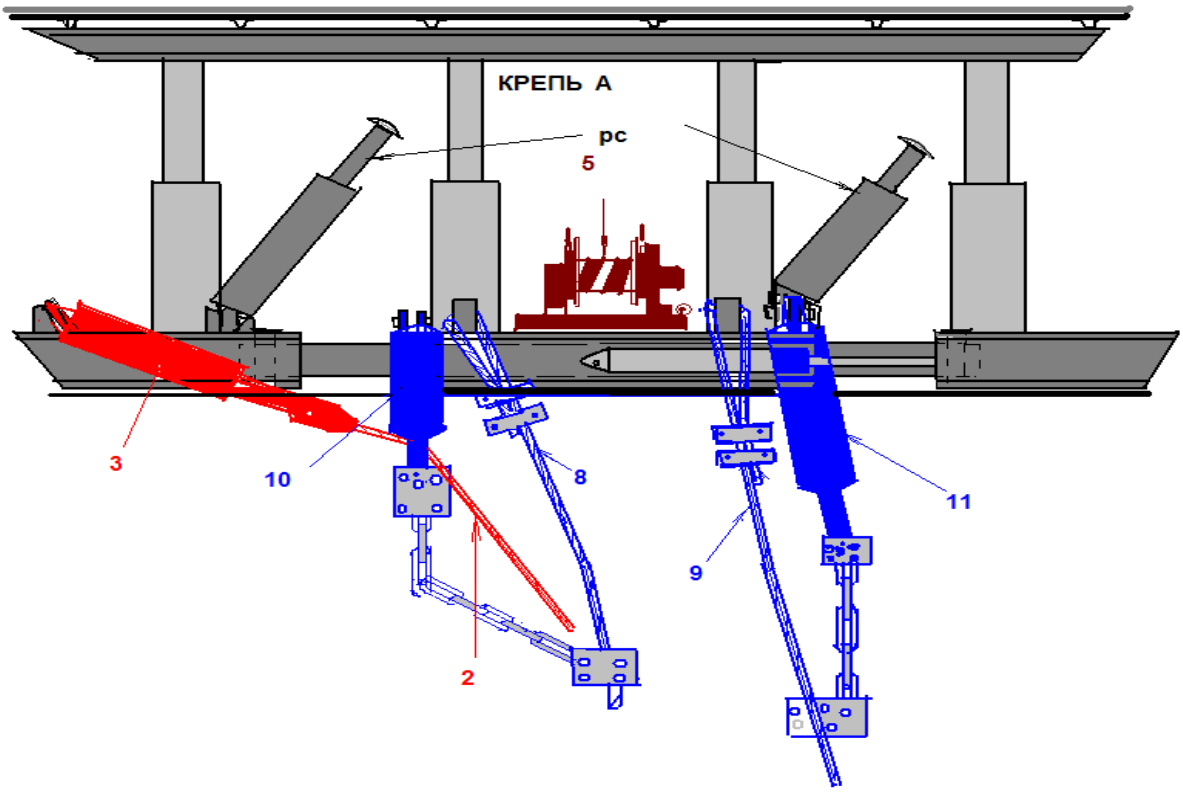
Основной задачей при управлении кровлей является удержание призабойного пространства для устойчивого проветривания.

Для плавного опускания (мощность пластов до 1,5 м) можно выбрать классическую схему: один конвейерный штрек - лава - вентиляционный штрек. На конвейерный штрек под бункером накопителем ставится перегружатель. Длина забоя может достигать 100 м.

Для отработки угольного пласта, кровля которого склонная к плавному опусканию, а почва не склонная к сползанию, на вентиляционном штреке устанавливается крепь сопряжения (рис. 5). Крепь А выполнена по типу крепи сопряжения струговой установки СН-75, а вместо приводной головки струга, устанавливается лебедка канатного струга. Лебедка 5 устанавливается на платформу с поворотным механизмом, которая поворачивает лебедку в горизонтальной плоскости для равномерного наматывания каната на барабан лебедки. Домкрат 3 устанавливается на передней подвижной платформе и управляет натяжением троса 2, который в свою очередь прижимает к поверхности забоя каретку струга 1. На средней подвижной платформе устанавливается приводная лебедка 5. Крепится трос 8 и 9 подвижного бортика и домкраты 10 и 11, которые в свою очередь закреплены тросом 8 и 9 и служит для управления бортиком.

Для управления канатным стругом и бортиком, устанавливается крепь сопряжения Б (рис. 6), аналогичная крепи А. Между крепью Б и угольным забоем устанавливается перегружатель. Домкрат 4 для натяжения каната 2 и лебедка 6 привода канатного струга устанавливается аналогично крепи А. Домкраты 13 и 12 натягивают трос 8 и 9 соответственно, и регулируют выпуск горной массы из бункера. При натяжении трос 8 и 9 прижимает бункер к поверхности забоя, при этом уменьшается зазор между бункером и забоем и выпуск угля

ограничивается. При ослаблении троса 8 и 9 бункер под собственным весом и весом горной массы отходит от забоя тем самым увеличивается щель между бункером и забоем, что приводит к выпуску угля.



РС - распорная стойка

Рис. 5. Крепь сопряжения вентиляционного штрека с очистным забоем

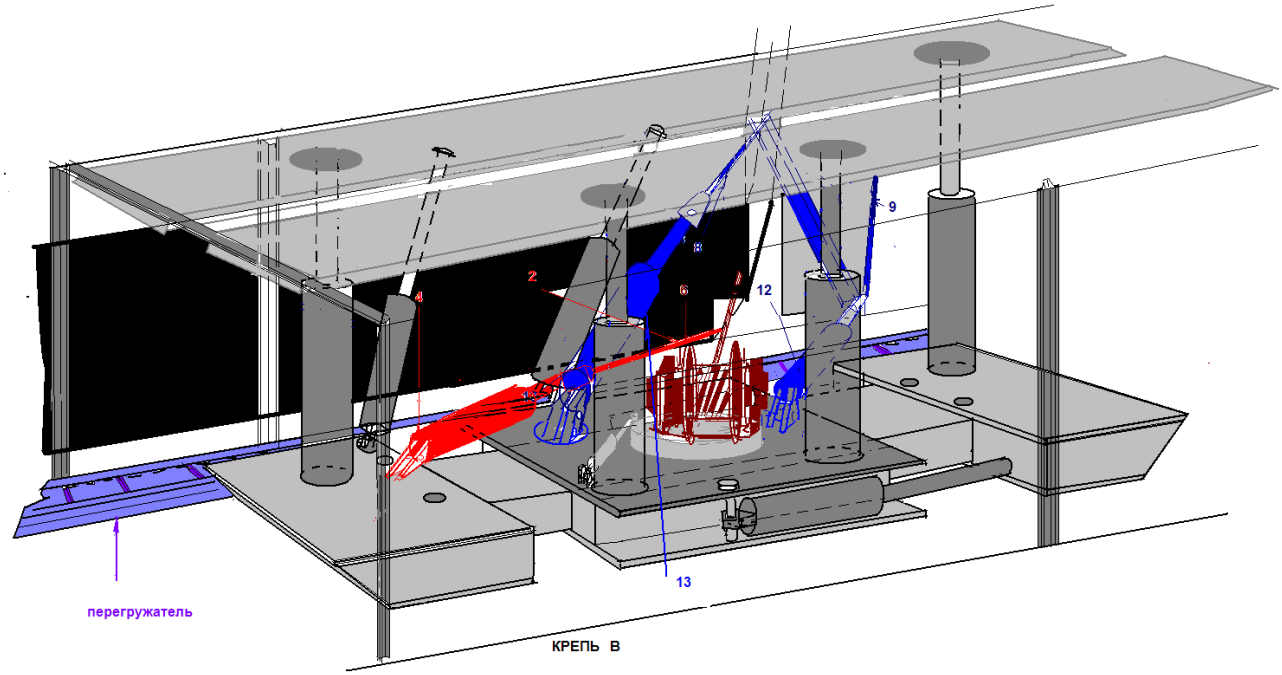


Рис 6. Крепь сопряжения конвейерного штрека с очистным забоем

Отработка угольных пластов с последующим обрушением кровли

Для отработки пласта угля мощностью 2-3 м с почвой не склонной к сползанию рекомендуется устанавливать крепь сопряжения на вентиляционном штреке (крепь А, рис.7). Крепь выполнена по форме рамы. Основанием служит площадка, на которой устанавливается лебёдка 5, две гидравлические стойки, которые держат козырёк под лебёдкой и сопряжение. Площадка крепится двумя двутавровыми балками с уголком. Балки устанавливаются по диагонали штрека и служат упорными стойками. К этим балкам крепятся тросы 8 и 9, на которых смонтирован бортик и бункер. По мере выемки угля площадка движется по породе почвы штрека, а уголок по породе кровли штрека. Козырёк и уголок закрепляются шарнирно. Длина площадки и уголка, в зависимости от условий, может составлять от 5м и более.

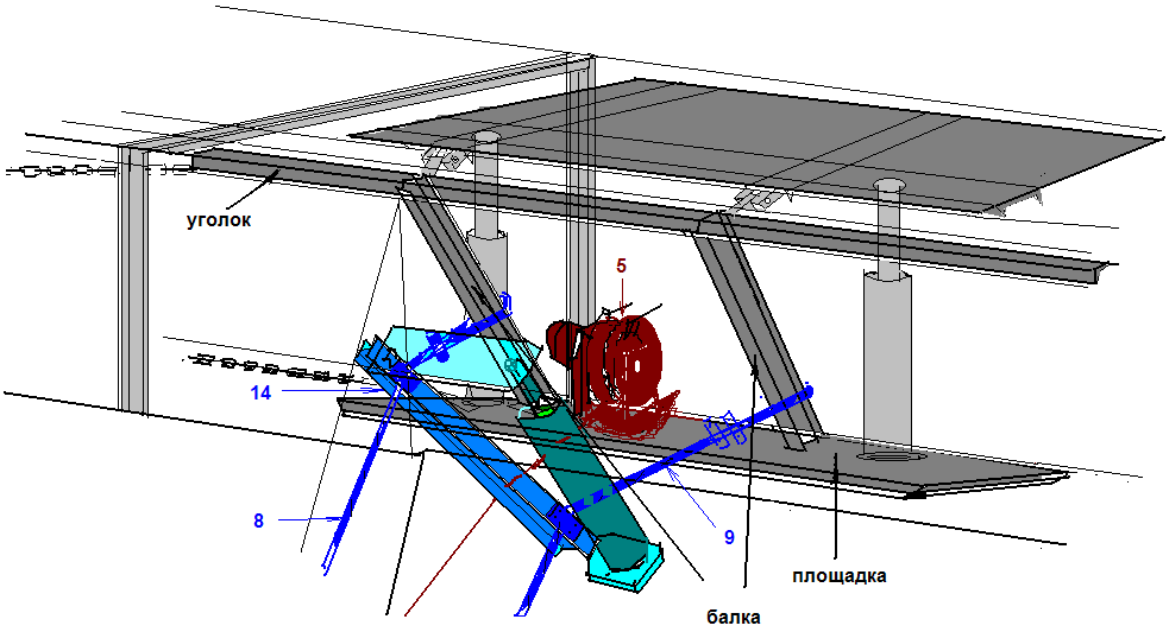


Рис. 7. Крепь сопряжения вентиляционного штрека с очистным забоем при отработке пластов угля от 2м до 3м

Продвигается крепь по штреку домкратами 10 и 11, которые закреплены на площадке. На площадке ставится упорная стойка и анкеры. Площадка (рис. 8) устанавливается на расстоянии до 25м от крепи сопряжения и подтягивает крепь с помощью цепей корабельного типа. Для перехватывания цепи на площадке установлены замки, которые фиксируют подтянутую цепь. Домкрат 4 устанавливается на аналогичную площадку.

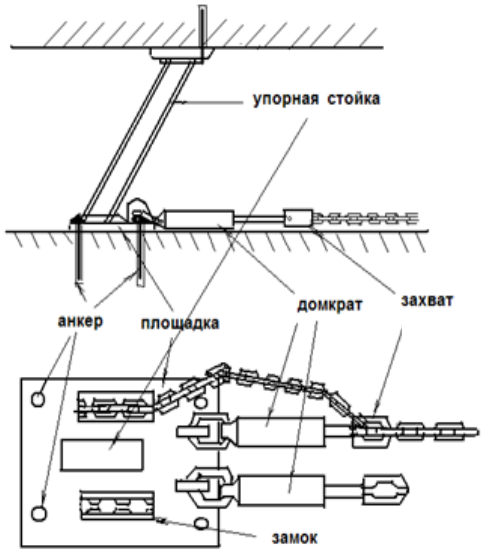


Рис. 8. Схема установки упорных стоек

Для управления стругом и бортиком с конвейерного штрека проходят просек, просек сбивается с конвейерным штреком сбойками. Расстояние между сбойками выбирается индивидуально (рис. 9).

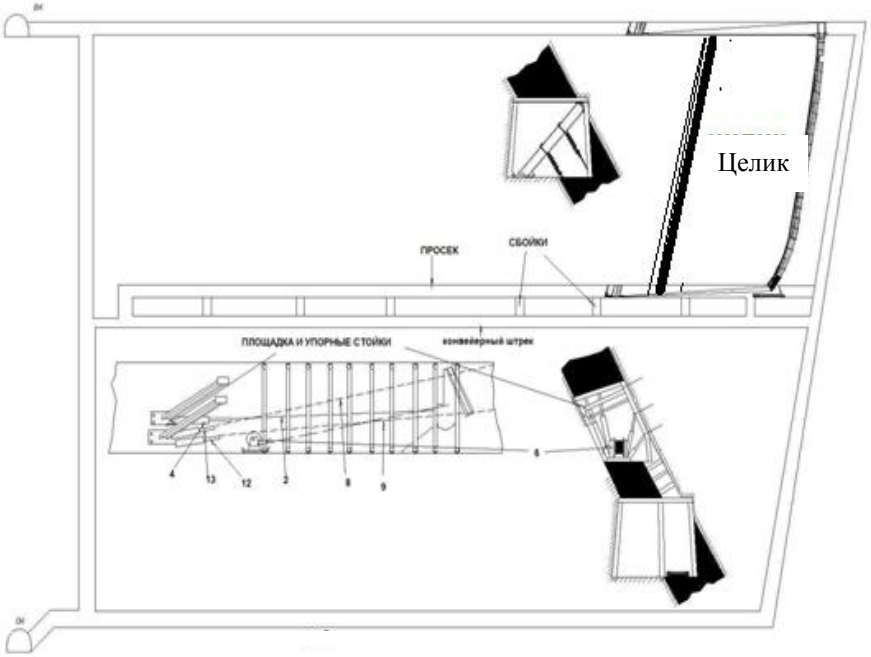


Рис. 9. Схема отработки угольных пластов блоками с оставлением целиков

На просеке устанавливается площадка с упорной стойкой и управление стругом и бортиком ведётся аналогично управлению с вентиляционного штрека (рис. 8).

Отрабатывать угольные пласты, кровля которых склонная к плавному опусканию, а почва к сползанию можно по схеме рис.10.

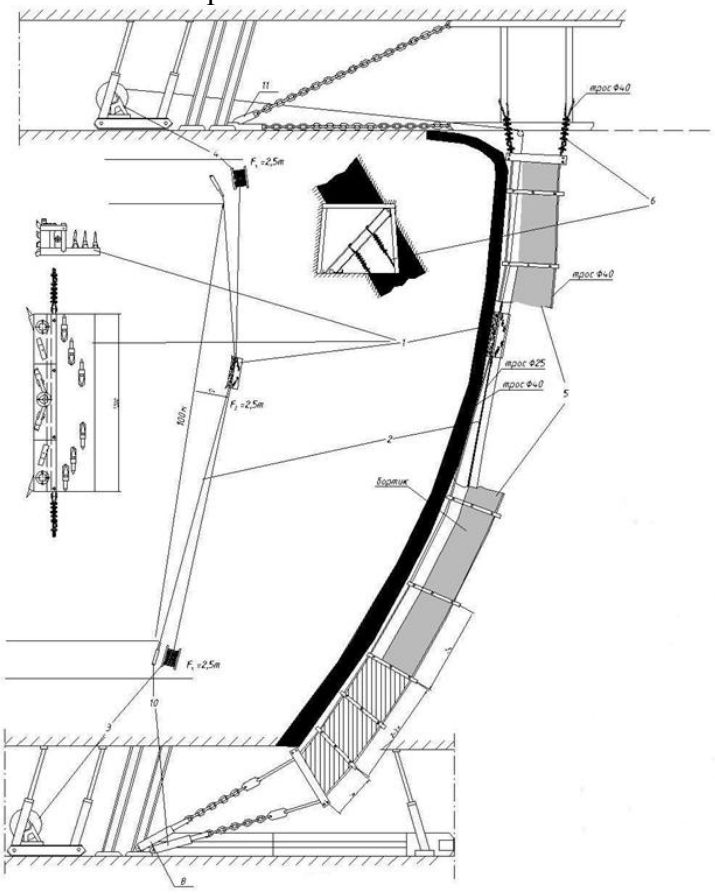


Рис. 10. Схема для экспериментального варианта отработки угольных пластов

Выпуск угля из бункера производится через направляющие решетаки в сбойку, а из сбойки на откаточный штрек (рис. 9).

Пласты угля, кровля которых устойчивая, можно отрабатывать блоками длиной до 25м с оставлением угольных целиков шириной 3-5м.

Технология с применением канатного струга и подвижного бортика позволяет создавать дугообразную конфигурацию и угол наклона очистного забоя по ситуации, т.е. подрубать пласт угля и двигать бортик в первую очередь в местах, где обрушение кровли может перекрыть свободный проход воздуха для проветривания.

Дальнейшее развитие технологии возможно с применением локации забоя и кровли отработанного пространства (с выводом информации на пульт), автоматизации синхронной работы лебёдок 5 и 6. Дистанционное управление крепью сопряжения позволит контролировать процесс выемки угля на безопасном для шахтёров расстоянии.

Датчики локатора устанавливаются на балке 14 (рис.1, рис. 7).Показание локатора передаются на дисплей пульта управления. Возможности струговой установки позволяют вести выемку угля и двигать струговую установку по ситуации, т.е. изменять угол наклона забоя, а также форму дуги забоя для обеспечения хорошего проветривания.

УДК 33:622.3

УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ - ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Нифотнов А.И., Кушнеров Ю.П.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

При управлении затратами акцент делается на стратегическое позиционирование с использованием двух способов развития устойчивого конкурентного преимущества [1]: низкая себестоимость (лидерство по затратам) и дифференциация продукции. Поскольку предприятия угольной отрасли для участия в рынке предлагают, как правило, монопродукцию, для них вторым условием конкурентного преимущества можно принять предложение потребителям превосходящую конкурентов продукцию (по качеству угля, глубине переработки, ассортименту и т.д.). Основной акцент стратегии лидерства по затратам делается на достижение более низкой себестоимости по сравнению с конкурентами.

Лидерство по затратам может быть достигнуто с помощью следующих направлений:

- экономия за счёт оптимизации объемов производства;
- использование опыта управления себестоимостью в виде построения эмпирических зависимостей издержек от различных факторов;
- организация строгого учёта и контроля затрат;
- использование аутсорсинговых услуг в некоторых цепочках ценностей для минимизации затрат по общешахтным расходам.

В рамках стратегии конкурентного преимущества для ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» возможна специализация на добыче только коксующихся углей, потребляемых металлургическими предприятиями. Тем более эта компания обладает устойчивым, хорошо узнаваемым брендом, что является важным условием стратегии конкурентного преимущества.

Для предприятия, стремящегося к оптимизации затрат, основное внимание должно быть уделено калькуляции себестоимости, изысканию инструмента для её минимизации.

В то же время, в условиях, когда угольная компания следует стратегии расширения участия в сегментах управляемого рынка угольной продукции и дифференциации ее продукции за счёт глубокой переработки добываемых углей, оптимизированные издержки могут оказаться гораздо менее важными [2].

На основании имеющегося опыта предлагается рассматривать три стратегических направления (рис. 1).

Расширение рынка сбыта – ставит целью расширение сегмента рынка сбыта, при этом может быть в определенном отрезке времени некоторое снижение прибыли и денежных потоков. Это стратегическое направление предусматривает осуществление масштабных инвестиционных программ и вложение значительных собственных и привлеченных средств. Если рассматривать это направление с позиций горнодобывающих отраслей, то основные инвестиции в действующих предприятиях должны направляться на техническое перевооружение процессов «очистные работы» и «подготовительные работы», а также на приобретение новых участков с запасами полезных ископаемых, в том числе угля, для строительства новых добывающих и перерабатывающих предприятий.

Удержание доли рынка по отношению к конкурентам – представляет собой деятельность, связанную с сохранением доли рынка и позиций компании по отношению к конкурентам. При осуществлении данной направленности отток денежных средств будет близким к величине денежного притока.

Получение краткосрочных максимальных прибылей, в том числе за счёт снижения доли рынка, предусматривает получение дополнительной краткосрочной прибыли и денежных доходов за счёт совершенствования структуры реализованной угольной продукции, даже за счёт снижения доли на рынке. Эта стратегия вполне соответствует деятельности угледобывающих предприятий. Например, за счёт увеличения объёмов переработки и выпуска

концентрата возможно снижение поставки рядовых углей и общего объёма поставки. В то же время поставка концентрата не только компенсирует потери от снижения поставки рядового угля, но и принесет дополнительные объёмы денежных доходов и прибыли. Кроме того, это направление может быть принято при реализации продуктов глубокой переработки угля.

Рис. 1. Стратегические направления позиционирования угольной компании

Методология использования позиционирования сопряжена с влиянием определенного риска. Угольные компании, избравшие направление, связанное с предложением потребителям продукции, превосходящей конкурентов (по качеству угля, ассортименту и т.д.), подвержены большему риску, чем компании, ориентированные на лидерство по издержкам. В случае избрания второго направления (лидерство по издержкам) повышается роль и значение планирования в части разработки норм и нормативов расходования материальных и финансовых средств и использования трудовых ресурсов для минимизации рисков. Исходя из изложенного, управление затратами создает предпосылки и условия к выбору и разработке системы управления издержками и бюджетирования.

В действующем в настоящее время управленческом учёте одним из главных показателей, определяющим уровень затрат, является объем добычи угля и носители затрат по технологическим процессам с дифференциацией их на постоянные и переменные для определения маржинального дохода, порога рентабельности, силы воздействия производственного рычага и т.д.

При этом затратообразующие факторы определяются не в период эксплуатации месторождения, а на более высоком уровне, более раннем периоде. Это позволяет выявить потенциальные возможности снижения негативного воздействия некоторых факторов, определяющих уровень конкретных носителей затрат. В то же время значительные стратегические решения вызывают, как правило, большие объёмы инвестиционных вложений.

Как указывалось выше, при управлении затратами устойчивое конкурентное преимущество достигается за счёт лидерства по затратам, а это значит, что объём добычи угля не является наиболее существенным фактором, который объясняет поведение затрат.

Для выбора наиболее значимых стратегических факторов необходим постоянный мониторинг состояния предприятий компании. Важный момент – определить время существенного влияния конкретного фактора или носителя затрат на каждом предприятии (филиале-шахте) на общие затраты, обеспечивающие лидерство среди конкурентов.

В процессе стратегического анализа результатов мониторинга необходимо определить направления совершенствования технологии за счёт изменения параметров выемочных столбов, технического перевооружения основных технологических процессов. Так увеличение длины выемочного столба сокращает протяженность проведения выработок на 1000 т добычи, увеличивает запасы выемочного столба, сокращает трудоемкость работ, обеспечивает рост объемов добычи. Это стратегическое направление в технологии вызвало необходимость технического перевооружения очистных и подготовительных процессов и изыскания связей с поставщиками. Можно сделать вывод, что угольной компании определено стратегическое направление в сторону снижения затрат на добычу угля.

Подводя итоги, можно сказать, что управление затратами создает стратегические направления для системы управления издержками и позволяет опустить их до уровня носителей затрат, мест возникновения затрат, технологических процессов, в том числе с использованием приемов гибкого бюджетирования.

Список литературы

1. Савчук В.П. Стратегическое управление издержками / В.П. Савчук // Антикризисное внешнее управление, 2005, № 1

2. Портер М. Конкуренция / М.Портер. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2009.

УДК 332.01:622.33

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Петрова Т.В., Эпова А.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Горно-экономическая наука в своем становлении и развитии прошла несколько этапов. За это время возник ряд теорий и подходов к пониманию сущности производственно-экономической системы, а также механизмов ее функционирования. Однако большинство из них оказались не в состоянии решить проблему достоверности прогноза ее развития, в связи с чем возникает необходимость пересмотреть традиционные подходы к этому вопросу.

На рис. 1 представлены основные долгосрочные стратегии развития угольной отрасли, сформулированные в период плановой экономики, в период перестройки, а также в условиях современной рыночной экономики (оптимистический и умеренный варианты). В большинстве своем, эти прогнозы не воплощались в реальность даже с учетом «временных» корректировок.

Все попытки прогнозирования развития сложных систем, в том числе угольной отрасли, оказываются тщетными ввиду ничтожно малого временного горизонта прогноза, т.е. срока, для которого прогноз действителен с заданной точностью. Любое, на первый взгляд, незначительное отклонение в определении начального состояния системы нарастает со временем, и с некоторого момента мы теряем возможность что-либо предсказывать [5].

Поиск нового решения проблемы достоверности прогноза развития угольной отрасли, адекватного современному этапу развития науки, предполагается осуществить в рамках постнеклассической научной рациональности, а точнее в рамках синергетики.

Синергетика с точки зрения физической природы самого метода представляет собой эвристический подход к исследованию процессов самоорганизации открытых систем раз-

личной природы [3]. В более широком понимании ее рассматривают как специфический образ мышления, позволяющий давать принципиально иную оценку происходящего.

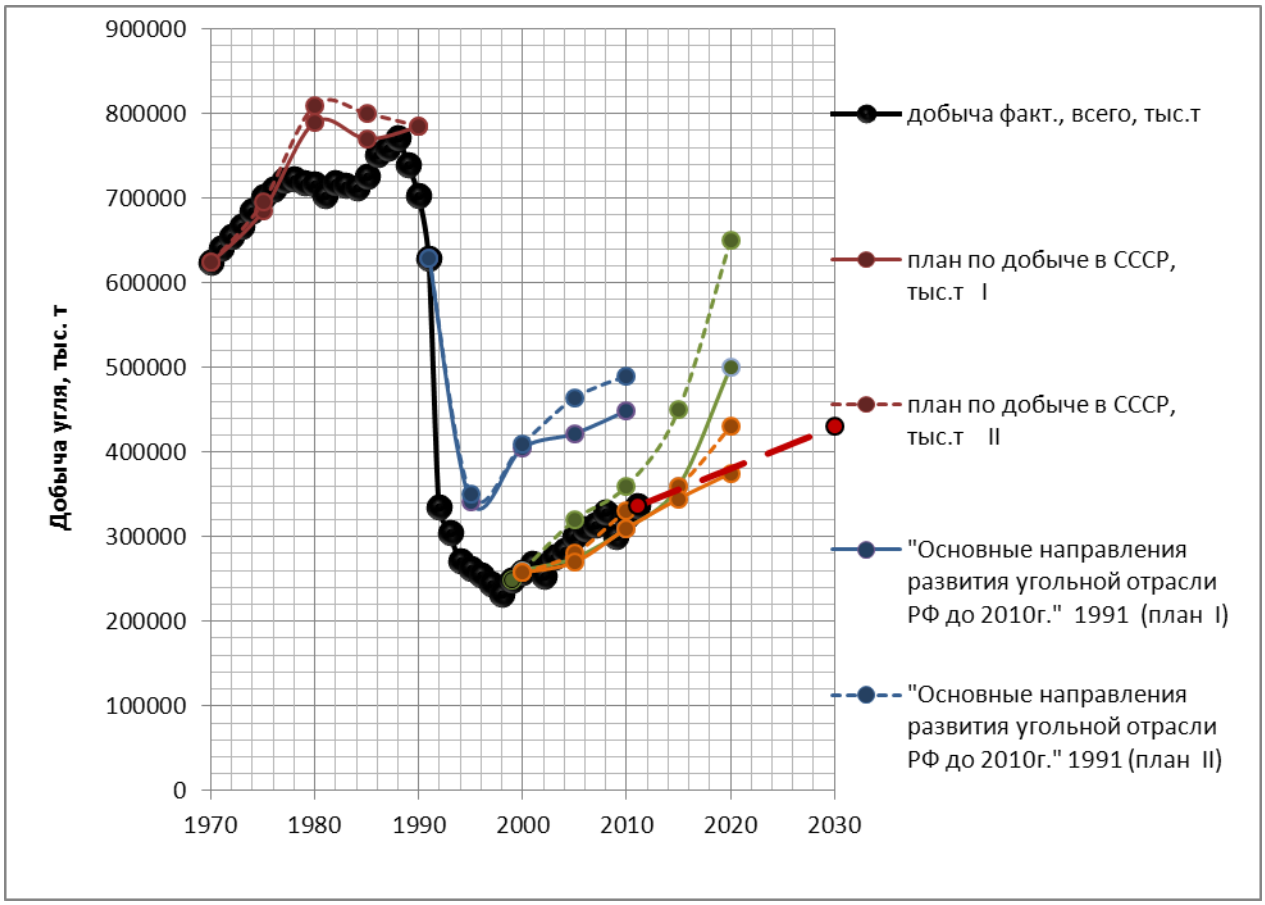


Рис. 1. Основные долгосрочные стратегии развития угольной отрасли России

Основными характеристиками системы угольной отрасли в рамках синергетического подхода являются следующие:

1. *Незамкнутость.* Чтобы система имела возможность прогрессивно развиваться, она должна быть открытой. В соответствии со вторым началом термодинамики в закрытых системах постоянно возрастает энтропия, что приводит к разрушению системы. Остановить этот процесс можно только в результате взаимодействия системы с внешней средой [2].

Угольная отрасль, независимо от типа экономического механизма, является в той или иной степени открытой системой, так как получает управляющие воздействия извне.

2. *Неравновесность процессов.* Неравновесность представляет собой перманентное изменение параметров системы под воздействием внешней среды, так как с точки зрения синергетики система должна постоянно осуществлять работу, чтобы сохранить условия своего существования [2].

Специфические особенности шахт и разрезов выражаются в изменчивости горно-геологических условий, непрерывном перемещении рабочих мест, опасности ведения горных работ, что не позволяет во многих случаях обеспечивать их стабильную работу. К тому же угледобывающие предприятия в своем развитии проходят стадии освоения мощности, стабильной работы и затухания.

3. *Необратимость эволюции*. Выбор определенной траектории развития системы закрывает иные, альтернативные, пути и делает тем самым эволюционный процесс необратимым [2].

Так, например, постоянное совершенствование технической базы отрасли не предполагает возврата к использованию морально устаревших машин и механизмов.

4. *Нелинейность преобразований*. В ходе эволюции системы наступает такой момент, когда она «вдруг» становиться в значительной степени иной: старые механизмы воздействия на систему не дают прежнего результата [2].

Примером такого поведения может послужить развитие отрасли в 75-80 гг., когда впервые за 30 лет система перестала адекватно отвечать на внешние воздействия. Это выражалось в массовом невыполнении предприятиями плановых заданий, что существенно снизило темпы роста добычи угля.

5. *Неоднозначность целей*. В нелинейной среде могут одновременно существовать несколько путей развития системы, связанных с реализацией новых целей [2].

Трансформация целевых основ системы может произойти на этапе ветвления эволюционного процесса. Изменение цели развития системы угольной отрасли при переходе к рынку – яркий тому пример.

Прежде чем перейти к рассмотрению основных аспектов предлагаемого подхода, необходимо дать четкое определение термину «развитие». Под развитием сложной системы будем понимать новое качественное состояние объекта исследования, при котором претерпевает изменение его структура, поведение, а также целевая направленность функционирования [3]. Следует отметить, что развитие системы не имеет ничего общего с ростом ее количественных характеристик.

Кратко охарактеризуем развитие сложной системы с точки зрения синергетики.

Система находится под непрерывным воздействием внешней среды и осуществляет обратную связь. Благодаря таким взаимным воздействиям она непрерывно развивается, и в своем развитии проходит две чередующиеся стадии: стадию динамического покоя (эволюционный этап) и стадию хаоса (бифуркационный этап, фаза кризиса), которые определяют цикличность ее развития.

Во время эволюционного этапа развития происходит медленное накопление качественных изменений в системе и во внешней среде, благодаря которым методы управления, ранее оказывающие существенное воздействие на систему, теряют свою эффективность. В результате система прекращает свое развитие и становится неуправляемой, то есть наступает бифуркационный этап или ветвление эволюционного процесса. На этом этапе система становится чрезвычайно чувствительной к небольшим по величине внешним воздействиям, которые подавлялись системой на прежнем уровне устойчивости, или флуктуациям. Флуктуации могут разрушить систему, могут перевести систему на более низкий уровень устойчивости, то есть система может качественно деградировать, но они также могут перевести ее на качественно более высокий уровень развития с более высокой степенью устойчивости. Если в точке бифуркации реализуются последние два сценария, то система вновь становится на путь плавных изменений до следующей точки бифуркации [1].

Таким образом, порядок рождается из хаоса в процессе самоорганизации. Этот тезис является принципиально важным: без хаоса невозможно развитие системы. Более того, в определенный момент система сама стремится к провоцированию хаотического состояния. Это внутреннее свойство характерно для любой жизнеспособной системы.

Хотя внешне развитие системы на бифуркационном этапе выглядит непредсказуемым, оно имеет скрытую внутреннюю логику. В процессе трансформаций система притягивается к определенным упорядоченным структурам. Выбор такой структуры осуществляется в соответствии с принципом минимальной энтропии [1].

Попытаемся дать характеристику развития угольной отрасли России за последние 40 лет с точки зрения синергетической парадигмы.

Период с 1970-1975 гг. относится к этапу интенсификации развития угольной отрасли на основе комплексной механизации производственных процессов, который берет свое начало с 1966 г. Стремительный рост добычи угля, сопровождающийся внедрением передовой техники и технологии ведения горных работ не оставлял сомнений в том, что подобная тен-

денция просуществует еще долгие годы. Планы на девятую пятилетку были выполнены досрочно, многократно возросли технико-экономические показатели работы отрасли, уровень комплексной механизации увеличился за пять лет более чем в два раза, существенно возросла производительность труда рабочего по добыче, началось широкое внедрение средств автоматизации производственных и технических процессов, интенсивно внедрялись в практику новейшие научно-исследовательские и проектно-конструкторские разработки [6]. Казалось, нет никаких серьезных оснований для прогнозирования какого-либо рода кризисных явлений, как вдруг в последующие годы наблюдается неуклонное снижение темпов развития отрасли по ряду показателей, сначала постепенное, а затем резкое и стремительное.

Оглядываясь назад можно, конечно выявить множество противоречий, возникших в угольной отрасли того времени, но на тот период предсказать что-либо, на наш взгляд, было чрезвычайно сложно.

Период 1975-1980 гг. можно охарактеризовать как предкризисный или начальную стадию бифуркационного этапа развития. Система вступила в область опасного снижения устойчивости, характеризующуюся петлями положительной обратной связи и кумулятивными эффектами. Петля положительной обратной связи характеризуется усилением относительно слабых воздействий на систему до гигантских разрушающих ее структуру волн. Кумулятивный эффект представляет собой цепь событий, каждое из которых влечет за собой все более существенное [1]. Как правило, оба эти явления взаимосвязаны. Приведем несколько примеров. Общеизвестно, что в годы советских пятилеток основное внимание было сосредоточено на выполнении и перевыполнении планов в любой отрасли хозяйствования, причем зачастую в ущерб качеству произведенной продукции. Это происходило не из-за недостатков самой системы планового управления народным хозяйством, а в большинстве своем из-за физической невозможности в относительно короткие сроки многократно увеличивать объемы производства. Так, качество металла, из которого изготавливались очистные комплексы, и иное оборудование, а также металлокрепь, не отвечало требованиям работы в недрах по факторам надежности, долговечности и ремонтопригодности. В результате участились простои по техническим причинам, возросло количество аварий. Все это усугублялось естественным усложнением горно-геологических условий на шахтах: увеличением глубины разработки месторождений в среднем до 440м, переходом на отработку уклонных полей, ростом протяженности поддерживаемых выработок, усложнением схем транспорта. Чтобы компенсировать снижение нагрузки на забой и достигнуть плановых показателей, по отрасли был осуществлен массовый ввод малоэффективных забоев, оборудованных зачастую отработавшими свой срок службы машинами и механизмами. Более того, с 1978 года по этой же причине возникла тенденция значительного отставания подготовительных работ. Образовавшийся таким образом разрыв очистного фронта еще больше усугублял и без того кризисное состояние отрасли [6].

На наш взгляд, в период 1975-1980 гг. отрасль уже требовала качественной перестройки, которая позволила бы смягчить ее «падение» и относительно безболезненно вывести ее на новый уровень развития, сохранив за углем лидирующие позиции в ряде энергоресурсов. Однако здесь управляющая подсистема совершила первую ошибку: она стала затягивать процесс перехода системы в новое состояние. Подобное промедление на бифуркационном этапе развития системы, как правило, влечет за собой деградацию системы или ее разрушение.

Последствия такого промедления дали о себе знать уже в 1980-1990гг. Резко ухудшилось состояние шахтного фонда: 65% шахт не подвергались реконструкции более 20 лет, работы по вскрытию и подготовке новых горизонтов составляли меньше 50% требуемых объемов, удельный вес полностью изношенной техники практически на каждом предприятии доходил до 80%. В свою очередь стремительное развитие нефтегазовой отрасли привело к сокращению и без того дефицитных государственных вложений в угольную отрасль.

В этот период был достигнут максимальный объем добычи угля за всю историю страны – 771,8 млн.т, после которого началось стремительное падение отрасли [6].

Предприятиям отрасли была поставлена задача – любой ценой выполнить установленные планы. Требование немедленного роста объемов производства привело к распространению нерациональных схем вскрытия и подготовки шахтных полей, значительному разрыву между глубиной ведения горных работ и шахтным транспортом. Не располагая иными ресурсами для увеличения объемов производства, предприятия вынуждены были отрабатывать различные прирезки и участки с некондиционными запасами угля. Неудивительно, что в таких условиях травматизм на угледобывающих предприятиях стал приравниваться к национальному бедствию. Кроме того, период с 1980-1990 гг. характеризовался экстренным вводом в эксплуатацию малоэффективных предприятий небольшой мощности [6].

Предприятия, которые проектировались как высокоэффективные, столкнулись с новой проблемой. Чем быстрее шахта осваивает проектную мощность, тем быстрее наступает предельное состояние эксплуатации технологических узлов и необходимость их реконструкции. Таким образом, требования управляющей подсистемы, касающиеся максимально быстрого освоения предприятием проектной мощности, обернулись необходимостью новых капвложений, которых в этот период у государства не было [6].

В 1988г. управляющая подсистема принимает решение о переводе угледобывающих предприятий на самофинансирование. Следует отметить, что самофинансирование предполагает не только самоокупаемость, но и значительные вложения в развитие шахтного фонда, что в условиях экономического кризиса не представлялось возможным. Таким образом, с точки зрения синергетической концепции, на данном отрезке бифуркационного этапа развития системы угольной отрасли происходит второе некорректное вмешательство в ход ее развития. Управляющее воздействие не находилось в резонансе с системой, то есть навязывало ей такой путь развития, для которого не были созданы объективные условия. Вероятно, этот вариант развития системы мог быть успешно реализован на начальной стадии буфуркационного этапа, но теперь, чтобы остановить деградацию системы, необходимо более сильное негэнтропийное воздействие извне.

В результате реформы произошло массовое закрытие угледобывающих предприятий, и развитие забастовочного движения шахтеров по всей стране.

Таким образом, отсутствие необходимых воздействий со стороны управляющей подсистемы или некорректное, несвоевременное вмешательство в ход развития системы угольной отрасли стало причиной снижения роли угля в ряде основных энергоресурсов страны.

Системный кризис 1991г. и распад СССР уже не оставили выбора управляющей подсистеме. Государство вынуждено было отдать потенциально убыточную базовую отрасль, народного хозяйства, находящуюся на грани развала, в частные руки. Это событие стало кульминацией всего бифуркационного этапа развития отрасли.

Период с 1992-1998 гг. можно назвать периодом посткризисного развития. Этот период носил достаточно затяжной характер ввиду противоречивости вновь созданной структуры управления, а также противоречий внутри самой системы. Если выражаться языком синергетики, то в данном случае управляющая подсистема после прохождения точки бифуркации не изменилась или изменилась недостаточно и в результате тянула систему на старый, изживший себя аттрактор, чем значительно затягивала и усложняла процесс посткризисных трансформаций. Так, например, целью реструктуризации угольной отрасли было закрытие убыточных предприятий и стремительное развитие высокоэффективных. Однако снятие ответственности с новых собственников за результаты деятельности предприятий привело к чисто потребительскому отношению к полученной собственности. Подобная система сама порождала стагнацию и, как следствие, дальнейшую ликвидацию ряда предприятий, а не боролась с ней. Еще пример: государственные дотации в угольную отрасль противоречии принципам рыночной экономики и, тем не менее, имели место достаточно длительное время [6].

В 1998г. отрасль вновь вступает на путь плавных изменений, то есть начинается новый эволюционный этап.

Разгосударствление угольной отрасли повлекло за собой достаточно четкую смену приоритетов ее развития и основ функционирования. Таким образом, можно совершенно

точно утверждать, что система перешла в новое состояние или новое качество. Если в эпоху плановой экономики добыча угла представлялась важной народнохозяйственной задачей, осуществлялась разработка угольных месторождений, не отвечающих принципам рыночной эффективности, обеспечивалась полная доработка запасов, закрепленных за отдельными угледобывающими предприятиями, то в эпоху рынка мы наблюдаем противоположную картину. Добыча угля теперь – способ получения прибыли. Собственники угольных шахт, в условиях жесткой конкуренции на рынке, стремятся к отработке наиболее эффективных угольных пластов с лучшими горно-геологическими условиями их залегания. Следствием этого зачастую является отказ от разработки значительных площадей шахтных полей, что в свою очередь приводит к сокращению срока службы угледобывающих предприятий.

Итак, проанализировав развитие угольной отрасли в точке ветвления эволюционного процесса можно сделать следующие выводы:

1. Своевременный учет назревающих противоречий в системе позволяет существенно снизить негативные последствия назревающего кризиса, однако игнорирование их может привести к деградации и разрушению системы.

2. Навязывание системе путей развития бесперспективно, ибо заведомо обрекает ее на деградацию [3].

3. Если прохождение системы через точку бифуркации затягивается, то наступает деградация системы, а возможно и полное ее разрушение.

4. Выбор нового типа динамического состояния системы происходит в соответствии с принципом минимальной энтропии, то есть в то состояние, в котором система максимально будет взаимодействовать с внешней средой. В рассмотренном случае переход к рынку характеризовался минимальным уровнем роста энтропии в системе.

В настоящее время угольная отрасль России стремительно развивается. Так можно ли с достаточной степенью точности сказать, что очередной долгосрочный прогноз развития отрасли до 2030 г. оправдается? Ответить на этот вопрос, основываясь на современном состоянии системы невозможно. Система угольной отрасли, как и любая другая сложная система, непрерывно развивается. Она не несет в себе в готовом виде формы будущих состояний, а приобретает их в результате взаимодействий различного рода.

Резюмируя все вышесказанное, следует отметить, что прогнозирование с точки зрения синергетической концепции – это не предугадывание будущего, а скорее выявление назревающих проблем и поиск возможных путей их решения. Благодаря учету указанных закономерностей проблема прогнозирования развития системы угольной отрасли получает существенно иное решение.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ
по государственному контракту № 16.740.11.0410

Список литературы

1. Малинецкий Г.Г. Нелинейная динамика и проблемы прогноза / Г.Г. Малинецкий, С.П. Курдюмов // Вестник российской академии наук. – 2001. - №3. – С. 210 – 232.

2. Пугачева Е.Г. Самоорганизация социально-экономических систем: Учеб. пособие [Текст] / Е.Г. Пугачева, К.Н. Соловьенко. – Иркутск: БГУЭП, 2003. – 172с.

3. Синергетика: перспективы, проблемы, трудности (материалы «круглого стола») // Вопросы философии. – 2006. - №9. – С. 3-33.

4. Краснянский Г.Л. Экономические аспекты развития топливно-энергетического комплекса России [Текст] / Г.Л. Краснянский. – М.: Академия горных наук, 2000. – 127 с.

5. Статус науки в современной культуре // Клуб «Свободное слово». [Электронный ресурс]: материалы дискуссий. – Электрон.дан.- Режим доступа: http://www.netda.ru. - 27.1.2010.

6. Материалы журнала «Уголь» 1970-2011гг.

УДК 622.33.003:658.012(571.17)

СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЭК РЕГИОНА: ВОПРОСЫ ТЕОРИИ, МЕТОДОЛОГИИ И ПРАКТИКИ

Новоселов С.В., Ремезов А. В., Харитонов В.Г.
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Эффективное развитие ТЭК России является одним из основных условий определяющим стабильное развитие всей экономики страны на данном историческом этапе. Следует отметить, что немаловажную роль, в обеспечении эффективного развития играют региональные ТЭК. Современное состояние отечественной экономики, сложность и высокая динамичность внешней среды, все возрастающее влияние со стороны конкурентов требуют от ТЭК России непрерывного, системного развития, реализации своего потенциала, формирования методов оценки развития, отвечающих сложившимся экономическим условиям.

Приоритетная роль в достижении положительной динамики качественных и количественных изменений в ТЭКе отводится инновационному, энергосберегающему развитию, которое характеризуется созданием наукоемких технологий и современного производственного потенциала путем обновления основных фондов генерирующих мощностей, использованием нововведений, инновационных технологий добычи энергоресурсов и генерирующих компаний, способствующим реализации в практику положений стратегий ЭС-2020 и ЭС -2030.

Необходимость перехода российских топливно-энергетической отрасли на энергоэффективный и энергосберегающий путь развития объективно предопределена большой энергоемкостью национального ВВП и, соответственно, резким обострением конкурентной борьбы на энергетических рынках, где большинству российским генерирующим и добывающим компаниям есть еще над чем работать для повышения эффективности и стабильности процесса генерации, транспорта и потребления энергоресурсов.

Следовательно, энергоэффективное развитие, выступая как необходимый и непрекращающийся во времени процесс адаптации энергетической системы к требованиям внешней среды, является главным условием стабилизации российского ТЭКа в конкурентном окружении. Для формирования процесса эффективного развития необходима оценка его параметров и адекватности целей требованиям внешней среды. В данном случае процесс тактического и стратегического развития, будет представлять собой характеристику, полученную в результате системного исследования показателей, отражающих все аспекты производственно- технологической, организационной, инвестиционной и финансовой деятельности генерирующих компаний и других элементов ТЭК, содержащую обобщающие выводы и стратегии деятельности угольных шахт, разрезов, газо- и нефтедобывающих производств, генерирующих станций размещенных в региональных ТЭКах на долгосрочную перспективу, на основе не противоречия и согласования с целями ЭС-2020 и ЭС -2030.

Сложность проблемы системной оценки развития регионального ТЭК заключается в ее многогранности и неоднозначности, даже в самих понятиях составляющих тему исследования, например, если взять термин «системная» – существует множество дефиниций системы - несколько десятков, и если четко не определится с данным понятием, то в последующем это приведет к расплывчатости, рассогласованности в смысловом значении таких терминов как: развитие, рост, цель, стратегия.

Другая проблема заключается в том, что региональные ТЭК существенно отличаются друг от друга по видам энергетической продукции, по масштабам и мощностям региональных ТЭК, по стратегической значимости, условиям конкуренции, по потенциалу стратегической диверсификации. Решение всех этих проблем предполагает: разработку классификации региональных ТЭК, классификацию стратегий применимых для региональных ТЭК, механизма выбора альтернативных стратегий развития региональных ТЭК, разработку системы показателей, характеризующих эффективность регионального ТЭК. В связи с этим, изучение

проблем формирования и оценки стратегий развития регионального ТЭК, с целью повышения эффективности его функционирования определяет актуальность данной темы исследования.

Достижение поставленных целей требует решения ряда взаимосвязанных задач, главными из которых являются:

- анализ особенностей и тенденций функционирования и развития ТЭК РФ в условиях рыночной экономики, раскрытие сущности и описания структуры процесса развития региональных ТЭК, определение соответствия этого процесса сложившимся экономическим условиям;
- классификация региональных ТЭК РФ;
- характеристика и выявление классификационных групп ТЭК;
- исследование региональных ТЭК как сложных технолого-экономических систем, разработка ключевых принципов системной оценки регионального ТЭК;
- обоснование механизма формирования системы стратегических и оперативных целей регионального ТЭК, в т.ч. разработка методов формирования генеральной цели развития регионального ТЭК;
- разработка методологии формирования и реализации инновационной стратегии регионального ТЭК;
- уточнение и дополнение общих принципов стратегического управления региональным ТЭК, в т.ч. разработка организационной модели его стратегического анализа;
- разработка механизма формирования финансовой стратегии регионального ТЭК;
- разработка методических рекомендаций по системной оценке развития регионального ТЭК;

Создание методологии системной оценки стратегического развития региональных ТЭК до 2020года и на стратегическую перспективу до 2030года будет способствовать повышению энергетической безопасности России.

Список литературы

1. Новоселов, С. В. Комплексная оценка стратегического развития угольного бассейна / С. В. Новоселов. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. – 79 с.

2. Харитонов, В.Г. Современный горный менеджмент: вопросы теории и практики стратегического, тактического и функционального управления в угольной промышленности РФ / В. Г. Харитонов, А. В. Ремезов, А. И. Жаров, С. В. Новоселов, А. П. Стариков, С. Г. Костюк, Кемерово: КузГТУ, 2008. – 1082 с.

УДК 622.33.003:658.012(571.17)

СОЗДАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ – ИННОВАЦИОНЫЙ ПУТЬ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЭК

Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Кузбасс как стратегический угольный бассейн России нуждается в создании современных, эффективных многофункциональных углеперерабатывающих компаний (МУК), которые улучшат показатели регионального ТЭКа как по энергоэффективности, так и по энергоемкости. Для создания МУК нужна качественная отечественная нормативно-методическая база, способствующая бизнесу при принятии сложных решений стратегического развития угольных компаний, в условиях неопределенности окружающей среды, выбора вариантов модификации или трансформации угольных компаний, при радикальных изменениях. Так же

потребуется репрезентативная методическая база проектирования и создания современных многопрофильных углеперерабатывающих предприятий.

В настоящее время есть отраслевая нормативная база, в которой много проблем систематизации и регламентации, устранение нормативных рудиментов. В случае создания МУК, нужна систематизированная и увязанная нормативная документация, соответствующая и удовлетворяющая требованиям как отдельных отраслевых нормативов и правил, так и интегрировано всему своду нормативной базы, обеспечивающей полноценность проекта МУК. Создание новой нормативно-проектной документации, это и есть инновационные разработки и, по всей вероятности, будет самый сложный, творческий и ответственный этап работы, под силу ведущим проектно-исследовательским институтам, научно-исследовательским центрам, внедренческим структурам. Без этого нормативно-творческого этапа, согласовательных действий, создание МУК и реальный технологический прорыв в угольной отрасли будет замедлен.

Лучшее, что авторы видят в этом аспекте - применение системного подхода в консолидации сил и средств, при создании современных инновационных проектов в реальном секторе экономики. Любое инновационное развитие невозможно без реализации проектов, в этом случае проектирование прогрессивных многопрофильных предприятий, также в свою очередь требует системного подхода при проектировании и формировании всех элементов многопрофильной производственной системы. Однако всегда при решении масштабных задач возникает своя конкретная проблематика, которая присутствует в каждом конкретном случае проектирования и создания многопрофильных углеперерабатывающих компаний. Нужны исследования и эксперименты, экспериментальные внедрения в области углеперерабатывающих технологий и, следует заметить, они уже ведутся, есть реальные проекты, но есть и проблемы.

Защищая системную концепцию развития экономики угольной отрасли, а значит и, не отрицая другие парадигмы развития технологических укладов, при совершенствовании развития угольных компаний, предлагается использовать системный, т. е. всеобъемлющий подход и при их организационном проектировании. Системный подход, направляет на применение основных положений обозначенных и стратегиями «ЭС-2020» и «ЭС-2030». В ближайшем будущем, по всей вероятности, будет востребована конкретная методология модификации и трансформации угольных компаний на основе инновационного курса. Крупные угольные компании, в большей степени заинтересованы в своевременной модификации или трансформации своих подразделений, т. к. постоянно меняются условия внешней и внутренней среды (условия формирования технологических парадигм) продиктованные требованием времени, и поэтому они могут получить значительную экономию (от оптимизации структуры и модернизации своих технологий), и выиграть в стратегическом развитии, а если упустят время наоборот, будет упущенная выгода и убытки. Как подтверждает практика - простое расширение или ликвидация производств неэффективна, нужна системная оптимизация организационно-производственной структуры компании.

Успешная стратегическая трансформация угольных шахт в МУК происходит в случае создавшейся необходимости ее технологического преобразования и наличия необходимых ресурсов для ее успешного проведения. В этом случае необходимо точно выбрать момент начала трансформации и ее завершения, с учетом стабильного спроса на продукцию вводимой новой технологии шахто-системы. Определив стратегический горизонт, параметры функциональности, размеры проектируемых и вводимых мощностей, прогнозируемые финансовые результаты, можно рассчитать прогнозные параметры бизнес-плана для реализации проекта трансформации МУК.

Внедрение МУК, безусловно, повышает качество угольной продукции на основе увеличения глубины обогащения коксующихся углей, внедрения новых технологий обогащения, глубокой переработки энергетических углей. Кроме того МУК дают возможность энерготехнологического использования углей с получением из них жидких и газообразных энергоносителей, а также развития углехимических производств.

Резюмируя можно утверждать, что генезис и развитие интеграционных экономических образований в угольных бассейнах России, в условиях новых технологических парадигм способствует инновационному развитию региональных ТЭК.

Список литературы

1. Новоселов, С. В. Комплексная оценка стратегического развития угольного бассейна / С. В. Новоселов. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. – 79 с.

2. Харитонов, В. Г. Теория проектирования и методы создания многофункциональных шахто-систем / В. Г.Харитонов, А. В. Ремезов, С. В. Новоселов - Кемерово: ГУ КузГТУ, 2011. – 349 с.

3. Концепция Энергетической стратегии России на период до 2030 г. (проект) // Прил. к научн., обществ.-дел. журналу "Энергетическая политика". — М. : ГУ ИЭС, 2007. - 116 с.

УДК 622.33:334.01(571.17)

АЛЬТЕРНАТИВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЭК КУЗБАССА - УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЛАСТЕРЫ, ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИЛИ ШАХТО-СИСТЕМЫ?

Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г.

Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Общеизвестно, что целью энергетической политики России является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействие укреплению ее внешнеэкономических позиций.

Энергетическая стратегия определяет цели и задачи долгосрочного развития энергетического сектора страны на предстоящий период, приоритеты и ориентиры, а также механизмы государственной энергетической политики на отдельных этапах ее реализации, обеспечивающие достижение намеченных целей.

Для региональных ТЭК настоящая энергетическая стратегия является базовым документом, с учетом конкретики территорий, анализа существующих тенденций и новых системных вызовов развитию энергетики. В настоящее время выделяется ряд новых течений в проектировании инновационных экономических образований в региональных ТЭК: углеперерабатывающий промышленный кластер, энерготехнологический комплекс и шахто-система.

Для ТЭК Кузбасса важным является соблюдение пропорций стратегического развития, как производства, так и потребления с учетом экологического фактора, но с учетом энергетической безопасности России. Внедрение проектов инновационных экономических образований в региональный ТЭК как показывают расчеты является эффективным.

Сравнительная оценка классификационных характеристик углеперерабатывающего промышленного кластера, энерготехнологического комплекса и шахто-системы приведено в табл.1.

Комментируя табл. 1, важно заметить, что инициаторами разработки стратегии формирования и развития кластерных промышленных систем являются, как правило, органы государственного управления, отвечающие за развитие планируемой социально-экономической системы в целом, а реализация осуществляется в ходе совместной деятельности всех агентов социально-экономических процессов: государственных организаций, частного бизнеса, населения, каждый из которых действует в сфере своей компетенции и объединены единой системой ценностей вокруг ядра конкурентоспособной экономической деятельности.

Таблица 1

Классификационные характеристики кластера, энерготехнологического комплекса и шахто-системы

Характеристика	Вид экономического образования		
	углеперерабатывающий промышленный кластер	углеэнергетический комплекс	шахто-система
Дефиниция	Интегрированная группа экономических образований выгодно взаимодействующих друг с другом при производстве, переработке и реализации продукции из угля.	Интегрированные углеэнергетические предприятия (комплексы)действующие по схеме: «уголь – газ – электричество»	Многофункциональная углеперерабатывающая компания базовый элемент – шахта
1. Географическая концентрация / масштаб	Бассейн (Регион) / большой	Месторождение / средний	Шахтное поле / локальный
2. Количество экономических агентов	Значительное	Ограниченное	Рациональное
3. Виды взаимодействия между членами образования	Частно-государственное партнерство (баланс интересов)	Корпоративное	Акционерное
4. Время жизненного цикла экономического образования	Сложно прогнозировать	Определено запасами ТЭР	Определено стратегией
5.Продуктивность (количество технологий) экономического образования	Специализация по базовому продукту (углю)	Специализации по энергетической продукции из угля и газа метана	Расширенный ассортимент углепродуктов
6. Адаптационность и управляемость экономического образования	Низкая	Средняя	Высокая
7. Объем инвестиций в проект экономического образования	Большой	Средний	Средний
8. Диапазон рентабельности участников экономического образования	Максимальный	Средний	Минимальный

Энерготехнологический комплекс (ЭТК) - экономическое образование по масштабу меньшее, чем региональный промышленный кластер, но по своей специализации способный обеспечить энергетической продукцией значительную часть потребителей региона и собственное потребление. Собственником и инициатором проекта ЭТК – могут быть как совместно государственные органы и частные компании, так и только частные инвесторы. Если в ЭТК – участвуют несколько самостоятельных компаний, то он определяется как энерготехнологический угольный кластер.

Многофункциональная шахто-система по масштабам более компактная, чем ЭТК, но ее продуктовая линия может быть более расширенной – инициатор проекта частные инвесторы (акционеры), единая технологическая цепочка, рациональная (гибкая) организационная структура, реализующая эффективную стратегию в рамках конкретного горного отвода.

Основной принцип функционирования – синергетический эффект от взаимодействия технологий (в отличие от кластера, где преобладает взаимодействие самостоятельных предприятий).

Резюмируя можно утверждать, что проблема стратегического выбора при формировании инновационных экономических образований в ТЭК Кузбасса в пользу региональных промышленных кластеров, энерготехнологических комплексов (энерготехнологических угольных кластеров) или шахто-систем, должна решаться на основе оценок их альтернативных проектов при использовании комплекса характеристик и интегральных критериев оценки.

Список литературы

1. Пучков, Л.А. Углеэнергетические комплексы будущего / Л.А. Пучков, Б. М. Воробьев, Ю. Ф. Васючков. – М . : МГГУ, 2007. – 245 с.

2. Харитонов, В.Г. Теория проектирования и методы создания многофункциональных шахто-систем / В. Г. Харитонов, А. В. Ремезов, С. В. Новоселов.: Кемерово, 2011. – 349 с.

УДК 622

ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ВЫБОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА: ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЛАСТЕРЫ, ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИЛИ ШАХТО-СИСТЕМЫ?

Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г.
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

В последнее время в российских средствах массовой информации и различных научных работах стал очень модным термин – «кластер» и словосочетания полученные с его помощью. За рубежом кластерный подход при образовании производств упоминался М.Портером, который в основном сформулировал концепцию кластерной организации [1]. Как утверждает источник [2], важные результаты в области анализа процессов интеграции промышленных предприятий были получены еще А. Маршаллом и Ф. Перру. Исследования же собственно кластеров, как производственно-экономических образований начинаются с работ М. Портера, где впервые было дано определение кластера как объективного системного явления в экономике, сформулированы факторы конкурентных преимуществ кластерной организации производства. Важны также положения, высказанные М. Энрайтом, который особо подчеркнул региональный аспект формирования и развития кластеров и роль государства в их формировании. В нашей стране исследования в близких направлениях проводились в рамках планирования развития территориально-производственных комплексов (ТПК) в 70-80 гг. прошлого века.

Следует отметить, что нечеткость в определении понятия «кластер» и сложность с выявлением его границ в пространстве, требуют уточнения понятий «промышленный кластер», «локальный (региональный) кластер», «инновационный кластер» для выделения отдельных процессов, позволяющих повысить конкурентоспособность производства, как в отдельных регионах, так и в стране в целом, трактует С. Бирюков [3].

Промышленный кластер - это группа родственных взаимосвязанных отраслей промышленного комплекса, наиболее успешно специализирующихся в международном разделении труда.

Региональный (локальный) кластер – это группа географически сконцентрированных компаний из одной или смежных отраслей и поддерживающих их институтов, расположенных в определенном регионе, производящих схожую или взаимодополняющую продукцию и характеризующихся наличием информационного обмена между фирмами-членами кластера и их сотрудниками. Кроме того, были выделены кластеры по наличию географической со-

ставляющей – к внепространственным кластерам отнесены промышленные и национальные кластеры, а к пространственным – региональные, трансграничные и локальные кластеры.

Инновационный кластер – это целенаправленно сформированная группа предприятий, функционирующих на базе центров: генерации научных знаний и бизнес-идей, подготовки высококвалифицированных специалистов. Предложенное определение инновационного кластера, безусловно, сужает системное понятие «инновационный» как способный эффективно приспосабливаться к изменениям внешней среды, но является рабочим и позволяет поставить задачу, как точного описания подобного кластера, так и измерения степени его инновационности. При этом степенью инновационности кластера считается качественная или количественная характеристика, отражающая: степень интеграции в состав кластера центров генерации научных знаний, центров генерации бизнес-идей, центров подготовки высококвалифицированных специалистов; долю выпуска инновационной и наукоемкой продукции в общем объеме производства; характеристики рынков сбыта этой продукции.

В любом случае, вышеприведенное не раскрывает до конца термина «кластер», так как это архисложное понятие и его можно рассматривать с позиций физики, химии, информатики и других наук, которые характеризуют его статику, динамику и синергетику, поэтому его применение вполне логично в различных отраслях знаний, в том числе и в экономике горной промышленности.

Неопределенность и полемика вокруг образований кластеров будет существовать, т.к. развитие вносит некоторый элемент изменений, новизны и неопределенности. Многие рассматривают кластеры как современный инструмент повышения конкурентоспособности региона, но автор предупреждает также и о повышающихся рисках при необоснованной кластерной организации. Вопрос стратегической эффективности кластерных образований также будет оставаться открытым, и требовать доказательства эффективности в каждом конкретном случае, так как кластеры имеют определенную степень устойчивости и временные параметры, подвергаются воздействиям внешней среды. Кроме того, отсутствуют конкретные методики выявления (идентификации) кластеров и разработки механизма их поддержки на уровне региона. Особо сложной задачей будет оценка эффективности кластерной организации в количественном плане.

В данной статье авторы систематизировали информацию, отвечающую на ряд значимых вопросов относительно природы кластеров и их практической реализации в угольной отрасли. Важно определить, когда эффективны кластеры, а когда их образование определено модой на новые тенденции в экономике, и лоббистскими интересами определенного круга заинтересованных лиц. Более реальную дать оценку кластера можно только при системном анализе проекта кластерного образования на конкретной территории. Но начинать надо с понятий этого явления, т.е. что является кластером, а что нет? Еще великий Рене Декарт говорил: «Верно определяйте слова, и вы освободите мир от половины недоразумений». Поэтому точно определив понятие «кластер» применимый в угольной отрасли, можно встать на верный путь решения проблемы создания эффективных кластерных образований в угольной промышленности. Рассмотрев, какую смысловую нагрузку несет термин «кластер» в различных источниках информации, и, проанализировав его трактовки рядом ученых логично спроецировать его суть и для угольной отрасли. Сложность изучения всего массива информации по данному вопросу заключается в многообразии мнений относительно понятия «кластер», поскольку в основу берутся различные характеристики кластера, а зачастую авторы предлагают определения, отражающие лишь узкую сферу применения подобных интегрированных образований (например, инновационный кластер, нефтяной кластер, региональный кластер и др.). В целях формирования более глубокого и целостного взгляда на процесс кластерообразования в экономике необходимо рассмотреть и проанализировать теоретические подходы, определяющие основные характеристики кластера.

Если верить свободной энциклопедии (википедии), которая трактует кластеры (в экономике) как сконцентрированные на некоторой территории группы взаимосвязанных компаний: поставщиков оборудования, комплектующих и специализированных услуг; инфра-

структуры; научно-исследовательских институтов; ВУЗов и других организаций, взаимодополняющих друг друга и усиливающих конкурентные преимущества отдельных компаний и кластера в целом, то по аналогии понятие «углеперерабатывающий кластер» автор определяет, как интегрированную группу экономических образований выгодно взаимодействующих друг с другом при производстве, переработке и реализации продукции из угля.

При контент-анализе, источников информации по рассматриваемому научному направлению, можно констатировать, что в последнее время защищен ряд докторских диссертаций по теме кластерной организации экономических образований в различных отраслях экономики, что подтверждается в источниках [2-16] очевидно, что незащищенным научным (теоретико-методологическим) направлением применения кластерного подхода осталась угольная отрасль, хотя следует уточнить, что генезис проектов «потенциальных» кластеров в угольной промышленности Кузбасса уже существуют.

В мировом аспекте в качестве основных характеристик кластеров согласно обзора Европейской экономической комиссии ООН 2008 г. [17] выделены:

- географическая концентрация (близко расположенные фирмы привлекают друг друга возможностью экономить на быстром экономическом взаимодействии, обмене капиталом и процессах обучения);
- специализация (кластеры концентрируются вокруг определенной сферы деятельности, к которой имеют отношение все участники);
- множественность экономических агентов (кластеры и их деятельность охватывают не только фирмы, входящие в кластер, но и общественные организации, академии, институты, способствующие кооперации и т. д.);
- конкуренция и сотрудничество (основные виды взаимодействий между фирмами – членами кластера, которые присущи им в равной мере);
- достижение необходимой «критической массы» в размере кластера для получения эффектов внутренней динамики развития;
- жизненный цикл кластеров (они рассчитаны на долгосрочную перспективу);
- вовлеченность в инновационный процесс (фирмы и предприятия, входящие в состав кластера, обычно включены в процессы технологических, продуктовых, рыночных и организационных инноваций).

Кроме того, контент-анализ репрезентативных источников по теме, определил основные характеристики для кластера, которые по логике приемлемы для оценки кластера и в угольной промышленности, но с внесением некоторых специфических характеристик: масштаб, специализация, организационные принципы, виды взаимодействия, устойчивость развития экономического образования, уровень эффективности участников, время жизненного цикла и др., которые были систематизированы и приведены в табл.1.

Следующим, достаточно четко представленным научному сообществу, как интеграционное экономическое образование в угольной отрасли являются углеэнергетические комплексы [18]. Интегрированные углеэнергетические предприятия сформировались при эволюции технологий угледобывающих и энергогенерирующих производств на базе угля за последние 50-60 лет, и в дальнейшем, будет продолжаться их развитие [18]. Концептуальные принципы формирования локальных углеэнергетических комплексов это: ресурсосбережение первичных энергоносителей, конверсия энергоносителей, многоуровневое интегрирование горно-эксплуатационного и электроэнергетического производства, гуманизация горно-энергетического производства, принцип экономической эффективности углегазоэнергетического производства, принцип экологической чистоты[18]. Основная идея этой концепции заключается в интегрировании горного и электроэнергетического производства в единую производственно-технологическую систему с конечным продуктом в виде электрической и/или тепловой энергии.

Рассмотрим, как практически представлено становление кластеров на практике в угольной промышленности Кузбасса – стратегического угольного бассейна России. В Кузбассе для развития и внедрения современных технологий создаются уникальные проекты,

объединяющие предприятия угольной промышленности, электроэнергетики и углехимии в один комплекс. Такое объединение, путем создания современной системы переработки угля, позволит расширить ассортимент угольной продукции и одновременно обеспечить потребителей тепловой и электрической энергией.

Таблица 1

Классификационные характеристики кластера, энерготехнологического комплекса и шахто-системы

Характеристика	Вид экономического образования		
	региональный промышленный кластер	углеэнергетический комплекс	шахто-система
Дефиниция	Объединение хозяйствующих субъектов производственной сферы и сферы услуг, науки, образования, иных видов деятельности, имеющих между собой любые формы хозяйственных взаимосвязей, которые имеют своей целью выпуск родственных продуктов или услуг	Интегрированные углеэнергетические предприятия (комплексы): «уголь – газ – электричество»	Многофункциональная углеперерабатывающая компания базовый элемент – шахта
1. Географическая концентрация / масштаб	Бассейн (Регион) / большой	Месторождение / средний	Шахтное поле/ локальный
2. Количество экономических агентов	Значительное	Ограниченное	Рациональное
3. Виды взаимодействия между членами образования	Частно-государственное партнерство (баланс интересов)	Корпоративное	Акционерное
4. Время жизненного цикла экономического образования	Сложно прогнозировать	Определено запасами ТЭР	Определено стратегией
5. Продуктивность (количество технологий)экономического образования	Специализация по базовому продукту (углю)	Специализации по энергетической продукции из угля и газа метана	Расширенный ассортимент углепродуктов
6. Адаптационность и управляемость экономического образования	Низкая	Средняя	Высокая
7. Объем инвестиций в проект экономического образования	Большой	Средний	Средний
8. Диапазон рентабельности участников экономического образования	Максимальный	Средний	Минимальный

По данным Администрации Кемеровской области и ЗАО «Шахта Беловская», представлен проект, суть которого заключается в следующем: непосредственно возле места добычи угля создается производственный комплекс газификации энергетических углей, который перерабатывает добытый уголь в высокоэффективный продукт с высокой энергоотдачей. Высвобождающееся при этом тепло используется для отопления населенных пунктов, а горючий газ, смешивающийся с газом метаном, полученным от дегазации угольных пластов, поступает в газогенератор для выработки электроэнергии. В результате использования этих технологий достигается следующий эффект: выпускается продукт с более высокой добавленной стоимостью (термококс или полукокс) и генерируется электроэнергия как для собственных нужд угледобывающего комплекса, так и для нужд Кемеровского региона.

В общей сложности инвестиции в проект составят 7,5 млрд. руб. В 2010 году компания вложила в строительство разреза и развитие производства 957 млн. руб. - на 28% больше плана. В 2011 году в рамках подписанного соглашения ЗАО «Шахта Беловская» намерена увеличить инвестиции на 446 млн. руб. по сравнению с 2010-м - до 1,4 млрд. руб.. В том числе приобрести земельные участки на 390 млн.руб., автомобили и экскаваторы на 769 млн.руб., вложить в объекты инфраструктуры 153 млн.руб., в проектно-изыскательные работы - 91 млн.руб.

Существует в Кузбассе и другой проект создания энерготехнологического угольного кластера «Серафимовский» по безотходной глубокой переработке угля 2,4 млн. т/год с производством электроэнергии на ТЭС мощностью 500 МВт, синтетических моторных топлив 1000 тыс.т/год, ценных химических продуктов и строительных материалов на базе новой шахты и обогатительной фабрики. Целью проекта является создание условий для сохранения темпа роста добычи угля в Кузбассе путем переработки его на месте в высоколиквидные продукты с использованием их в регионе. Инициатор и инвестор проекта - ЗАО МПО «Кузбасс». Срок реализации проекта - 2009-2018 годы. Общая стоимость проекта - около 60 млрд. рублей. Рентабельность: 57,2%.Срок окупаемости: 5,2 года. В настоящее время проведены предпроектные проработки.

Реализация проекта приведет:

- к созданию условий для диверсификации экономики региона (от поставщика сырья к производству высоколиквидной продукции);
- к созданию 1,5 тысячи новых рабочих мест;
- к ежегодному поступлению налогов в бюджеты всех уровней (оценочно) в объеме 15 млрд. руб.;
- к выпуску инновационных продуктов при глубокой переработке угля;
- росту добычи угля при снижении потребности в ж/д вагонах;
- к использованию экологически чистого моторного топлива;
- к привлечению финансового и научного потенциала стран СНГ, Европы, США;
- к созданию и развитию инновационной среды с межотраслевым промышленным потенциалом.

В масштабах России проект:

- создаст условия для повышения энергетической безопасности (за счет увеличения доли угля в энергетическом балансе страны);
- станет первым практическим шагом к обеспечению российской экономики экологически чистым производством электроэнергии и выпуска синтетических моторных топлив из угля (альтернатива нефти и газу);
- приведет к возрождению российской углехимии.

Для реализации проекта необходимо доработать и внести в Государственную Думу Российской Федерации проект закона «Об альтернативных моторных топливах» с учетом предложений о снижении ставок акцизов на моторные топлива, полученные из угля, а также введение льготного налогового периода для предприятий, производящих электроэнергию, химическую продукцию и моторные топлива из угля по новым экологически чистым технологиям.

Реализация вышеприведенных проектов кластерной организации в угольной промышленности Кузбасса возможна только при поддержке государственных органов, т.к. нужны решения по определенным законодательным инициативам и нормативным актам, ввиду того, что кластер направлен на решение задач и федерального уровня, а кроме того требует значительных инвестиций.

Однако, есть и третье проектное направление формирования экономических интегральных образований - создание инновационных углеперерабатывающих компаний в виде шахто-систем, это менее масштабные, но наиболее гибкие интеграционные производства с единым оперативным, тактическим и стратегическим управлением в рамках одного шахтного поля, имеющие высокие показатели рентабельности, более полно описание шахто-систем приведено в источнике [19]. Сравнительная оценка классификационных характеристик кластера, энерготехнологического комплекса и шахто-системы приведено в табл.1.

Комментируя табл.1, важно заметить, что инициаторами разработки стратегии формирования и развития кластерных промышленных систем являются, как правило, органы государственного управления, отвечающие за развитие планируемой социально-экономической системы в целом, а реализация осуществляется в ходе совместной деятельности всех агентов социально-экономических процессов: государственных организаций, частного бизнеса, населения, каждый из которых действует в сфере своей компетенции и объединены единой системой ценностей вокруг ядра конкурентоспособной экономической деятельности.

Энерготехнологический комплекс (ЭТК) - экономическое образование по масштабу меньшее, чем региональный промышленный кластер, но по своей специализации способный обеспечить энергетической продукцией значительную часть потребителей региона и собственное потребление. Собственником и инициатором проекта ЭТК – могут быть как совместно государственные органы и частные компании, так и только частные инвесторы.

Многофункциональная шахто-система по масштабам более компактная, чем ЭТК, но ее продуктовая линия может быть более расширенной – инициатор проекта частные инвесторы (акционеры), единая технологическая цепочка, рациональная (гибкая) организационная структура, реализующая эффективную стратегию в рамках конкретного горного отвода. Основной принцип функционирования – синергетический эффект от взаимодействия технологий (в отличие от кластера , где преобладает взаимодействие самостоятельных предприятий).

Резюмируя можно утверждать, что проблема стратегического выбора при формировании инновационных экономических образований в угольной промышленности Кузбасса в пользу кластеров, энерготехнологических комплексов или шахто-систем, должна решаться на основе оценок их альтернативных проектов при использовании комплекса характеристик и интегральных критериев оценки. Последнее требует разработки методологической основы, как для проектирования интеграционных экономических образований в угольной промышленности, так и алгоритма их комплексной оценки с независимой экспертизой их проектов.

Методология стратегического выбора стратегического выбора при формировании инновационных экономических образований понимается автором как учение о структуре, логической организации, методах и средствах при проведении оценки их проектов. По мнению автора, методологический аппарат должен включать следующие элементы:

1. Формирование принципов определения и идентификации объектов оценки (соответствие объекта требованиям актуальности и значимости);

2. Определение методов проведения оценки (эффективность и достоверность методов);

3. Определение критериев оценки (количественных и качественных);

4.Экспертиза результатов оценки (комплексная, независимая);

5.Реализация проекта при положительной экспертизе (финансовое и нормативно - законодательное обеспечение).

В заключении можно резюмировать, что решение данной сложной проблемы - разработки методологии стратегического выбора, требует интеграции усилий ведущих отраслевых институтов, научно-исследовательских центров и центров экспертизы, с привлечением инициативных научно-творческих коллективов занимающихся данной тематикой.

Список литературы

1. Портер, М. Международная конкуренция / М. Портер; пер. с англ. – М.: Международные отношения, 1993. – 896 с.

2. Агафонов В. А. Методология стратегического планирования развития кластерных промышленных систем /Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2011.-42с.

3.Бирюков А. В.Формирование инновационных кластеров в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере ОПК России) / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2009.-43с.

4. Яковлева–Чернышева А. Ю.Управление предпринимательством в рекреационном кластере / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2012.-42с.

5. Никулина О. В. Управление инновационным развитием промышленных предприятий в условиях кластеризации экономики / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2012.-48с.

6. Соловейчик К. А. Формирование и развитие промышленного комплекса мегаполиса на основе инновационных кластеров / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2011.-34с.

7.Мызрова О.А. Инвестирование инновационной деятельности предприятий машиностроения на основе кластерного подхода: теория, методология/ Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2011.-38с.

8.Морозов В.Н.Методология организации функционирования международных транспортных коридоров на основе кластерного подхода с применением мультимодальных логистических центров / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2010.-48с.

9.Древинг С. Р. Кластер как организационно-экономическая форма межотраслевой народохозяйственной системы (на материалах рыбопромышленного комплекса Камчатского края) / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2010.-48с.

10.Глотко А. В.Формирование и развитие кластера садоводства в региональном АПК (теория, методология, практика) / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2010.-47с.

11.Квятковская И. Ю.Методологические основы поддержки принятия управленческих решений в информационном пространстве регионального кластера/ Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2009.-32с.

12.Савин К. Н..Формирование и развитие регионального кластера качества жизнеобеспечения: теория, методология, практика / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2009.-45с.

13.Лаврикова Ю.Г.Кластеры как рыночный институт пространственного развития экономики региона/ Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2009.-46с.

14.Миролюбова Т. В.Государственное управление развитием экономики региона: кластерный подход / Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2008.-41с.

15.Рыжаков Е. Д.Финансовое обеспечение концепции кластерной стратегии развития экономики региона: теория и методология/ Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2008.-31с.

16.Иваненко Л.В.Управление регионом на основе концепции мегакластерной организации/ Автореф. дисс. на соискание ученой степени д.э. н., М.- 2008.-40с.

17. Enhancing the Innovative Perfomance of Firms: Policy Options and Practical Instruments. –United Nations. – ECE/CECI. CR2008. – Geneva, 2008. – C. 85.

18.Пучков Л.А., Воробьев Б.М., Васичков Ю.Ф./Углеэнергетические комплексы будущего.-М.:МГГУ,2007.-245с.

19. Харитонов В.Г., Ремезов А.В., Новоселов С.В./Теория проектирования и методы создания многофункциональных шахто-систем. Кемерово.-2011.- 349с.

УДК [622.33:504.1:502.17](091)(571.17)"20"

ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ, ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ, ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ В XXI ВЕКЕ

Буфина Н.Э.
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Рациональное использование природных ресурсов и проблема охраны окружающей среды носит глобальный характер, став «проблемой века» [1]. В настоящее время остро стоит проблема экологической безопасности Кузбасса и рекультивации отработанных земель. За 100 лет горнодобывющими предприятиями было добыто из недр почти 10 млрд. тонн полезных ископаемых, максимальная глубина проведения горных работ составляет до 1 тыс. м [2]. В конце XX века около 100 тыс. га земли было нарушено в результате добычи угля открытым способом, в то же время было рекультивировано всего 20 тыс. га за прошедшие годы. Территории, связанные с нарушением гидрологического режима, загрязнением прилегающих ландшафтов техногенными токсикантами, усилением эрозненных процессов, в десять раз превышают площадь нарушенных земель [3].

Добыча угля открытым способом связана с негативным воздействием на окружающую среду. К 1999 г. на долю разрезов приходилось 8,7% общего сброса загрязняющих веществ в водоемы, 9,8 % пыли – выбросов пыли в атмосферу, 20,1% – потерь угля в недрах, в то же время доля нарушенных площадей разрезами к концу XX века составляла 76,9 % от общего числа по отрасли [4].

С начала XXI века одним из важных направлением развития угольной промышленности в Кемеровской области является постепенное перемещение центра добычи угля из действующих районов на новые осваиваемые месторождения Восточного Кузбасса. Прирост добычи угля планируется за счет строительства новых угледобывающих предприятий, то есть экстенсивным способом. Угледобывающие предприятия представляют собой комплекс, воздействующий на окружающую среду. Шахты и разрезы загрязняют водные ресурсы, атмосферный воздух, разрушают земли (в особенности почву). К загрязнению воздушного бассейна ведут буровзрывные работы при подземной и открытой угледобыче, работой двигателей внутреннего сгорания, пылением угольных складов и горных отвалов. Предприятия угольной промышленности находятся на первом месте по массе выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу, на долю их в 2004 г. приходилось 40,1 % от валового объема выбросов по Кемеровской области. В угольной промышленности наблюдается тенденция к увеличению выбросов в связи с тем, что растет ежегодная добыча угля [5].

Значительный урон окружающей среде наносят «черные копатели», которых также называют браконьерами, ведущими несанкционированную добычу угля. Кроме того, руководство нелегальных, так называемых «черных разрезов» после отработки земель оставляет опустошенные земли, или так называемые «лунные ландшафты».

С «черными копателями» ведется борьба. Так, 23 октября 2008 г. сотрудники по борьбе с экономическими преступлениями выявили нелегальный угольный разрез в Прокопьевском районе Кемеровской области [6]. Следственно-оперативная группа пресекла незаконную деятельность преступников во время предварительных работ на территории бывшей шахты «Ноградской». Когда сотрудники милиции прибыли на место преступления, нарушителями была проведена предварительная вскрыша угольного пласта, и планировалось приступить к непосредственной добыче угля, о чем свидетельствовало нахождение экскаватора.

Как правило, техника арендуется у официальных организаций, и, естественно, трудно отследить для каких именно целей будет применяться данная техника.

Кто же становится нелегальными копателями? В данном случае ими явилась группа неработающих жителей Прокопьевска, которые вместе арендовали технику в Новокузнецке. Как показывает практика, такие разрезы могут работать годами, нарушая слои земли и нанося огромный вред экологии. Трудовые права персонала ущемляются. Их труд оплачивается нестабильно, естественно, что отсутствует «социальный пакет», технике безопасности не уделяется должного внимания. Сложно отследить реальное количество «черных разрезов», так как по документам они нигде не числятся, кроме тех, на которых удалось пресечь добычу сотрудникам милиции.

В июне 2010 г. около г. Киселевска был закрыт нелегальный угольный разрез. Сотрудники управления по борьбе с экономическими преступлениями по Кемеровской области задержали «черных копателей», которые реанимировали бывшие угольные разработки законсервированного разреза. В ходе проведения операции были обнаружены экскаватор и погрузчик. Разрез работал круглосуточно. Уголь вывозили КАМАЗы на склад на территории железнодорожного тупика. Общий объем незаконно добытого угля составил 4 тыс. т, около 650 т было подготовлено. Дежурившие на разрезе охранники и координаторы нелегального бизнеса рассказали милиционерам, что они выполняли свою работу и не догадывались о том, что добывают уголь незаконным способом. Организаторами незаконного бизнеса явились 2 жителя г. Киселевска. В отношении них было возбуждено уголовное дело по ст. 171 Уголовного кодекса РФ «Незаконное предпринимательство» [7] .

В сентябре 2010 г. в Кузбассе отдел по борьбе с экономическими преступлениями вместе со спецназом обнаружил 4 незаконных разреза, добывающих уголь. Нелегальная добыча угля проводилась в основном в Прокопьевском и Новокузнецком районах, выработка тщательно маскировалась. Днем велась добыча угля, ночью техника была спрятана. За 2 недели было вывезено 6 тыс. т угля, ущерб экономике Кузбасса составил 10–15 млн. рублей [8].

В районе поселка Листвяги Куйбышевского района г. Новокузнецка 2 ноября 2010 г. ОБЭП УВД (отдел борьбы с экономическими преступлениями Управления внутренних дел) была пресечена незаконная деятельность «черных копателей» по добыче угля открытым способом. Работа разреза проводилась без лицензии на пользование недрами на территории Кемеровской области. Данный разрез функционировал с конца октября 2010 г., вывоз угля осуществлялся частными лицами-собственниками грузового автотранспорта на угольный склад, расположенный недалеко от п. Листвяги. В ходе операции было изъято 6 единиц спецтехники, а именно 4 экскаватора, 2 грузовых автосамосвала, задержано 10 сотрудников разреза. За период работы было отгружено 300 тонн угля [9].

К сожалению, «черных копателей» практически невозможно привлечь к уголовной ответственности. В законодательстве существует значительный пробел в отношении нарушителей. Статья Уголовного кодекса РФ «О нарушении охраны и использования недр» применяется только в отношении руководителей предприятий. Статья «О незаконном предпринимательстве» применяется в том случае, если прибыль от нелегальной добычи угля составила более 1 млн. рублей [10].

В кузбасской полиции по предложению начальника ГУ МВД РФ по Кемеровской области А. Н. Елина в июне 2011 г. был создан первый в России «Угольный спецназ», который занимается задержанием преступлениями в сфере добычи и продажи угля [11]. За 2007–2011 гг. было ликвидировано в Кузбассе около сотни нелегальных разработок. Ежегодный ущерб от работы «черных копателей» оценивается в сотни миллионов рублей. Нововведение обусловлено спецификой региона: на территории Кемеровской области работают 55 разрезов и 61 шахта. Спецоперация по захвату «черных копателей» проходит в два этапа. На первом этапе оперативные уполномоченные облетают на вертолете районы, в которых может проводиться нелегальная угледобыча, и фотографируют эти места. Эти фотографии являются доказательством и впоследствии будут приобщены к уголовному делу. На втором этапе глав-

ной задачей является молниеносное задержание нарушителей [12]. Основной целью спецназа является задерживать не только рабочих, но и их руководителей.

Самым сложным при расследовании дел о незаконной добыче является установление реального ущерба. Преступники придумывают различные ходы для ухода от ответственности. Большая трудность состоит также в том, чтобы доказать, что незаконной добычей занималось юридическое лицо, то есть конкретная организация. Задержанных на месте рабочих с поличным могут оштрафовать, их ждут всего лишь условные сроки. В связи с этим руководители «угольного спецназа» обратились к законодателям с инициативой ужесточить уголовную ответственность за нелегальное пользование недрами.

Как обстоит ситуация в регионе относительно экологии в общем с учетом промышленной направленности Кузбасса?

В декабре 2005 г. на совещании с министром С. К. Шойгу, где присутствовали специалисты и ученые РФ, был поднят вопрос о рекультивации и экологии. По мнению одних ученых, взрывные работы приводят к разгрузке гонных массивов и земной коры, другие ученые считают, что взрывные работы, закрытие шахт, пустоты на действующих предприятиях могут спровоцировать техногенное землетрясение, усилив напряжение. С учетом новых технологий для сохранения экологической безопасности, в Кузбассе можно добывать не более 200 млн. т угля в год. Но как быть с установленными планами к 2025 году в 270 млн. тонн и к 2030 г в 275–300 млн. тонн [13]? Для этого необходимо сократить количество вредных выбросов в атмосферу, засыпать породы во внутренние отвалы, рекультивировать отвалы. Площадь нарушенных земель в Кузбассе в 101 тыс. га, в 10 раз превышает средние показатели по России [2].

По поводу состояния экологической ситуации в настоящее время, А. А. Козицын, генеральный директор ООО «УГМК-Холдинг», осуществляющего оперативное управление УК «Кузбассразрезуголь» в 2007 г. сообщил: «По разведанным на сегодняшний день запасам и с учетом существующего уровня угледобычи наших предприятий и других разрезов Кузбасса угля нам должно хватить еще на 200 с лишним лет, к тому же растущая актуальность роли угля в мировой энергетике делает открытую угледобычу перспективной и состоятельной. Сегодня много говорят о том, что открытая угледобыча чревата нарушением почв, но уважающие себя угольные компании выполняют все условия выданных лицензий на недропользование, которые всегда предполагают обязанности по рекультивации, и при расчете рентабельности и эффективности бизнеса все эти моменты просчитываются с учетом проводимой рекультивации. Так что в этом отношении нет никаких проблем, например, наша компания в 2007 году планирует рекультивировать 220 га поврежденных земель» [14].

Можно ли полностью согласиться с таким утверждением? Как показало исследование, есть весомые сомнения относительно высказываний А. А. Козицына. Автор исследования согласен с тем, что открытый способ добычи угля является перспективным и приоритетным. Но, чтобы прибыль от производственной деятельности была максимальной, как правило, руководство сокращает расходы, где можно сэкономить на денежных средствах, предназначенных для рекультивации. Рост открытой добычи угля в Кузнецком бассейне увеличивает экологическую и производственную опасность. Прежде всего, из-за высокого процента изношенности основных фондов предприятий (в среднем 75 %). В связи с этим вопрос о возобновлении работ по научному обеспечению угольной промышленности становится актуальным как никогда.

В. М. Рычковский, и. о. руководителя Управления Ростехнадзора по Кемеровской области в 2007 г. привел такую информацию: «В настоящее время на территории Кемеровской области насчитывается 57 угольных разрезов, подконтрольных Управлению Ростехнадзора по Кемеровской области, из них 52 действующих и 5 строящихся. Объем добычи этих предприятий составляет более 50 % от общего объема добытого угля в Кузбассе. При этом прирост добычи в 2010 году по прогнозам специалистов будет расти. Этому будет способствовать введение новых мощностей, внедрение современных технологий ведения горных работ,

новой производительной техники угледобывающих предприятий. Численность работников угольной промышленности тоже вырастет до 150 тысяч человек» [14] .

При рассмотрении годовых планов ведения горных работ особое внимание уделяется экологии и рекультивации нарушенных земель, чтобы восстановление земель соответствовало утвержденным проектам, работа по охране окружающей среды велась в рамках закона, норм и правил.

Что касается состояния промышленной безопасности на предприятиях, ведущих добычу угля открытым способом, то инспекторским составом Управления Ростехнадзора по Кемеровской области ведется планомерная контрольно-профилактическая работа. За шесть месяцев 2007 г. на угольных разрезах Кузбасса было проведено 1 096 обследований состояния промышленной безопасности, выявлено 4 997 нарушений, руководителям выдано свыше 950 предписаний. В результате проверки были приостановлены работы на 230 объектах. К административной ответственности было привлечено 391 должностное лицо, из них 35 руководителей освобождены или понижены в должности [14].

Информация, приведенная В. М. Рычковским, является более объективной по сравнению с данными А. А. Козицыным., что вполне объяснимо. Даны точки зрения двух руководителей. Цель А. А. Козицына, генерального директор ООО «УГМК-Холдинг», осуществляющего оперативное управление УК «Кузбассразрезуголь»: показать, что сделано в отношении рекультивации отработанных отвалов и обрисовать оптимистические перспективы. Цель В. М. Рычковского, как и.о. руководителя Управления по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по Кемеровской области, показать реальное состояние, отметив все положительные и негативные тенденции в развитии экологии региона.

По данным департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области, в регионе около 10 тыс. га, земель, нарушенных промышленной деятельностью. Это огромные цифры, потому что из них 80 тыс. га нарушены в результате работы угледобывающих предприятий. Кузбасс в 10 раз опережает средний показатель по России по доле нарушенных земель в общей территории – 0,7 %. В некоторых городах Кузбасса такой показатель еще выше, а именно в Прокопьевске составляет 19,5 % от территории города, в Киселевске – 27 % [15] .

Также ситуация усугубляется тем, что растет доля угля, добытая открытым способом. С 2001 г. по 2004 г. разрезы Кузбасса увеличили добычу с 94,4 млн. т до 122,5 млн. т. Следует отметить, что рост добычи в начале XXI века идет быстрее, чем в конце XX века. В ноябре 2005 г. координационный совет обсудил проблему рекультивации земель и В. П. Мазикин, первый заместитель губернатора, тогда заявил, что с 2006 г. «спрос с угольщиков будет жесткий». Это означало применение административных штрафов и приостановление лицензий, но эти санкции в 2006 г. не были применены.

В ноябре 2005 г. координационный совет решил создать залоговый коммерческий фонд «Рекультивация», который бы занимался восстановлением нарушенных земель. Однако данную инициативу угольщики не поддержали. Для восстановления 1 га, как считают специалисты, требуется от 30 до 270 тыс. руб. Данная сумма необходима для проведения биологической рекультивации, в рамках которой на нарушенных землях высаживаются растения. Для проведения технической рекультивации, подразумевающей выравнивание ландшафта, а затем высаживание на данной территории растений, необходимо до 1 млн. руб. на 1 га нарушенных земель [16]. Поэтому в Кузбассе не проводится техническая рекультивация. Денежных средств катастрофически не хватает даже на биологическую рекультивацию.

Руководители угольных предприятий не хотят платить за рекультивацию земель, отработанных еще в советские годы. Кроме того, они считают, что достаточно того, что они платят НДПИ – налог на добычу полезных ископаемых. Именно с этих средств, по их мнению, стоит проводить рекультивацию. В ответ на это В. П. Мазикин заявил, что в случае уклонения угольных компаний от восстановления земель, будут организованы «боевые отряды» из представителей надзорных и правоохранительных органов. Сотрудник правления Роснедвижимости по Кемеровской области Елена Черемных привела цифры, что из 400

предприятий-уклонистов, зарегистрированных управлением в 2005 г., 181 – из угольной промышленности [15] .

Для добычи 1 млн. т угля требуется 30–36 га земли, почвенный слой которой полностью нарушается. По словам Н. Ю. Вашлаевой, начальника департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области, ежегодно рекультивируется 20–30 га. По прогнозам специалистов Института угля и углехимии, к 2010 г. площадь нарушенных земель увеличится на 25 тыс. га [17]. За 1997–2007 гг. площадь ежегодно рекультивируемых ежегодно земель гораздо меньше площади нарушаемых земель. В 2005 г. в Кемеровской области было нарушено 933 га земли, в том числе при разработке полезных ископаемых – 843 га, а рекультивировано было 908 га [18].

На выездном заседании комитета по экологии Госдумы, прошедшем в Кемерово 5 апреля 2007 года, губернатор А. Г. Тулеев отметил, что на рекультивацию земель в регионе с 1995 г. было выделено 279 млн. рублей. И это, несмотря на то, что по проектам закрытия шахт планировалось выделить из федерального бюджета почти 4 млрд. руб. на проведение рекультивации 5,5 тыс. га земли [19]. Губернатор обратился к членам комитета по экологии Госдумы поспособствовать выделению средств из бюджета на проведение рекультивации. А. Г. Тулеев подчеркнул, что экологическая законодательная база РФ несколько отстала от реалий настоящего. Губернатор предложил ужесточить нормативно-ограничительные и запретительные меры к безответственным собственникам и руководителям предприятий, а также стимулировать ресурсосберегающие технологии и обеспечить системами очистки производственные процессы. Плюс ко всему государственную экологическую экспертизу необходимо вернуть. Нужно также принять федеральные законы – о плате за негативное воздействие на окружающую среду, о зонах экологического бедствия, о рекультивации нарушенных земель, пересмотреть в федеральном бюджете на 2008–2010 гг. нормативы поступлений в разные уровни поступлений в сфере пользования недрами [19]. Дело в том, что максимальный штраф составляет всего 100 тыс. рублей. Угольным собственникам выгоднее периодически платить такие штрафы, чем строить очистные сооружения за миллионы и миллиарды рублей.

Среди предложений губернатора было также предложение оставлять в регионе весь налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ), который составляет около 800 млн. рублей в год. К сожалению, весь налог уходит в федеральный центр. С этой точки зрения понятно возмущение руководителей угольных предприятий, которые мотивируют отказ от выделения средств на рекультивацию тем, что и так платят НДПИ.

До 2005 г. денежные средства, получены от аукционов и конкурсов на разработку угольных полей, частично поступали в регионы и направлялись на выполнение экологических программ и проектов. В 2005-2006 гг. в Кузбассе было проведено свыше 40 конкурсов и аукционов на право пользования недрами, однако все полученные деньги были направлены в центр. В итоге сумма разовых платежей в федеральный бюджет составила 15 млрд. рублей, но, к сожалению, по действующему законодательству, в область не было перечислено ни рубля. 31.08.2004 г. вступил в действие пакет законов, касающихся местного самоуправления и деятельности органов власти в субъектах РФ. Поправки к закону «О недрах» отменили принцип «двух ключей» при пользовании недрами. Регионы лишились права выдавать и отбирать лицензии на месторождения угля, нефти, газа и других полезных ископаемых. Это право перешло исключительно к федеральному Центру [20]. После того, как был отменен принцип «двух ключей», регион практически остался на правах стороннего наблюдателя в процессе продажи недр, которые находятся на его территории.

«Деньги от проведения аукционов поступают в федерацию, а экологические проблемы - нарушенные земли, провалы земной коры, загрязненные вода и атмосфера - остаются нам», – сказал А. Г. Тулеев. В этой связи губернатор предложил при разработке закона «О недрах» вернуться хотя бы к нормам 2005 года, когда 10 % от средств, полученных от аукционов и конкурсов, оставалось в области [19].

Ученые Санкт-Петербургского государственного горного института им. Г. В. Плеханова провели работу по оценке экологической емкости природной среды Кемеровской обла-

сти с учетом перспективы деятельности угольной промышленности до 2020 года [18]. Они пришли к выводу, что в 2010 и 2020 годах на 25 % будет еще больший рост негативных показателей. Примерно 60 % территорий Кемеровской области, где проживает 90 % населения, попадут под определение зоны экологического бедствия.

Одной из главных проблем рекультивации является отсутствие финансирования. В мире рекультивация отработанных земель обходится очень дорого. На нее выделяется минимум в 3 раза больше средств. Это, исходя из того, что на рекультивацию 1 га земли в Кузбассе придется затратить до 270 тыс. рублей [18]. Кроме предложенных А. Г. Тулеевым источников финансирования рекультивации, можно рассмотреть и другие источники. Финансирование экологических программ возможно проводить из поступлений от платы за негативное воздействие на окружающую среду. По существующим правилам в настоящее время 20 % от платы направляется в федеральный бюджет, 40 % – в областной, 40 % – в местный. Тем не менее данных средств недостаточно, чтобы решить экологическую проблему региона.

Следующим источником финансирования экологических мероприятий могут стать залоговые платежи. Подобный опыт широко применяют зарубежные страны. Суть заключается в следующем: руководитель предприятия, работая с недрами, страхует свое имущество на момент негативного влияния его деятельности на природные условия и окружающую среду. Залоговые платежи представляют собой обязательства под программу, проект, или лицензию, которые возмещают ущерб территории.

В Кузбассе с 2005 г. работает программа социально-экологического развития региона до 2010 г., при финансовой поддержке департамента международного развития правительства Великобритании [18]. Специалисты Кузбасса одними из первых в России спроектировали и утвердили «Концепцию экологической политики Кемеровской области». Ежегодно из бюджета на мероприятия по экологии выделяется 800 млн. рублей. Фактически цифра не столь масштабная, но если подобных источников финансирования станет больше, то можно говорить о значительной стабилизации экологической ситуации региона.

Миллиардные запасы угля в Кузбассе определяют трансформацию естественных ландшафтов в техногенные. Угледобыча приводит к нарушению основных компонентов биосферы: почвенного и растительного покрова земли, верхних слоев литосферы, гидрологических условий. Степень негативного экологического воздействия повышается также в связи с тем, что при добыче угля возникают техногенные ландшафты, на которых происходит изменение биологических и почвенно-геохимических процессов, которые вызваны выносом на поверхность глубинных горных пород прошлых геологических эпох, не свойственных естественным ландшафтам.

Значительно оптимизирует экологическую обстановку лесная рекультивация. Лес способствует сохранению важных элементов биосферы – почвы, воздуха, воды. В рамках «Российской целевой программы» («РЦП») лабораторией рекультивации нарушенных земель и экологических исследований, Кемеровской областной общественной организацией «Союз экологов Кузбасса» и отделом «Кузбасский ботанический сад» СО РАН разработаны рекомендации по лесной рекультивации земель в Кузбассе, нарушенных добычей угля. Эти рекомендации рассчитаны на работников лесного хозяйства и проектных организаций, занимающихся вопросами рекультивации в Кемеровской области. Они также могут быть применены в других горнодобывающих районах с подобными климатическими и почвенно-грунтовыми условиями [5].

Объем рекультивируемых земель напрямую зависит от степени социальной ответственности владельцев производства и реализуемых полномочий органов государственной власти. Во второй половине 1980-х – 1990-е гг. объем средств, выделяемых на проведение рекультивации, в значительной степени отставал от объемов вложений, выделяемых на развитие технологий угледобычи. В первом десятилетии XXI в. происходит увеличение выделяемых средств и совершенствование технологий рекультивации, что способствует сокращению диспропорций между площадями нарушенных и рекультивируемых земель. Государственные программы комплексной рекультивации предусматривают бюджетное ассигнова-

ние. В условиях акционирования собственники стремятся к минимизации издержек, весомая доля которых приходится на рекультивацию.

В 2010 г. в КузГТУ была открыта специальность «Инженерная защита и охрана окружающей среды [21, с. 289]. Создание данной специальности свидетельствует об актуальности изучения проблем экологии.

Добыча угля открытым и подземным способом вредят экологии, каждая в диапазоне своей деятельности. Сложно однозначно судить о том, какой способ угледобычи экологичнее. В общей совокупности факторов вред примерно одинаков. Уже тот факт, что вопросам рекультивации и экологической безопасности в региональной политике уделяется большое внимание, дает надежду на долгосрочную стабилизацию экологической безопасности Кузбасса.

Список литературы

1 Гайдин С. Т. Развитие природопользования в Восточной Сибири (1946–1991). – Красноярск: Красноярский аграрный университет, 2008. – 428 с.

2 Тулеев А. Г. Социально-экономическое положение Кузбасса и перспективы его дальнейшего развития // Федеративные отношения и региональная социально-экономическая политика. – 2007. – № 11. – С. 6–12.

3 Ламанова Т. Г., Шеремет Н. В. Агрофитоценозы на отвалах в южной части Кузнецкой котловины. – Новосибирск: Издательство «Офсет», 2010. – 226 с.

4 Мазикин В. П., Вылегжанин В. Н., Разумняк Н. Л. Угольная промышленность и меры социально-экономической стабилизации в Кемеровской области // Энергетическая политика. – 1999. – № 3. – С. 41–48.

5 Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей природной среды Кемеровской области в 2004 году» / Министерство природных ресурсов Российской Федерации, Администрация кемеровской области. – Кемерово: практика, 2005. – 367 с.

6 Нелегальный разрез добычи угля выявили в Кузбассе // Тайга. Инфо. – 2008. – 23 окт. – [Электронный ресурс].– URL: http://www.tayga.info/news/2008/10/23/~82960?show=code (дата обращения: 15.08.2010 г.)

7 Лукьянова А. Под Киселевском поймали «черных копателей» // Газета Кемерова. – 2010. – 8 июн. – [Электронный ресурс]. – URL: http://gazeta.a42.ru/lenta/show/pod-kiselevskom-poymali-chernyih-kopateley.html (дата обращения: 20.08.2011г.).

8 Черный уголь от «черных копателей» // СТС-Кузбасс. – 2010 г. – 13 сент. – [Электронный ресурс]. – URL: http://news.ctc-kuzbass.ru/blog/news/269.html (дата обращения: 20.08.2011г.).

9 Черные копатели задержаны в Листвягах / Пресс-служба УВД по г. Новокузнецку // Город новостей / Местные новости / УВД. – [Электронный ресурс]. – 2010. – 2 нояб. – URL: http://www.city-n.ru/view/164428.html (дата обращения: 20.08.2011г.).

10 Иванов Д., Бабичев С., Баннов А. «Угольный спецназ» охотится за «черными копателями». Видеорепортаж [Видеозапись] (продолжительность: 2:45 мин.). – Вести-Кузбасс. [Электронный ресурс]. – 2010. – 2 нояб. – URL: http://kem.sibnovosti.ru/business/151245-ugolnyy-spetsnaz-ohotitsya-za-chyornymi-kopatelyami-v-kuzbasse (дата обращения: 20.08.2011г.).

11 Первый в России «угольный спецназ» начинает работу в Кемеровской области / Происшествия // Тайга. Инфо. – [Электронный ресурс]. – 2011. – 14 июн. – URL: http://tayga.info/news/2011/06/14/~103961 (дата обращения: 21.08.2011 г.).

12 В Кемеровской области появился «угольный спецназ» / Новости // Первый канал. – [Электронный ресурс]. – 2011 г. – 28 июн. – URL: http://www.1tv.ru/news/social/179451 (дата обращения: 21.08.2011 г.).

13 Потапов В. П., Федорин В. А., Шахматов В. Я. Стратегия роста угольных компаний до 2025 г. // Кузбасс: Сборник научных трудов. Отдельный выпуск горного информаци-

онно-аналитического бюллетеня. – Кемерово: Издательство «Мир горной книги», 2008. – С. 270–277.

14 Юбилей открытчиков – праздник для области // Деловой Кузбасс. 2007. – 22 авг. – [Электронный ресурс]. – URL: http://delkuz.ru/content/view/4745/ (дата обращения: 11.08.2010г.).

15 Угольщикам предложили скинуться. В Кузбассе создана структура для сбора средств на рекультивацию земель. – 2006. – 19 июн. – [Электронный ресурс]. – URL: www.metcoal.ru/news_preview.asp?id=5290 (дата обращения: 27.04.2010 г.).

16 Высоцкий С. В., заместитель начальника Департамента природных ресурсов и экологии Кемеровской области. – Интервью. Стенограмма беседы от 15.03.2011 г.

17 В Кузбассе создали структуру, занимающуюся рекультивацией нарушенных угольными предприятиями земель [Текст]. – 2006. – 20 июл. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ecoportal.ru/news.php?id=18391 (дата обращения: 27.04.2010 г.).

18 Экологическая напряженность // Деловой Кузбасс. – 2007. – 24 авг. – [Электронный ресурс]. – URL: http://delkuz.ru/content/view/4774/ (дата обращения: 14.08.2010 г.).

19 Губернатор Кузбасса призвал Госдуму поддержать выделение средства на рекультивацию шахт // Деловой Кузбасс. – 2007. – 10 апр.– [Электронный ресурс]. URL: http://delkuz.ru/content/view/2586/ (дата обращения: 27.04.2010 г.).

20 Субботин М. Как подобрать ключи к инвестициям. – Российская бизнес-газета. – № 477. – 2004. – 21 сент. – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rg.ru/2004/09/21/investitsii.html (дата обращения: 14.09.2011 г.).

21 Кузбасский государственный технический университет. Страницы истории (1950–2010 гг.) / ГУ КузГТУ / гл. ред. Е. К. Ещин. – Кемерово, 2010. – 291 с.

УДК 338.45:622

ФАКТОРЫ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОТРАБОТКИ УЧАСТКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дубовик Ю.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

С экономической точки зрения риск характеризует возможность недополучения прибыли или убытков хозяйственным субъектом и обусловлен неопределенностью факторов внешней и внутренней среды. При этом риск характеризует ситуацию, когда наступление неизвестных событий достаточно вероятно и может быть оценено количественно, а неопределенность характеризует ситуацию, когда вероятность наступления таких событий заранее оценить невозможно [1].

Горнодобывающая отрасль является областью повышенного риска, обусловленного, в том числе, технологическими и горно-геологическими факторами. Стратегические отраслевые риски для горнодобывающей промышленности можно классифицировать следующим образом: группа внешних измеряемых рисков (ценовые и налоговые риски), группа внутренних измеряемых рисков (геологические, технологические и горнотехнические риски), внешние непараметрические риски (правовые риски), группа внутренне-внешних непараметрических рисков (экологические и информационные риски) [2]. В совокупности перечисленные риски на практике являются препятствием для повышения коэффициента извлечения полезного ископаемого.

Сокращение потерь угля в недрах является актуальной проблемой рационального недропользования. Несмотря на то, что потери в количественном выражении невелики (утвержденные потери находятся в пределах 8-15%), более значительная часть запасов оказывается списанной (забалансовой). Потери и списание запасов полезных ископаемых в недрах имеют далеко идущие экономические, экологические и социальные последствия.

Экологические последствия, например, могут проявляться в самовозгорании угля, оставляемого в выработанном пространстве.

Социальные последствия проявляются в потере рабочих мест не только на предприятиях угольной промышленности, но и в смежных отраслях: в энергетике, черной металлургии, химической промышленности, на железной дороге и т.д.

Экономические последствия весьма разнообразны и требуют более подробного анализа. Экономический ущерб от потерь состоит из двух частей:

- потери недропользователя;
- общеэкономические потери.

Общеэкономический ущерб выражается в недополученных ВВП, рабочих местах и заработных платах, покупательной способности населения, инвестициях частных лиц и налоговых отчислениях. Причем, общеэкономический ущерб по своей величине оказывается более значительным, чем ущерб недропользователя. Однако, законодательные требования по оценке общеэкономических потерь (ущерба) отсутствуют.

Потери для недропользователя выражаются в недополученной прибыли. Недропользователь несет высокие инвестиционные затраты, связанные с приобретением МПИ, получением лицензии на право пользования недрами с целью геологоразведочных работ (ГРР) и добычи угля, разработкой и экспертизой проекта на ГРР, проведением детальной разведки и утверждением запасов, разработкой и экспертизой технического проекта, получением лицензий на ведение инженерно-строительных работ, строительство шахты. Эти затраты окупаются только в процессе эксплуатации горного предприятия.

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, заработные платы и т.д. Иногда экономическая целесообразность отработки участков месторождений зависит от изменения рыночной конъюнктуры. Например, шахта «Карагайлинская» ликвидирована по причине низкой рентабельности при действующих в конце прошлого столетия ценах на уголь. При росте цен на рынке оказалось, что отработка законсервированных запасов может быть рентабельной.

Кроме этого, важным фактором риска является зависимость от природного фактора. При этом высокий риск обусловлен двумя основными причинами. Во-первых, неточные сведения о запасах полезного ископаемого в недрах, в том числе о его количестве и качестве, условиях залегания, что влияет на оценку затрат и экономической эффективности проекта. Во-вторых, геомеханические и газодинамические процессы, происходящие в массиве горных пород, 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 изменения рыночной конъюнктуры, например, снижение цен на уголь или рост железнодорожных тарифов.

При увеличении коэффициента извлечения полезного ископаемого рентабельность угольного предприятия может снизиться. Более полное извлечение полезного ископаемого также не решит проблемы долгосрочного развития предприятия, т.к. при этом возможно удлинение жизненного цикла предприятия на несколько лет, а получение доступа к новым участкам месторождений гарантирует обеспеченность запасами угля на более длительный срок (30-50 лет и более). Таким образом, обеспечивается снижение хозяйственных рисков. Следует учесть и то, что при длительном хранении свойства угля ухудшаются (повышается зольность), а следовательно, создание запасов готовой продукции не может компенсировать риски, связанные с изменением конъюнктуры рынка.

В плановой экономике таких рисков не было, так как существовала система госзакупок. Часть предприятий была дотационной. И это позволяло более эффективно учитывать интересы государства при разработке месторождений.

Некоторые риски, которые связаны с работой отдельных шахт, могут быть диверсифицированы в рамках угольного объединения, например, риски остановки горных работ или ухудшения горно-геологических условий. Однако, риски, связанные с изменением цен на уголь, таким образом распределить нельзя.

Также важно отметить тот факт, что смена собственника предприятия может происходить достаточно часто, например, через 5-10 лет, и это очень малый срок по сравнению с жизненным циклом самого горного предприятия, что также не способствует заинтересованности руководства в более эффективном недропользовании.

Все эти факторы риска являются специфическими для горной промышленности, которые следует учитывать при оценке экономической эффективности различных проектов в данной отрасли.

Основными принципами управления предпринимательскими рисками являются следующие: осознанность принятия рисковых решений, возможность управления предпринимательскими рисками, сопоставимость уровня рискованности осуществляемых финансовых сделок или операций с уровнем их доходности, сопоставимость уровня рискованности осуществляемых финансовых сделок или операций с финансовыми возможностями предприятия, экономичность управления рисками, учет влияния временного фактора при управлении предпринимательскими рисками [1].

В данном случае недропользователя следует рассматривать как инвестора, который при более высоком риске ожидает получить больший доход. При этом следует учитывать, что финансовая стоимость определяется не только фактором риска, а также потоком денежных средств и временем. Инвестиции в горной промышленности связаны как с большими объемами финансирования, так и с долгосрочностью вложений, а это подразумевает высокую стоимость привлечения денежных средств (отдачу). Задача повышения коэффициента извлечения полезного ископаемого на практике противоречит принципу сопоставимости рискованности и доходности, и поэтому механизмы рыночного регулирования не позволяют решать проблемы рационального недропользования.

Повысить заинтересованность недропользователя в более полном извлечении полезного ископаемого возможно за счет применения различных инструментов снижения отраслевых рисков. При этом следует учитывать, что различные факторы риска проявляются в возможности неблагоприятных изменений цен или затрат, что является причиной убытков или снижения прибыли.

В-целом, можно применять следующие способы управления рисками: принятие риска на себя, отказ от риска, создание резервов средств для покрытия рисковых событий (самострахование), сокращение их вероятности путем проведения профилактических предупреждающих действий, диверсификация, разделение рисков, передача рисков посредством страхования, заключения договоров, хеджирования, субподряда и т.д.

В рассматриваемой ситуации ограничение роста затрат является проблематичным, т.к. он обусловлен множеством объективных и субъективных факторов, каждый из которых требует разных методов управления рисками.

Страхование отдельных стратегических рисков геологических и горных проектов (которые могут влиять на затраты и убытки) в принципе возможно, но этому препятствует отсутствие достоверной статистики наступления рисковых событий элементарных рисков в геологическом и горном производстве, а также ограниченность финансовых ресурсов страховых компаний [2]. Кроме этого, страхование может способствовать увеличению затрат недропользователя, что, например, можно наблюдать с появлением закона «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта…» №225-ФЗ [3].

Для ограничения ценовых рисков можно использовать хеджирование, т.е. фьючерсные, форвардные контракты, опционы. Суть таких инструментов состоит в заключении договоров на поставку товара в будущем (через 3, 6, 12 месяцев) по фиксированной на момент заключения договора цене. Они компенсируют неблагоприятное изменение цен в краткосрочной и среднесрочной перспективе (обычно до 1 года). В отдаленной перспективе ис-

пользование подобных инструментов проблематично, т.к. велика вероятность роста затрат недропользователя, а поэтому продажа угля по заранее фиксированной цене не гарантирует достижения минимально необходимой для нормальной работы предприятия рентабельности.

В данном случае более эффективным подходом является передача таких рисков собственнику недр, который мог бы гарантировать закупку угля по ценам, компенсирующим затраты, необходимые для более полного извлечения угля. В связи с тем, что снижение потерь полезного ископаемого решает, главным образом, экологические, социальные и общеэкономические задачи, целесообразно такие проекты обеспечивать государственной поддержкой. В качестве менее затратной для бюджета альтернативы можно рассматривать освобождение от уплаты налога на добычу полезных ископаемых для проектов, обеспечивающих повышение коэффициента извлечения полезного ископаемого.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ
по государственному контракту № 16.740.11.0410

Список литературы

1. Предпринимательство: Учеб./ М.Г. Лапуста, А.Г. Поршнев, Ю.Л. Старостин, Л.Г. Скамай. – М: ИНФРА-М, 2007. – 667 с.
2. Боярко Г.Ю. Стратегические отраслевые риски горнодобывающей промышленности: Дисс. уч. степ. докт. экон. наук. – Томск: 2002.
3. Ольховская У. Аварии теперь не выгодны // Эксперт Сибирь. – 2012. – №8. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://expert.ru/siberia/2012/08/

УДК 519.876.5:622.261.5

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ДЕПРЕССИИ ШАХТЫ

Гаврилов Б.И., Шкредова Н.С.
Сибирский государственный индустриальный университет, г . Новокузнецк

При решении практических задач горного дела, возникающих при проектировании шахт и развитии горных работ на действующих шахтах, необходимо рассматривать сети горных выработок. Каждый выбранный для исследования вариант проекта шахты, как правило, включает в себя решение ряда локальных (чаще всего экстремальных) задач по исследованию и оптимизации некоторых параметров шахт, таких как сечения горных выработок сети, установление рациональной (наиболее выгодной) депрессии шахт и др. Решение этих задач имеет большое значение для практики горного дела, так как методы расчетов и комплексной оптимизации сечений выработок сети и депрессии шахт являются основой поиска и выбора наиболее эффективных решений по вскрытию, подготовке и разработке месторождений, а также, средством решения основных задач горного дела. Этому вопросу основоположник теории оптимального проектирования угольных шахт член-корр. АН УССР К.И. Татомир придавал большое значение. В своей книге «Основы теории оптимального проектирования угольных шахт» в 1975 г. он писал: «анализ вариантов при определении производственной мощности шахты, размеров шахтного поля, способов вскрытия, отработки и подготовки его убедителен только после того, как по каждому из вариантов будет определена сеть выработок с наивыгоднейшими их сечениями» [1].

В настоящей работе рассматривается методика выбора рациональной депрессии на основе оптимизации сечений сети горных выработок шахт. При этом предполагается, что другие основные параметры шахты (мощность, нагрузка на блоки, размеры шахтного поля и др.) являются известными.

Доминирующими расходами (до 60% общих расходов) учитываемыми при анализе вариантов разработки угольных месторождений, являются расходы на проведение и поддержание горных выработок. Величина расходов зависит от площадей поперечных сечений этих выработок. При увеличении сечений выработок затраты на проведение и поддержание выработок возрастают. То есть, после того, как определена схема горных выработок, необходимо при заданной общешахтной депрессии H_P найти оптимальные сечения горных выработок сети, чтобы минимизировать затраты на их проведение и поддержание.

Задача выбора оптимальных сечений сети горных выработок заключается в следующем.

Каждому звену в сети выработок присваивается порядковый номер. Под звеном сети понимается одна или совокупность одноименных параллельных выработок.

Пусть $I = (1,2,3,\ldots,n)$ – множество номеров всех звеньев выработок сети $I_j \subset I$, $j = 1,2,\ldots,k$ - множество номеров звеньев выработок сети, которые образуют j цепь. Рассматриваемая сеть горных выработок состоит из k цепей.

Необходимо найти сечения выработок сети S_i, $i \in I$, при которых сумма затрат Z на проведение и поддержание выработок сети минимальна:

$$Z = \sum_{i \in I} f_i(S_i) \to \min, \quad (1)$$

Суммарная депрессия каждой отдельной цепи из сети выработок не превышает регламентированной общешахтной H_p:

$$\sum_{i \in I_j} g_{ij}(S_i) \le H_p, j = 1, 2, \ldots, k. \quad (2)$$

Сечения каждой выработки заключены между минимальным и максимальным типоразмерами этой выработки:

$$S^T_{i\min} \le S_i \le S^T_{i\max}, \qquad i \in I; \quad (3)$$

где S_i – площадь поперечного сечения выработки i звена, м^2.

Формула затрат на проведение и поддержание выработок i звена выведена в результате обработки экспериментальных данных:

$$f_i(S_i) = ((a_i + b_i S_i)\beta_i + \tau_i m_i K_{yi} t_i S_i) l_i p_i, \text{ руб.}$$

где a_i, b_i – постоянные коэффициенты для выработки i звена, устанавливающие стоимость проведения 1 п.м. выработки; β_i – коэффициент, учитывающий период работы шахты; τ_i - стоимость поддержания 1 м^2 выработки i 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 звена, лет; l_i – длина выработки i звена, м; p_i – количество параллельных выработок в i звене.

Депрессия выработки i звена определяется по формуле:

$$g_i(S_i) = \frac{\alpha_i N_i l_i Q_i^2}{S_i^{2,5} p_i^2};$$

где α_i - коэффициент аэродинамического сопротивления выработки i звена; $\boldsymbol{N_i}$ - коэффициент, характеризующий форму сечения выработки; Q_i - количество воздуха, протекающее через выработку i звена, м^3/с; $S^T_{i\min}, S^T_{i\max}$ - соответственно минимальный и максимальный типоразмеры сечений выработки i звена.

Минимальные сечения выработок принимаются исходя из предельной скорости воздушной струи по ПБ и габаритам транспортных средств.

Кроме того, при оптимизации сечений сети горных выработок учитывается второй закон сетей.

Для решения задачи нахождения оптимальных сечений сети горных выработок разработана методика, в основу которой положены методы классического математического анализа, исследования операций, аппроксимации и др. Для оперативного расчета был разработан алгоритм и составлена программа для ЭВМ в среде DELPHI «Алгоритм нахождения опти-

мальных сечений сети горных выработок шахт». Программа зарегистрирована в Федеральном органе исполнительной власти по интеллектуальной собственности [2].

При проектировании шахт устанавливается депрессия, согласно нормам технического проектирования угольных шахт. В них указано, что максимальную депрессию угольных шахт следует, как правило, следует ограничивать 300 мм вод. ст., допуская для газообильных шахт депрессию не выше 450 мм вод. ст. Для нахождения рационального значения общешахтной депрессии следует установить произвольно большую депрессию и оптимизировать сечения сети выработок. Это позволит определить депрессию по всем цепям, выявить наиболее трудные цепи по депрессии и выполнение второго закона сетей. Затем следует уменьшать депрессию и при каждом значении депрессии определять оптимальные сечения горных выработок сети, до тех пор, пока при оптимизации в задаче (1)-(2)-(3) выполняются ограничения (2)-(3) и второй закон сетей. Как считает член корр. АН УССР К.И.Татомир «для обеспечения наибольшей надежности вентиляционной системы и лучших условий безопасности горных работ всегда необходимо принимать допустимое меньшее значение депрессии шахты».

Рассматриваемая методика определения оптимальных сечений горных выработок сети была апробирована для усредненной вентиляционной сети проекта шахты. Для расчетов вентиляционная сеть горных выработок была представлена в виде ориентированного графа с одним истоком и тремя стоками рис.1.

Вентиляционная сеть образует 17 вентиляционных цепей. Расчеты проводились для следующих депрессий: 400, 300, 250, 240 (мм вод.ст). При каждой из депрессий решалась задача оптимизации сечений горных выработок сети. При депрессии 230, система ограничений (2)-(3) несовместна. Следовательно, рациональной депрессией является депрессия 240 мм вод.ст. – допустимое меньшее значение депрессии шахты.

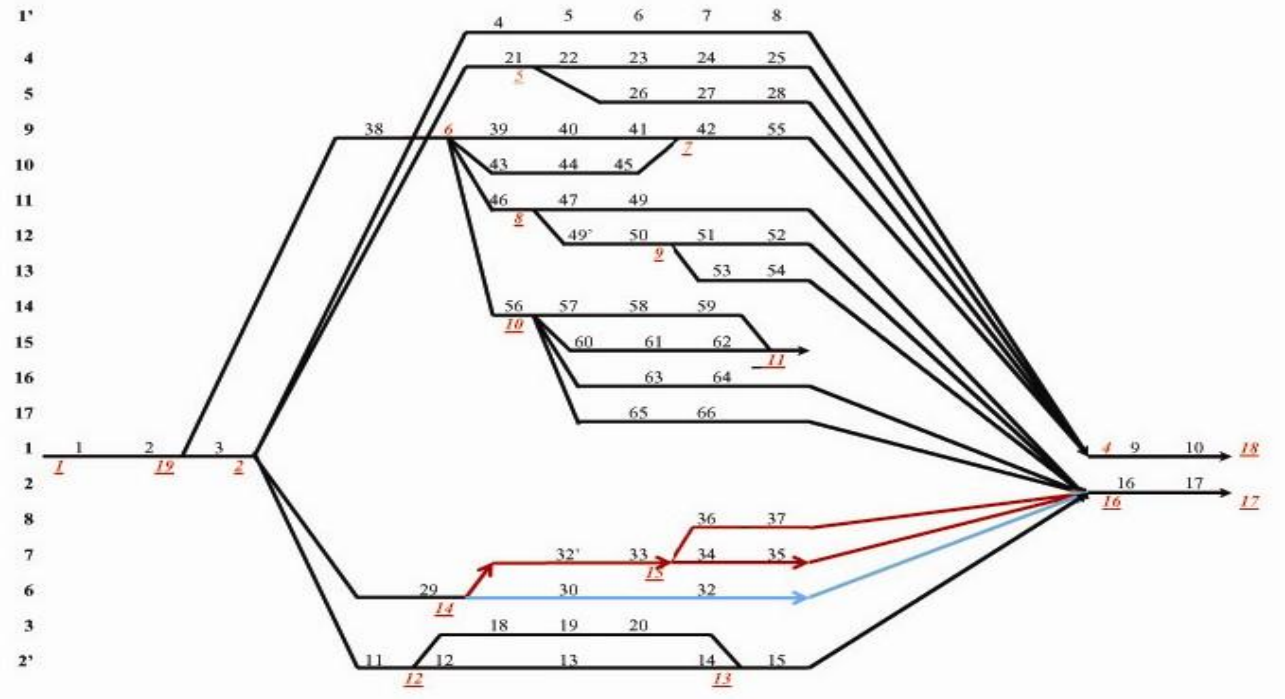


Рис.1 – Ориентированный граф вентиляционной сети горных выработок

В качестве критерия оптимизации были выбраны общие затраты на проведение и поддержание выработок. При необходимости, для оптимизации могут быть приняты и другие критерии: затраты на 1 т промзапасов, приведенные затраты и др.

В табл.1 сведены результаты расчётов по одной из наиболее характерных цепей. Из таблицы видно, что при уменьшении депрессии и оптимизации сечений горных выработок сети, наблюдается закономерное увеличение сечений некоторых общих выработок сети.

На рис.2 приведена расчётная стоимость проведения и поддержания выработок сети с сечениями, полученными в результате оптимизации при депрессиях принятых к расчёту. Видно что, при уменьшении депрессии затраты на проведение и поддержание выработок увеличиваются.

Таблица 1

Результаты расчётов по одной из наиболее характерных цепей

№ Выработки	Диапазон сечений Sт.min - - Sт.max	Общешахтная депрессия H (мм.вод.ст.)			
		400	300	250	240
1	47 - 56,5	47	47	56,5	56,5
2	10 - 17,5	10	17,5	17,5	17,5
3	8 - 17,5	8	8	8	9,61
4	5 - 8,5	5	5	5	5
5	5 - 8,5	5	5	5	5
6	3 - 4,5	3	3	4,5	4,5
7	3 - 4	3	3	4	4
8	7 - 8	7	7	7,28	7,35
9	13 - 14	13	13	13	13
10	25 - 26	25	25	25	25

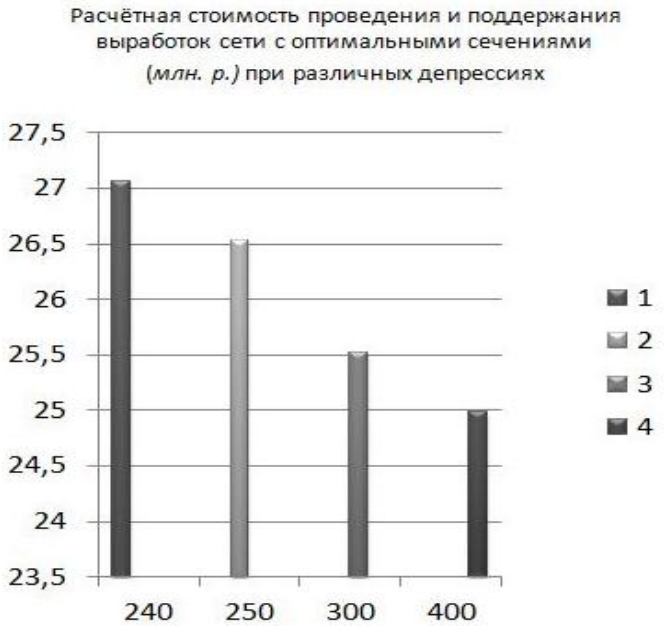


Рис.2/ Зависимость сечения и стоимости выработок от депрессии

Выводы

Расчеты показали, что разработанная методика расчета рациональной депрессии с учетом оптимальных сечений сети горных выработок и реализацией алгоритма на ЭВМ, дает возможность оперативного решения задачи, является доступной для проектировщиков и рекомендуется к использованию.

Анализ результатов показывает, что решение задачи следует проводить сразу для всей сети выработок. Решение задачи только для отдельных цепей ведет к занижению сечений общих выработок и является ошибочным.

Предлагаемую методику можно использовать как при проектировании новых, так и при реконструкции действующих шахт. Если выбор оптимальных сечений производится при реконструкции действующей шахты, то в задаче (1)-(2)-(3) сечения выработок, не подлежащих изменению, и параметры с ними связанные, следует считать постоянными.

Варьируя набором значений депрессии и. производя при каждом значении депрессии оптимизацию сечений сети горных выработок можно установить рациональную депрессию.

Список литературы

1. Татомир К.И. Основы теории оптимального проектирования шахт. - Киев: Наукова думка, 1975. - 294 с.

2. Шкредова Н.С., Гаврилов Б.И. Алгоритм нахождения оптимальных сечений сети горных выработок шахт. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613067. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 18 апреля 2011 г.

УДК 330.522.4:669

АНАЛИЗ ТОВАРНОГО ЗАПАСА И ОБОРАЧИВАЕМОСТИ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ-МЕТАЛЛОТРЕЙДЕРА

Евса Я.М.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Товар, лежащий на складе без движения или практически без движения, является проблемой многих компаний. Неликвиды оттягивают на себя оборотные средства компании и занимают место на складе, ухудшая экономические показатели компании. Как правило, у большинства российских компаний доля заемных средств значительно превышает собственное финансирование. Негативные же последствия политики активного привлечения долгового финансирования для пополнения запасов без детального анализа и управления существующими в полной мере проявляются в условиях финансового кризиса, когда экономическая конъюнктура стремительно изменяется, ставя компании с большим долгом в критическое положение.

В торговых компаниях оборотные активы главным образом представлены дебиторской задолженностью и запасами товаров на складах, ликвидность которых можно измерить при помощи коэффициента оборачиваемости. Данный показатель характеризует работу с запасами, и целью его расчета является предотвращение отвлечения денежных средств на уже имеющиеся на складе запасы.

Коэффициент оборачиваемости запасов показывает количество дней, необходимое для реализации среднего остатка при сложившемся за анализируемый период уровне продаж. Это скорость, с которой оборачиваются запасы за определенный период времени. Формула для расчета данного коэффициента выглядит следующим образом:

$$K_{об\ зап} = \frac{З_{ср} \times n_{пер}}{P_{пер}}, \quad (1)$$

где $K_{об\ зап}$ - коэффициент оборачиваемости запасов, дней; $З_{ср}$ - средний уровень запасов в анализируемом периоде, тонн; $n_{пер}$ - количество дней в анализируемом периоде, дней; $P_{пер}$ - отгрузка металлопродукции за анализируемый период, тонн.

Так как цены на товары могут существенно меняться в течение анализируемого периода, оборачиваемость целесообразно рассчитывать не в денежных единицах, а в натуральных. Все продажи, осуществляемые не из складских остатков, при расчете оборачиваемости

во внимание не принимаются, это например, транзитные отгрузки и продажи товаров, закупленных под заказ.

Зная фактический запас по каждой номенклатурной позиции на конец анализируемого периода и коэффициент оборачиваемости, можно рассчитать ориентировочный срок возврата инвестиций при реализации остатков на складах, а также ориентировочную торговую ликвидность запаса.

Проведем анализ товарного запаса по оборачиваемости и ликвидности остатка на примере анализа товарооборота металлобазы А. На начало анализируемого периода 01.04.2011 на складе хранилось 4 463,6 тонн металлопродукции по 980 номенклатурным позициям, объединенным в номенклатурные группы (табл. 1).

Таблица 1

Движение металлопродукции по складу в тоннах

Номенклатурная группа	Начальный остаток, т	Приход, т	Расход, т	Конечный остаток, т
1. Прокат	2 939,5	18 407,7	18 784,3	2 562,9
2. Труба	1 097,2	3 380,5	3 694,6	783,1
3. Метизы	196,8	1 144,9	1 174,6	167,1
4. Кровельные	71,8	266,8	263,0	75,6
5. СВП	19,8	310,1	299,7	30,2
6. Сетка	0,0	0,8	0,8	0,0
7. Канат	137,9	221,5	268,2	91,2
8. Арматура трубная	0,5	19,2	19,7	0,0
ИТОГО	4 463,6	23 751,4	24 504,9	3 710,1

Период анализа примем равный году или 366 дням (с 01.04.2011 по 31.03.2012). Расчет коэффициента оборачиваемости осуществляется по данным в натуральных единицах измерения (тоннах). Данный расчет реализован на базе программного модуля 1С8 УПП. Расчет сводится к нахождению среднего остатка за анализируемый период с его делением на расход по складу (продажа, включая перемещение на прочие склады). Наиболее достоверным будем нахождение остатка за каждый день анализируемого периода последующим нахождением средневзвешенной величины. Для упрощения расчета при отсутствии программного продукта можно использовать контрольные точки через неделю, через месяц, через квартал, но важно понимать, что подобный метод отбора не зафиксирует колебаний внутри периода.

Пример: на начало января остаток равен 10 тонн. Приход на металлобазу был 15 января в размере 5 тонн. 5 тонн были проданы 30 января и на конец января остаток составил 10 тонн. Если выбрать контрольные точки для расчета среднего остатка 1 января и 1 февраля (31 день), тогда средний уровень остатка составляет 10 тонн:

$$З_{ср} = \frac{(10+10)}{2} = 10.$$

Если же анализировать уровень остатков на каждый день, тогда 10 тонн хранились первые 14 дней месяца, затем после прихода 15.01 15 тонн хранились 15 дней, после отгрузки в 5 тонн 30.01, 10 тонн хранились 1 день.

$$З_{ср} = \frac{(14*10+15*15+1*10)}{31} = 12 \text{ т.}$$

Таким образом, разница составила 2 тонны.

Рассмотрим на примере каната 19,5 ГОСТ 2688-80 расчет среднего остатка металлопродукции за период, равный году (табл. 2).

Средний остаток в периоде равен частному от деления $\frac{2157,38}{366} = 5,89$ т, где 366 – количество дней в периоде; 2157,38 - произведение остатка продукции на складе и количества

дней его хранения без движения. Тогда согласно формуле 1, коэффициент оборачиваемости равен (табл. 3):

$$K_{об\ зап} = \frac{5{,}89 \times 366}{2{,}93} = 736 \text{ дней.}$$

Таблица 2

Пример расчета среднего остатка продукции за период, равный году (канат 19,5 ГОСТ 2688-80)

Период	Документ движения	Начальный остаток, т	Приход, т	Расход, т	Конечный остаток, т	Хранение остатка, д	
1	2	3	4	5	6	7	8=6*7
ИТОГО		7,27		2,93	4,35	366,00	2 157,0
01.04.2011		7,27			7,27	34,00	247,28
04.05.2011	Реализация от 04.05.2011	7,27		0,11	7,16	35,00	250,60
07.06.2011	Реализация от 07.06.2011	7,16		0,06	7,10	44,00	312,27
22.07.2011	Реализация от 22.07.2011	7,10		0,84	6,26	35,00	219,03
25.08.2011	Реализация от 25.08.2011	6,26		0,28	5,98	96,00	573,79
30.11.2011	Реализация от 30.11.2011	5,98		1,41	4,57	107,00	489,20
16.03.2012	Реализация от 16.03.2012	4,57		0,23	4,35	15,00	65,21
31.03.2012		4,347			4,347		

Таблица 3

Результат расчета оборачиваемости по канату 19,5 ГОСТ2688-80

Начальный остаток, тн	Средний остаток за период, тн	Расход за период, тн	Коэффициент оборачиваемости, дней	Конечный остаток, тн	Стоимость, рублей
7,273	5,89	2,93	736,78	4,347	176 371

Зачастую люди, далекие от экономики, отождествляют коэффициент оборачиваемости с физическим периодом хранения продукции на складе, что абсолютно не верно. Коэффициент оборачиваемости в 736 дней не означает, что продукция пришла на склад 736 дней назад. Это означает, что если на период, следующий за анализируемым, сохранится реализация каната 19,5 ГОСТ 2688-80 в количестве 2,93 тонн, то для реализации среднего за период остатка в 5,89 тонн понадобится чуть более двух лет. На конец анализируемого периода фактический остаток составил 4,35 тонн или 176 371 рубль, и если динамика спроса сохранится на том же уровне, то денежные средства, отвлеченные в запасе каната 19,5 ГОСТ 2688-80 мы вернем через полтора года ($4.35/2.93 = 1.5$). Учитывая временную стоимость денег и заемный характер финансирования, через полтора года это уже будут не 176 371 руб., а величина, как минимум, уменьшенная на проценты по кредиту и уровень инфляции. Не следует забывать, что хранение товаров на складе сопряжено еще и с дополнительными затратами по хранению.

Коэффициент оборачиваемости номенклатурных позиций, по которым не было отгрузок или перемещений металлопродукции со склада, равен нулю, поэтому при группировке складских остатков по ликвидности на основании коэффициента оборачиваемости, данные товары должны попасть в группу «более года» (табл. 4, 5, рис. 1).

Таким образом, на конец анализируемого периода (31.03.2012) на складе хранится 3 677 тонн металлопродукции, из которых 16% или 579 тонн металлопродукции с периодом оборачиваемости более 365 дней. Детальный анализ всех имеющихся запасов на предмет их ликвидности показал возможность реализации неэффективных ресурсов как резерва пополнения оборотного фонда.

Таблица 4

Анализ оборачиваемости металлопродукции по номенклатурным группам

Номенклатурная группа	Начальный остаток, т	Средний остаток за период, т	Расход за период, т	Оборачиваемость, дней	Конечный остаток, т	Стоимость, руб.
1. Прокат	2 940	2 083	16 733	45,55	2 563	65 578 066
2. Труба	1 097	745	3 435	79,33	783	20 610 283
Труба вгп	121	116	593	71,32	234	5 700 721
Труба профильная	115	84	440	70	106	2 932 342
Трубы св	468	343	1 995	62,86	374	9 531 677
Трубы цт	393	200	383	191,51	67	2 270 084
Трубы цт х/д	1	2	25	30,65	1	175 460
3. Метизы	197	144	903	58,48	167	6 392 707
…						
7. Канат	138	114	231	180,92	91	3 806 928
ИТОГО	4 464	3 175	21 834	53,22	3 710	99 602 555

Таблица 5

Группировка металлопродукции по значению коэффициента оборачиваемости

Группировка остатков по значению коэффициента оборачиваемости	Начальный остаток, т	Средний остаток за период, т	Расход за период, т	Оборачиваемость, дней	Конеч-ный остаток, т	Стоимость, рублей
Более года	240	292	142	750	612	16 477 612
Более полугода	456	562	800	257	367	11 752 612
Более 3 месяцев	1 121	737	2 132	127	671	17 572 617
Менее 3 месяцев	2 647	1 581	18 760	31	2 060	52 901 540
Итого	4 464	3 173	21 834	53	3 710	98 704 381

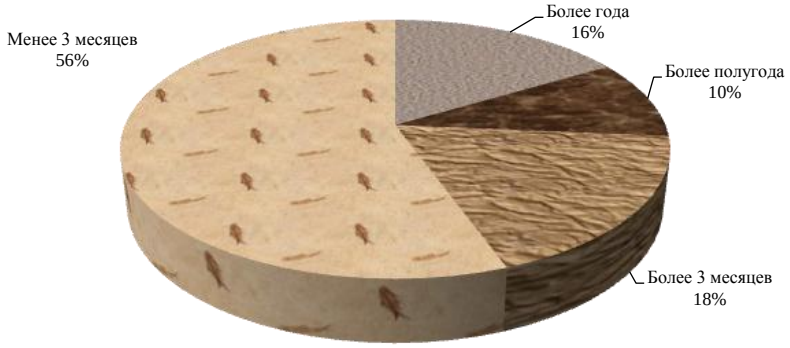


Рис. 1. Ликвидность запасов по значению коэффициента оборачиваемости на 31.03.2012 (обороты годовые)

УДК 656.073: 658.8

ПРИОРИТЕТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА

Покровская О.Д., Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Рассматриваемый полигон – Кемеровская область – представляет собой крупный добывающий регион, ориентированный на экспорт угля и продуктов его переработки. Этим обусловлены мощные грузопотоки массовых сыпучих грузов как на внутренних, так и на внешних вывозных направлениях.

В настоящее время в регионе преимущественное развитие получил железнодорожный транспорт, который имеет достаточно развитую сеть дорог. Это связано с тем, что угледобывающие предприятия традиционно ориентированы на транспортное обслуживание железной дорогой. Такая ситуация обусловлена большим объемом грузооборота и большими расстояниями доставки груза внешним потребителям.

Современная задача обеспечения социально - экономической самодостаточности региона предопределяет диверсификацию угольной отрасли в части её ориентации на различные виды углубленных переделов для достижения требуемых потребительских свойств угольного продукта, с одной стороны, и полного удовлетворения потребностей в энергетических ресурсах области и ближайших регионов, с другой. Обеспечение конкурентоспособности угольных предприятий области на мировом и местном рынках углеводородов в значительной степени определяется структурой и эффективностью функционирования транспортной инфраструктурой региона, т.к. в конечной цене угольной продукции очень высока доля транспортных издержек.

Транспортная инфраструктура в современных условиях, особенно с учетом диверсификации угольной отрасли, не в полной мере отвечает задачам угольного менеджмента, поэтому целесообразно её реструктурировать под новые задачи. С этой позиции приоритеты повышения эффективности работы транспортной инфраструктуры региона могут быть определены следующим образом:

- в экономической сфере: определение размеров грузопотоков и их направлений; разделение грузопотоков на коммерческие и некоммерческие (при агломерировании передельных производств угледобывающих предприятий), внешние магистральные и внутрирегиональные;
- в транспортно-экспедиционной сфере: интеграция и централизация управления грузодвиженческими процессами путем создания сети сборно-распределительных терминалов;
- в технико-технологической сфере: создание погрузочно-разгрузочных комплексов модульного типа, функционирующих по системе единых технологических процессов грузодвижения от места добычи, через погрузочно-разгрузочные комплексы и терминалы до потребителя.

По первой из перечисленных позиций необходимо определиться с направлениями потоков полезного ископаемого от мест добычи до пунктов первичной или углубленной переработки, по этой информации составляется схема транспортных связей; выделяются грузопотоки по различным направлениям, внутрихозяйственные могут быть выведены на некоммерческую основу.

При агломерировании передельных производств транспортная структура региона усложняется не только увеличением количества транспортных связей, но и внедрением политранспортного обслуживания. Множественность внутрирегиональнымх связей обусловливает формирование на полигоне обслуживания угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий мультимодальных транспортных узлов.

Функционирование (на правах аутсорсинга, франшизы, совместного предприятия…) распределительных транспортных узлов на сети дорог позволит не только рационально осуществлять дистрибуцию, группировку, сортировку, переработку, предпродажный сервис,

транспортно-логистическое обслуживание грузодвижения, но и снизить транспортную составляющую в стоимости угля для конечного потребителя.

По второй позиции необходимо отметить, что начиная с 2000-х гг. концентрация грузовых, товарных и транспортных потоков в регионах настолько высока, что очевидна необходимость интеграции и централизации управления грузодвиженческими процессами. Одним из способов достижения этого является организация единой иерархической системы логистического обслуживания клиентуры региона (агломерации). Основой такой системы дистрибуции и доставки грузов может стать единое транспортно-экспедиционное пространство как логистикоориентированная система управления грузопотоками.

Эффективность создания системы дистрибуции и доставки грузов через терминалы заключается в реализации экономического потенциала региона за счет комплексного развития транспортной инфраструктуры агломерации, гармонизации экономических интересов участников системы дистрибуции, сокращения их расходов в процессе грузодвижения, а также в выходе региона на транспортные коридоры страны. Терминалы «освободят» промышленные предприятия от складской инфраструктуры, снимут с них функции рыночного мониторинга и дистрибуции продукции.

Наличие развитой терминальной сети позволит, по сути, решить основную задачу совершенствования работы железнодорожного и автотранспорта – сократить общие издержки в логистической цепи при сохранении высокого уровня обслуживания предприятий-производителей и потребителей промышленной продукции (в том числе – металлургической). Подобная система будет выполнять функции промежуточного звена между поставщиками, потребителями и видами транспорта. Интенсификация и оптимизация процессов дистрибуции достигается работой в регионе многономенклатурных грузоперерабатывающих комплексов – терминалов, или распределительных транспортных узлов.

Распределительный транспортный узел (РТУ, или грузовой терминал) – это самостоятельный транспортно-грузовой комплекс сооружений, технических и технологических устройств, организационно взаимоувязанных и предназначенных для выполнения логистических операций по приёму, погрузке-разгрузке, хранению, грузопереработке, распределению грузопотоков и транспортно-экспедиционному сопровождению процесса грузо- и товародвижения. Они организуются в пунктах стыка различных видов транспорта и выполняют функции мультимодельных сборно-распределительных центров в составе транспортного узла, которые интегрируются в транспортную сеть региона.

Наилучший вариант терминальной сети – сочетание количества и дислокации терминалов и видов транспорта для их обслуживания, обеспечивающее минимальные суммарные затраты по реализации системы доставки груза по региону.

Блок-схема комплексного расчета параметров терминальной сети и принятия решения по формированию терминальной сети в регионе по разработанной программе дана на рис.1 [1]. Расчет состоит из двух блоков: расчет показателей прямой (блоки *3–15*) и терминальной перевозки (блоки *17–18*). Расчет блоков *3–5* и *8–10* (малые пунктирные прямоугольники) аналогичен по каждому уровню. Расчет показателей прямой и терминальной перевозки отличаются лишь тем, что затраты на обслуживание терминальных перевозок груза $S_{\text{сумм. терм.}}$ (блок *14*) состоят из суммарных транспортных затрат $S_{\text{тран. сумм.}}$ (блок *12*) и инвестиций на строительство соответствующего числа терминалов $S_{\text{инвест.}}$ (блок *13*). Расчеты ведутся параллельно по автомобильному и по железнодорожному транспорту и делается выбор наилучшего вида транспорта.

Для прямой доставки затраты на обслуживание перевозок груза состоят из суммарных транспортных затрат $S_{\text{сумм.прям.}}$ (блок *17*). При расчете показателей терминальной доставки внутри региона выбирается наилучший вариант терминальной сети по числу и дислокации терминалов в ее числе и вида транспорта для ее обслуживания (блок *7*); в межрегиональном аспекте определяются общие затраты на обслуживание перевозок груза через запроектированную терминальную сеть и наилучший вид транспорта для ее обслуживания (блоки *8–14*);

обосновывается экономическая целесообразность формирования в регионе терминальной сети и организации терминальных политранспортных перевозок (блок *19*).

Выбираются вариант числа (ВЧ) параметров терминала в регионе и вариант дислокации (ВД) узлов терминальной сети. При расчете каждого ВЧ терминалов (блоки *3–5*) требуется направленным перебором (итеративным методом) оценить общие затраты на перевозку груза для каждого ВД терминалов. Затраты на перевозку груза по терминальной технологии складываются из затрат по сбору груза в регионе и затрат по распределению груза до соответствующих направлениям вывоза пунктов выхода из региона. Затраты на перевозку груза определяются по автомобильному и по железнодорожному транспорту.

На основе этого расчета для конкретного ВЧ и ВД по каждой транспортной связи по минимуму суммарных транспортных затрат $S_{\text{сумм.}}$ (на сбор и распределение груза до границ рассматриваемого региона) выбирается вид/сочетание видов транспорта. Результат расчета каждого ВЧ – $S_{\text{сумм. ВЧ}j}$ – величина суммарных затрат на обслуживание перевозки груза. Результаты по каждому ВЧ сохраняются в блоке *6*. Это позволяет параллельно выбрать и вид транспорта, и рациональное число и дислокацию РТУ в регионе. В этом заключается комплексность расчета и принимаемых решений. В блоках *3–5* последовательность расчета аналогична.

Так проводятся расчеты для всех ВЧ терминалов в составе терминальной сети. Анализ результатов по величине суммарных затрат $S_{\text{сумм.}}$ позволяет принять первое решение внутри региона, то есть выявить целесообразность применения того или иного из назначенных вариантов терминальной сети региона (наилучший вариант терминальной сети по ВЧ, ВД и вида транспорта) (блок *7*). Наилучшее сочетание ВЧ, ВД и вида транспорта, обеспечивающее освоение объема перевозок груза с минимальными суммарными затратами, – это искомый наилучший вариант транспортной сети (НВТС) (блок *7*). После нахождения оптимального варианта терминальной сети внутри региона рассчитываются показатели терминальной перевозки груза через запроектированную сеть по НВТС (блоки *8–14*. рис. 1). Результаты расчета каждого из блоков (*8–10*) – $S_{\text{тран. сбор.}}$, $S_{\text{тран. маг.}}$, $S_{\text{тран. распред.}}$ – транспортные затраты по сбору, распределению и магистральной перевозке груза – сохраняются в блоке *11* и суммируются в блоке *12*. Затем (блок *13*) определяется $S_{\text{инвест.}}$ – размер инвестиций на строительство необходимого ВЧ числа терминалов (в исходных данных задается стоимость строительства одного РТУ). Результаты расчета транспортных затрат и инвестиций суммируются (блок *14*) и фиксируются во внутренней памяти $S_{\text{сумм. терм.}}$ (блок *15*). На данном этапе расчета определяются общие затраты на обслуживание перевозок груза через запроектированную терминальную сеть и наилучший вид транспорта для ее обслуживания.

Далее проводится расчет показателей (суммарных затрат на обслуживание перевозки) прямой перевозки без использования терминалов (блок *17*). Результаты расчета фиксируются во внутренней памяти $S_{\text{сумм. терм.}}$ (блок *18*). Затем зафиксированные результаты (блоки *15* и *17*) сравниваются в блоке *19*; делается вывод о целесообразности организации перевозок через терминальную сеть на основе расчета экономического эффекта. Так принимается третье, окончательное решение. Если неравенство, проверяемое в блоке *19*, выполняется, то формирование терминальной сети целесообразно (блок *20*). Расчеты завершаются этим решением (блок *21*). В случае невыгодности терминальных перевозок (невыполнение неравенства блока *19*) терминальную сеть не формируют (блок *22*). Расчет может быть повторен (блок *23*) для новых исходных данных (блок *24*) (например, по новой схеме прямой доставки, грузоподъемности подвижного состава, вариантам дислокации РТУ). Блок-схема комплексного расчета параметров терминальной сети позволяет решить вопрос о числе и дислокации терминалов в регионе и параллельно выбрать вид (сочетание видов транспорта) для их обслуживания.

При расчете прямой доставки сборно-распределительные терминалы представляются в виде интегрированных транспортно-технологических комплексов (ИТТК). Он представляет собой транспортно-складскую инфраструктуру добывающего предприятия (погрузочный комплекс) или потребителя (разгрузочный комплекс).

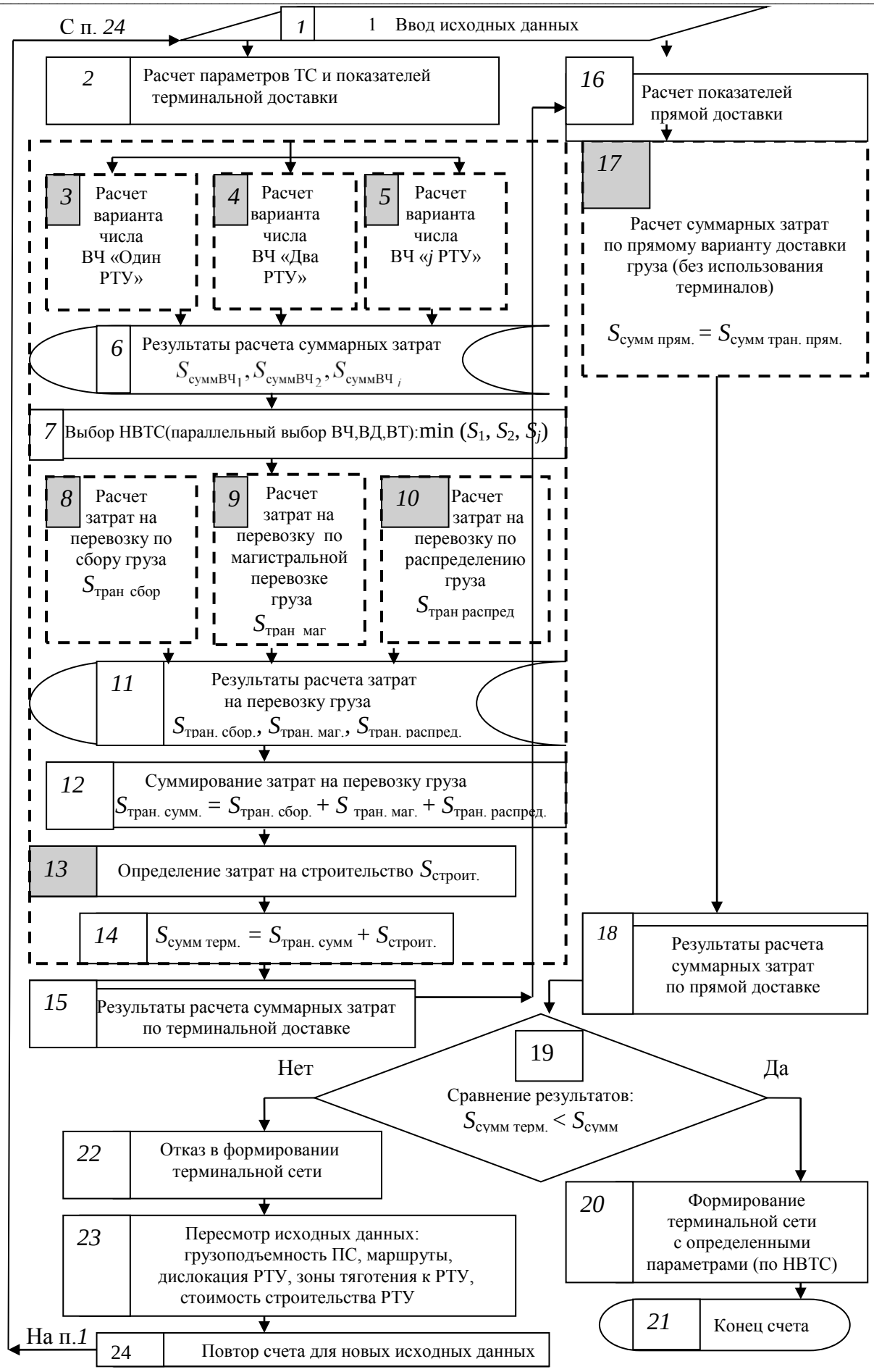


Рис. 1. Блок-схема комплексного расчета параметров терминальной сети

Существующие методические основы формирования и функционирования транспортно-технологических комплексов, интегрирующих процессы и операции погрузки, разгрузки, хранения и транспорта массовых навалочных грузов, не в полной мере изучены и не соответствуют потребностям современной рыночной экономики.

На рис.2 представлена модульная структура интегрированного транспортно-технологического комплекса. ИТТК включает в себя следующие основные группы элементов: транспортные средства (вагоны, автомобили) в процессе/ожидании грузовых операций; грузовые фронты со средствами механизации погрузки/выгрузки; средства перегрузки груза от грузового фронта на склад или к местам потребления или с мест грузообразования к грузовому фронту; средства перегрузки груза с основного склада в производство (для выгрузочных фронтов), и с мест грузообразования на основной склад (для погрузочных фронтов); основные склады, включая механизмы перевалки; пути; путевые устройства для железнодорожного транспорта, маневровые площадки и подъездные пути для автомобильного транспорта.

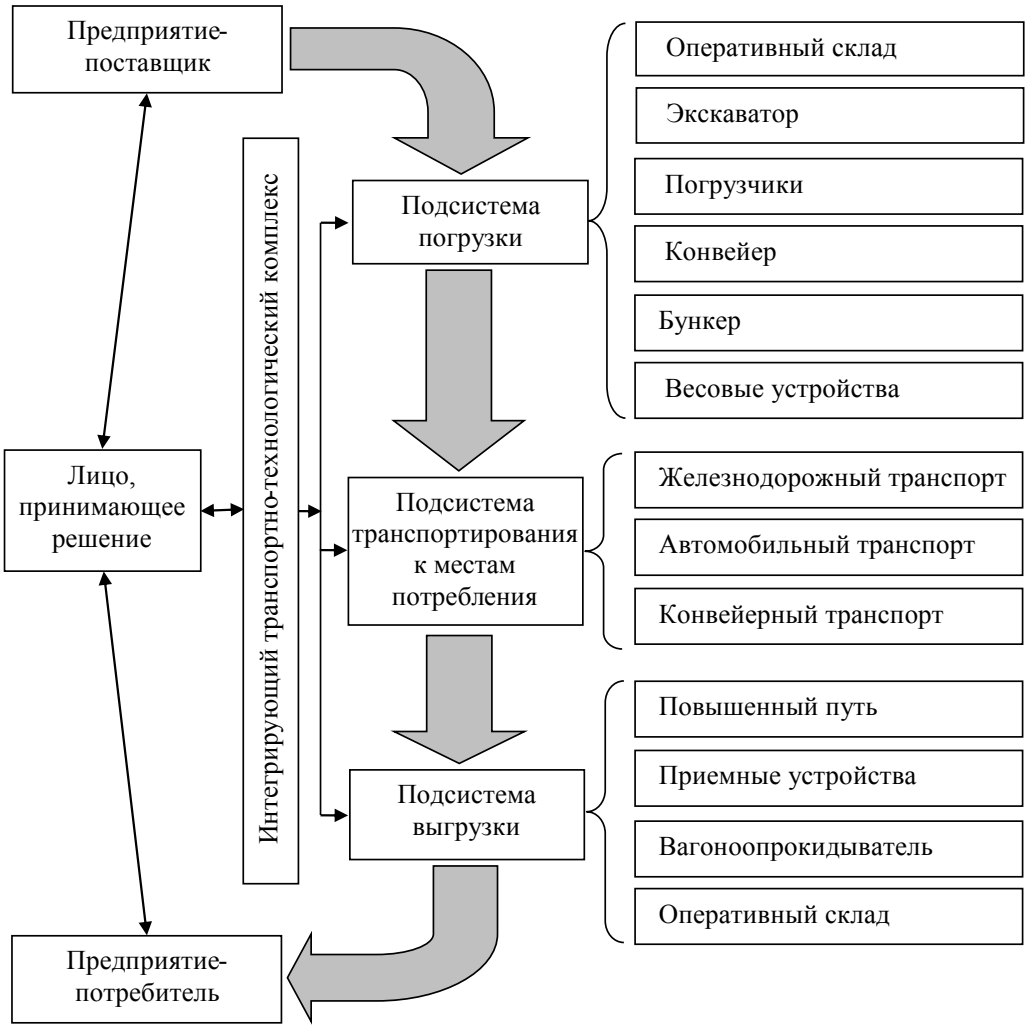


Рис.2. Модули ИТТК

Наиболее совершенной формой технологического взаимодействия различных видов транспорта в узлах являются единые технологические процессы (ЕТП). ЕТП – это рациональная система организации работы взаимодействующих в узле видов транспорта, увязывающая между собой технологию обработки транспортных единиц в пунктах взаимодействия, обеспечивающая единый ритм в процессе перевозок и производства обслуживаемых предприятий.

Единый технологический процесс обслуживания грузопотоков на терминалах и погрузочно-разгрузочных комплексах грузоотправителей и грузополучателей предполагает та-

кую технологию грузопереработки, которая сократит до минимума межоперационные простои подвижного состава и обслуживающих их механизмов при реализации технологического процесса для максимального повышения производительности машин и механизмов и сокращения простоя подвижного состава под грузовыми операциями. При непрерывном перевозочном процессе прибывшие грузы вывозятся в течение определенной нормы времени для нахождения отправок в узле в ожидании их вывоза.

Непрерывность технологических процессов обеспечивается равенством ритмов выполнения технологических операций на каждом этапе грузодвижения при условии правильного учета взаимодействия и взаимозависимости между элементами грузопровдящей системы. Это, в свою очередь, обеспечивает мультимодальность работы терминала и возможность его политранспортного обслуживания.

Основные функции системы управления ИТТК: обеспечение рациональной технологии погрузки в транспортный подвижной состав в местах грузообразования; транспортирование груза потребителю оптимальным по экономическим и технологическим критериям для конкретных условий видом транспорта; обеспечение рациональной технологии приема груза у потребителя; складирование груза у поставщика и потребителя, готовой продукции – у производителя (потребителя) в заданном объеме и с сохранением требуемого качества, корректировка технологии ИТТК при возникновении форс-мажорных и внештатных ситуаций, мониторинг грузопроводящей способности ИТТК в условиях неравномерности входящего и выходящего потоков; функциональная структура системы управления ИТТК представлена на рис. 3.

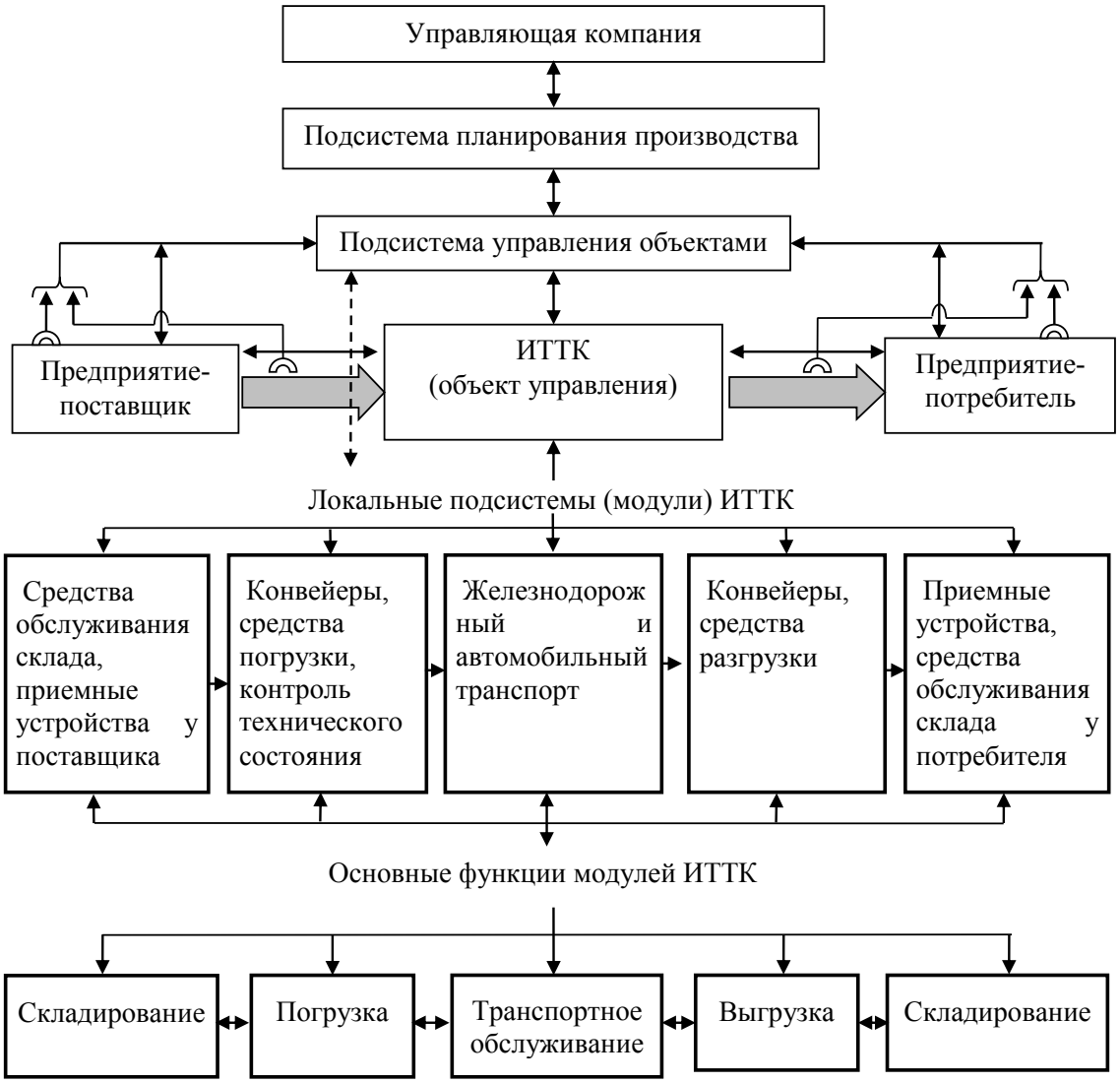


Рис. 3 – Функциональная структура системы управления ИТТК

Основные параметры, характеризующие работу ИТТК: $Q_г$. и $Q_с$. – годовой и суточный грузопотоки по прибытии, млн т; $t_м$ – интервал поступления подвижного состава в систему; $\lambda_м$ – интенсивность поступления вагонов или автомобилей под выгрузку (погрузку); $P_{зп}$ – вероятность занятости путей и маневровых площадок на фронте выгрузки (аналогичные параметры характеризуют параметры фронтов погрузки); $t_{о/р}$ – время, необходимое для работы с вагонами или автомобилями до подачи на грузовой фронт; $P_{опп}$ – вероятность отсутствия подвижного состава для погрузки/разгрузки; $t_{выг.(пог.)}$ – длительность выгрузки (погрузки) подвижного состава на грузовом фронте; $P_{згр.}$ – вероятность занятости грузового фронта подвижным составом; $E_{ос}$ – емкость оперативного склада; $E_о$ – емкость основного склада; $P_{зс}$ – вероятность того, что склад заполнен; $\lambda_{ско}$ и $\lambda_{ск}$ – интенсивность поступления грузов на оперативный и основной склады с производства и грузового фронта; M – число каналов обслуживания подвижного состава; i – число технологических операций с грузом и подвижным составом в системе; $n_о$ и n_j – число различных типов машин, механизмов и устройств в системе и на каждой технологической операции; Z_i – часовая техническая производительность машин и механизмов; $r_{гi}$ – обобщенная надежность машин, механизмов и устройств в системе; $K_{вр.}$ – режим использования ИТТК по времени.

Параметрическое описание подсистемы по обслуживанию процесса погрузки груза (внешние и внутренние связи ИТТК) представлено на рис. 4.

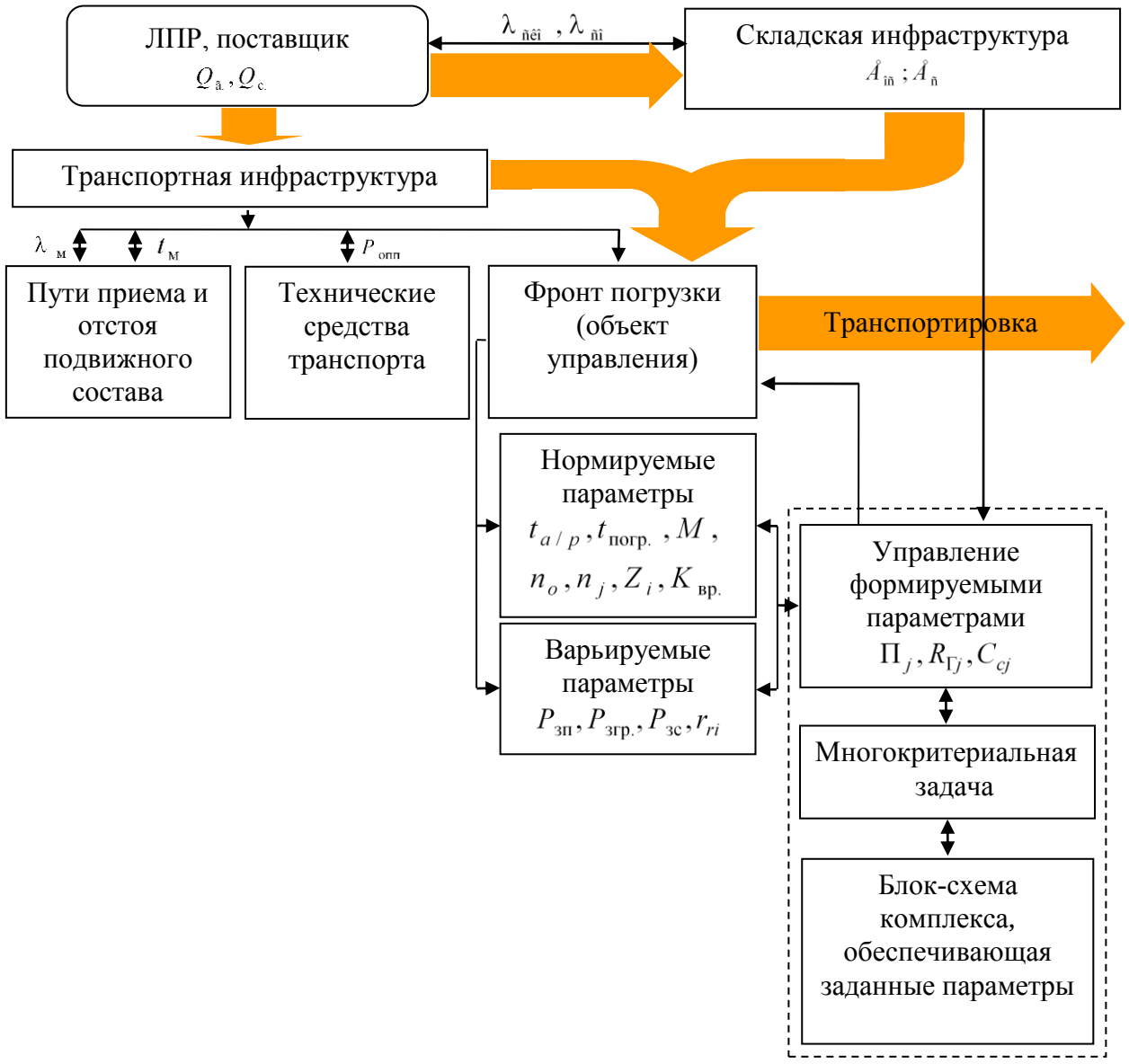


Рисунок 4 – Структура управления параметрами в подсистеме погрузки

Подсистема по выгрузке груза у потребителя аналогична.

Таким образом, совершенствование транспортной инфраструктуры региона как основы сокращения доли транспортных затрат в конечной цене угля и угольной продукции приведет к значительному мультипликативному социально-экономическому эффекту.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программное обеспечение принятия решения по формированию терминальной транспортной сети в регионе». Рег. номер 2010614671 (заяв. № 2010612935 от 27.05.2010г.; зарег.16.07.2010г.). / Покровская О.Д., Воскресенская Т.П. /ОБПТ Электронный бюллетень «Программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем. Программы для ЭВМ». - № 4(75) от 20.12.2010. – М.: 2010 г. 539 с. С .98.

2. Воскресенский И.В. Исследование интегрирующих транспортно-технологических модулей в горнодобывающей промышленности: монография/И.В.Воскресенский; отв. ред. В.Н. Фрянов. – Новосибирск: издательство СО РАН, 2006. – 64 с.

УДК 257.47:616-082

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ОКАЗАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Ситников А.А., Садовская Е.Н.

Территориальный фонд обязательного медицинского страхования Кемеровской области, г. Кемерово

К началу 2008 года в технологии расчета стоимости медицинской помощи накопился ряд проблем, требовавших решения:

– Сложность алгоритма расчета стоимости оказанной медицинской помощи, обусловленная необходимостью учета большого количества факторов, влияющих на результат расчета стоимости.

– Отсутствие единой для области технологии расчета стоимости помощи. Территории могли применять различные методики расчета стоимости оказанной помощи. Например, г. Кемерово использовало медико - экономические стандарты (МЭС) как условную единицу, в то время, когда вся область уже много лет, как перешла на работу с алгоритмами медицинских технологий (АМТ).

– Право территориальных согласительных комиссий принимать для медицинских организаций территорий индивидуальные тарифы. Проблема была в том, что изменения тарифа должны быть доведены до сведения страховых компаний и адекватно отражены в их информационных системах.

– Право территориальных согласительных комиссий корректировать планы медицинских организаций по объемным и стоимостным показателям. Проблема состояла в том, что эта информация также должна быть доведена для всех субъектов, участвующих в финансовых расчетах за оказанную медицинскую помощь и адекватно отражена в их информационных системах.

– Различный состав этапов оказания медицинской помощи, используемый на территориях.

– Недостаточный уровень формализации действующего «Положения об оплате медицинских услуг в системе обязательного медицинского страхования Кемеровской области», допускающий неоднозначную трактовку некоторых его положений разработчиками информационных систем, что приводит к различным результатам при расчете стоимости одного и того же случая оказания медицинской помощи в различных информационных системах

(например, в информационной системе медицинской организации (МО) и страховой медицинской организации (СМО).

– Высокая трудоемкость поддержания в актуальном состоянии нормативной базы, используемой при расчете стоимости оказанной медицинской помощи, что приводило к тому, что в ряде страховых медицинских организаций расчет стоимости оказанной помощи, представленной к оплате медицинской организацией, не выполнялся. СМО оплачивала счет, выставленный МО, не проверяя расчет стоимости.

– Отсутствие в МО достоверной информации о страхования гражданина, обратившегося за помощью.

– Отсутствие у СМО полной информации о медицинской помощи, оказанной МО. СМО получало от МО только информацию о помощи, оказанной ее застрахованным. В связи с этим она не могла оценить выполнение плана медицинским учреждением и вынуждена принимать на веру информацию о выполнении плана, предоставляемую МО.

– Неудовлетворительное качество информации в реестрах. При подготовке реестров медицинские учреждения допускали большое количество ошибок, в том числе оказывающих влияние на расчет стоимости медицинской помощи.

Поиск решения перечисленных выше проблем, привел к разработке технологии централизованного расчета стоимости оказанной медицинской помощи.

Для обеспечения внедрения этой технологии в 2008 году была проведена большая подготовительная работа всеми субъектами ОМС. Областной согласительной комиссией разработан и принят ряд нормативных документов, определяющих деятельность всех участников процесса учета информации об оказанной медицинской помощи и расчета стоимости медицинских услуг:

– «Регламент информационного обмена при осуществлении централизованного расчета стоимости оказанной медицинской помощи»;

– «Формат передачи данных о случаях оказания медицинской помощи»;

– «Перечень проверок реестра случаев оказания медицинской помощи, выполняемых в рамках первичного автоматизированного контроля при централизованной обработке».

Внесены изменения в «Положение об оплате медицинских услуг в системе обязательного медицинского страхования Кемеровской области» и формализован «Алгоритм расчета стоимости медицинской помощи».

Развивалась защищенная сеть передачи данных. В настоящее время защищенными каналами связи оснащены все медицинские учреждения, работающие в системе обязательного медицинского страхования (ОМС), страховые медицинские организации, все филиалы Территориального фонда обязательного медицинского страхования (ТФ ОМС).

Был определен перечень основных рабочих процессов, выполняемых при централизованном расчете стоимости:

– Учет медицинской помощи в МО.

– Первичный автоматизированный контроль правильности заполнения реестров пролеченных.

– Учет месячных планов МО.

– Автоматизированный МЭК в СМО

– Расчет подушевого норматива финансирования МО.

– Расчет стоимости оказанной медицинской помощи.

– Оплата медицинской помощи, оказанной застрахованным гражданам

Разработаны информационные системы для обеспечения функционирования рабочих процессов.

Общая схема информационного взаимодействия при реализации технологии централизованной обработки реестров и расчета стоимости оказанной медицинской помощи представлена на рис. 1

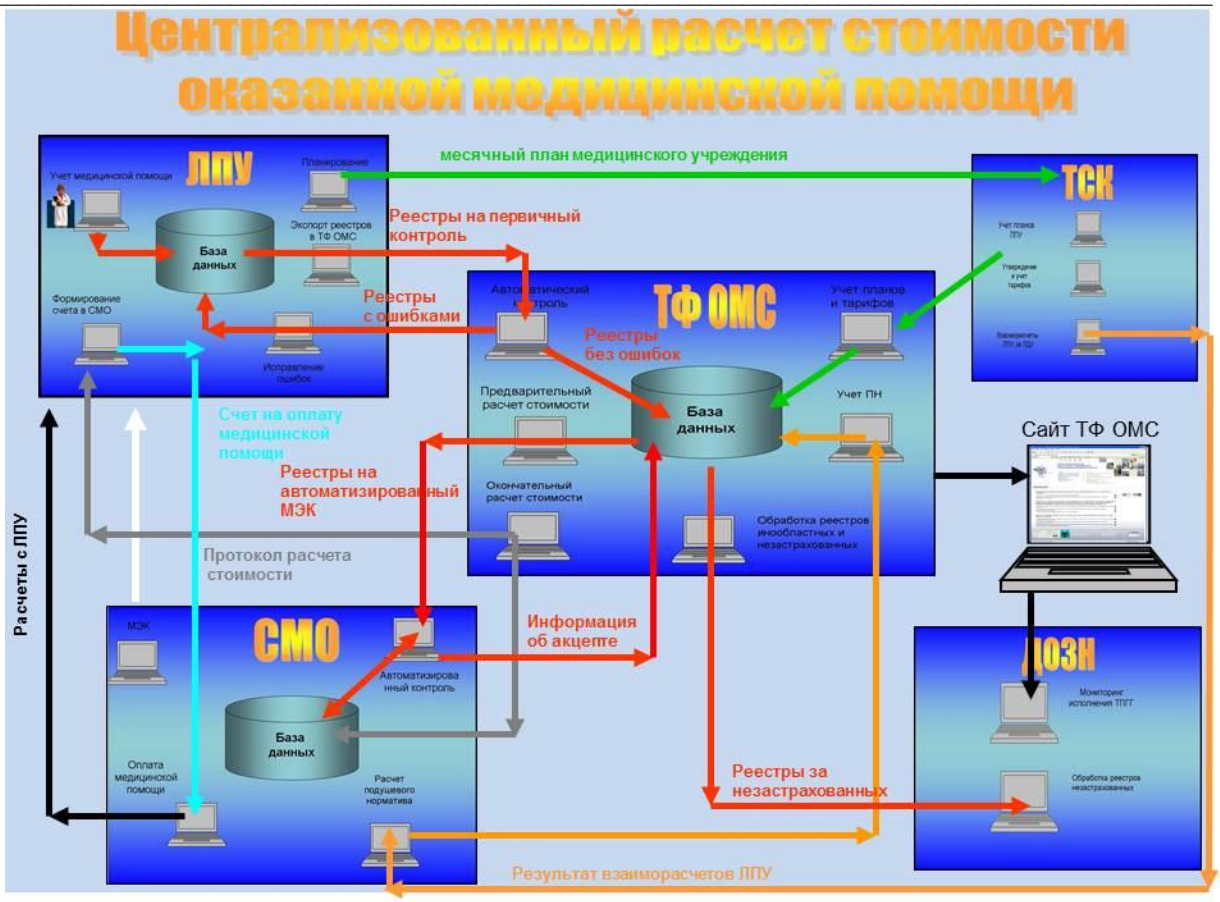


Рис.1. Схема информационного взаимодействия при Централизованном расчете стоимости оказанной медицинской помощи

МО в течение отчетного периода осуществляет формирование реестров за оказанную медицинскую помощь в формате, утвержденном областной согласительной комиссией, и направляет их в ТФ ОМС для проведения первичного автоматического контроля правильности заполнения реестров. МО может направлять реестры в ТФ ОМС по мере их формирования.

ТФ ОМС обеспечивает работу сервиса по приему и обработке реестров в режиме 24 х 7 (24 часа в сутки, 7 дней в неделю). Реестры, поступившие в ТФ ОМС в течение отчетного месяца при условии успешного прохождения автоматизированного контроля правильности заполнения, принимают участие в расчете стоимости оказанной медицинской помощи.

ТФ ОМС осуществляет первичный автоматизированный контроль поступивших от МО реестров в соответствии с утвержденным областной согласительной комиссией перечнем проверок реестров пролеченных. По результатам автоматизированного контроля по адресу МО, направляются:

- протокол первичного автоматизированного контроля реестров;
- файл с реестрами, в которых были выявлены ошибки заполнения, с указанием ошибок.

МО по итогам проверки принимает меры по исправлению выявленных ошибок и повторно направляет реестры в ТФ ОМС для проверки.

Реестры, успешно прошедшие автоматизированную проверку правильности заполнения, загружаются в базу данных реестров ТФ ОМС.

МО, в соответствии с «Инструкцией по формированию, согласованию и корректировке текущего месячного плана медицинского учреждения», формирует месячный план с учетом объемов медицинской помощи, определенных утвержденным годовым планом-заданием

медицинского учреждения, и передает его на утверждение территориальной согласительной комиссии (ТСК).

ТСК осуществляет учет текущих месячных планов МО и ввод в базу данных ТФ ОМС с помощью программы «Учет планов и тарифов».

ТФ ОМС осуществляет проверку реестров, прошедших первичный автоматизированный контроль и загруженных в базу данных по Интегрированной базе застрахованных по ОМС, определяет СМО, поликлинику прикрепления и проводит расчет стоимости медицинской помощи. В расчете участвуют все реестры, прошедшие первичный автоматизированный контроль и загруженные в базу данных. Расчет осуществляется в соответствии с «Алгоритмом расчета стоимости медицинской помощи», утвержденным областной согласительной комиссией на основании утвержденных территориальными согласительными комиссиями планов работы медицинских учреждений и тарифов оплаты медицинской помощи.

По завершении расчета ТФ ОМС направляет в МО:

- протокол расчета стоимости оказанной медицинской помощи;
- счет для представления в СМО на оплату помощи, оказанной застрахованным;
- файл, содержащий реестры за оказанную помощь с рассчитанной стоимостью.

СМО, получив от МО счета на оплату оказанной медицинской помощи, осуществляют их оплату в сроки, определяемые договором между СМО и МО.

Таким образом, внедрение технологии централизованного расчета стоимости оказанной медицинской помощи позволило:

- Использовать единый алгоритм расчета стоимости медицинской помощи для всех субъектов системы ОМС.
- Обеспечить централизованный учет планов медицинских учреждений и тарифов, используемых при расчете стоимости оказанной медицинской помощи.
- Добиться упрощения информационного обмена между субъектами ОМС в процессе оплаты медицинской помощи.
- Обеспечить возможности оперативного мониторинга исполнения задания на оказание медицинской помощи.
- Повысить качество информации об оказанной медицинской помощи.
- Повысить управляемость и эффективность системы ОМС.
- Повысить финансовую устойчивости системы.

УДК 622.13.10

БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ

Сивов М.О., Метельков А.А.
ЗАО «Гипроуголь», г. Новосибирск

Современная шахта - это комплексно механизированное и высокопроизводительное предприятие большой мощности с высоким уровнем концентрации и интенсификации производства, имеющее поток основных технологических процессов.

Анализируя опыт проектного института «Гипроуголь», можно сделать вывод о том, что в последнее время в проектировании шахт преобладает тенденция к увеличению годовой проектной мощности предприятия. В связи с чем, совершенствованию технологии подземной добычи угля, обеспечивающей высокую эффективность выемки пластов, автоматизации производственных процессов и безопасности работ, придается огромное значение. Увеличение производственной мощности шахт, главным образом связано с необходимостью в наращивании собственной сырьевой базы углей коксующихся марок, и с желанием заказчика иметь рентабельное предприятие. Производственной мощностью типичной шахты, проектируемой в наши дни, можно назвать годовую добычу, составляющую 3 – 5 млн. тонн рядового угля.

Кроме увеличения проектной мощности шахты можно обозначить еще одну сложившуюся тенденцию – это увеличение глубины ведения горных работ. С проникновением горных работ на более глубокие горизонты горно-геологические условия усложняются: возрастает тектоническое влияние пликативных и дизъюнктивных нарушений, возрастает температура и газоносность горных пород, увеличивается опасность внезапных выбросов угля и газа, горных ударов. Наряду с этим, требуется постоянное улучшение условий труда, техники безопасности, повышение производительности труда, снижение себестоимости добываемого угля. С появлением выше обозначенных проблем, появляется необходимость в организации непрерывного контроля за горно-геологической ситуацией в шахте. Помимо этого, горно-техническая обстановка также нуждается в постоянном контроле, в числе которой можно обозначить: контроль за состоянием крепи выработок, в том числе анкерной с тензодатчиками перемещений слоев приконтурной зоны выработки; геофизический мониторинг состояния угольных пластов и вмещающих пород в связи с решением задач геодинамики недр; контроль за ситуацией в зоне повышенного горного давления, вследствие ведения горных работ; сейсмологический мониторинг; контроль рудничной атмосферы, скорости и запыленности воздуха, противопожарной защиты и др.

Таким образом, в создании высокоэффективной и безопасной шахты с высоким уровнем годовой добычи, возрастает необходимость в организации среды непрерывного контроля и автоматизации, что влечет за собой установку множества датчиков – от датчиков контроля массива, до датчиков мониторинга работы оборудования, и создание единой сети, по которой информация сможет поступать не только горному диспетчеру, но и заинтересованным службам, например службам прогноза геомеханических и газодинамических процессов при ВНИМИ, ВостНИИ.

Решить эту проблему возможно только путем создания системы комплексного мониторинга и автоматизации производственных процессов. В настоящее время, необходимость в создании на шахте данной системы закреплена нормативным документом и обозначена как многофункциональная система безопасности, а именно, Приказом Ростехнадзора №1158 от 20.12.2010 г. внесены изменения в Правила безопасности в угольных шахтах, ПБ 05-618-03. Изменению подверглись следующие пункты: 41, 49, 52, 54, 104, 230, 247, 261, 302, 306-308. В результате внесенных изменений, пункт 41 четко определяет назначение и состав многофункциональной системы безопасности, регламентирует создание проекта многофункциональной системы безопасности. Остальные пункты, по сути, скорректированы в связи с по-

явлением обязательного требования создания на шахте многофункциональной системы безопасности.

Появление данных норм, закрепленных в «Правилах безопасности на угольных шахтах», явилось своевременной и адекватной реакцией на уровень современного развития угольных шахт, на степень механизации горных работ, на необходимость повышения безопасности горных работ, так как аварийность и травматизм, в том числе и в подземных горных выработках, к сожалению, остаются высокими. Владельцы горнорудных предприятий неохотно выделяли средства на технику безопасности в целом и, в частности, - на предупредительные меры по уменьшению аварий и снижению тяжести последствий от них.

В состав многофункциональной системы, помимо систем мониторинга и управления, должна входить система позиционирования и оповещения людей, а в случае аварии – система поиска и обнаружения. Требования к данной системе довольно жесткие, к примеру: она должна быть достаточно автономной – быть работоспособной в течении 36 часов после аварии; должна обеспечивать возможность обнаружения пострадавшего через слой породы не менее 20 м с погрешностью ±2м; должна обеспечивать передачу сообщений об аварии персоналу, независимо от его местонахождения до, во время и после аварии. Анализируя обозначенные требования современных норм безопасности, можно сделать вывод о том, что современная шахта не может существовать без организации высокоэффективной беспроводной связи.

Развитие технологий беспроводной передачи данных, в последнее время, происходит бурными темпами, и в наши дни продолжает развиваться. Однако, не любая технология беспроводной связи подходит для работы в условиях угольной шахты из-за специфики производства и определенной сложности создания единой сети, в условиях постоянно меняющегося фронта горных работ.

Зарубежный опыт применения беспроводных сетей в целях мониторинга персонала шахты и параметров технологических установок значительно превышает отечественный. Но в нашей стране также существуют организации занимающиеся разработкой и внедрением систем беспроводной шахтовой связи. Как бы то ни было, с появлением новых нормативных требований к эксплуатации шахт, появился повышенный спрос на продукцию беспроводных технологий связи, и организации-разработчики ставят перед собой задачу повышения конкурентоспособности российских систем, т.к. Китай в ближайшее время может стать производителем аналогичного оборудования, в связи с этим, необходимо закрепить нишу за отечественным производителем. Правительство Российской Федерации поощряет инновационные проекты, оказывает поддержку в рамках созданных технопарков, что в дальнейшем может способствовать развитию отечественных систем связи. Во время февральского визита премьер-министра РФ Владимира Путина в технопарк Новосибирского Академгородка, в числе разработок других компаний, ему продемонстрировали систему "ГОРНАСС" производства НПФ "Гранч". Данная система разработана Новосибирскими специалистами, появилась относительно недавно и является единой информационной инфраструктурой шахты.

Обеспечение поставленных задач обуславливает необходимость внедрения в подземной части шахт самых современных технологий беспроводной связи, характеризующихся возможностью высококачественной передачи значительных объемов оперативной информации при высокой надежности системы. Основной задачей проектирования систем горно-подземной беспроводной связи является создание зоны радиопокрытия в выработках шахты. Вплоть до недавнего времени практически единственной технологией создания сплошной зоны радиопокрытия была технология, основанная на применении проложенного вдоль выработки специального волновода – излучающего кабеля. В мире реализовано более 300 крупных проектов по созданию систем связи на излучающем кабеле в тоннелях, в метрополитене, в крупных шахтах.

Излучающий кабель – это коаксиальный радиочастотный кабель, во внешнем проводнике которого имеются отверстия, благодаря чему он является приемо-передающей антен-

ной. Для компенсации затухания сигнала в кабеле используются усилители. Электропитание линейных усилителей, как правило, осуществляется по излучающему кабелю. Таким образом, при использовании линейных усилителей и внешних источников питания осуществляется создание кабельных сетей большой протяженности. Радиосвязь с использованием излучающего кабеля работает на частоте около 500 МГц.

Один из первых крупных проектов по созданию единой системы подземной радиосвязи на базе излучающего кабеля был реализован на руднике «Октябрьский», ОАО "ГМК "Норильский никель". Данный комплекс был разработан специалистами компании «Информационная индустрия» на основе австралийской системы MCA 1000, в мае 2002 г. сдан в эксплуатацию как полнофункциональная транкинговая система протокола MPT 1327. Протяженность излучающей кабельной сети составила около 12 км. За время начальной эксплуатации системы, были получены положительные результаты в отношении оптимизации производственных процессов.

В 2004 году этой же компанией, аналогичная система радиосвязи под названием «Талнах» была внедрена на шахте «Заречная». Целью внедрения данного комплекса, была построена сеть технологической радиосвязи в шахте и создана на ее основе система позиционирования персонала и подвижных объектов, передачи данных, системы мониторинга и промышленного телевидения. Осенью 2006 года была создана сеть производственно технологической сети связи (ПТСС) на шахте «Разрез «Ольжерасский». Одним из компонентов ПТСС являлась сеть подземной искробезопасной радиосвязи (СПИР), построенная на базе оборудования транкинговой радиосвязи «Валдай MPT1327» производства компании «Информационной Индустрии».

Альтернативой системы радиосвязи, построенной на базе излучающего кабеля, является система беспроводной связи стандарта DECT, во многом, по функциональным возможностям данные системы схожи. В стандарте DECT используются радиочастоты диапазона 1880 – 1900 МГц, домашние и офисные беспроводные телефонные трубки, к примеру, также работают в стандарте DECT. Вопрос о перспективах использования технологии стандарта DECT в условиях подземных выработок, а также о том, действительно ли микросотовая система стандарта DECT является полноценной альтернативой другим системам радиосвязи, в недавнее время был особенно актуален. С этой целью, институтом «Гипроуглеавтоматизация» были проведены исследования и натурные испытания радиосвязи стандарта DECT на различных технологических участках в шахтах и рудниках. Оценка зоны покрытия радиосвязи стандарта DECT проводилась на шахте «Комсомольская» ОАО «Воркутауголь», в стволе, в капитальных выработках, на участке. Наиболее представительные результаты были получены в стволе, так как использовался комплект связи в полном объеме и на максимальную дальность связи (до 1000 м.) Измерения, проведенные в выработках (клетевой ствол, главный откаточный штрек, конвейерный штрек, лава), показали, что существенное влияние на условия распространения радиосигнала в диапазоне 1,8-1,9 ГГц оказывают:

– площадь поперечного сечения выработки, дальность связи уменьшается с уменьшением площади поперечного сечения;

– насыщенность выработки металлоконструкциями, которые оказывают экранирующее действие, ухудшая условия распространения радиоволн этого диапазона частот;

– ориентация и мощность антенн, при неправильной ориентации антенны – дальность связи уменьшается в 4-5 раз;

– близость силового оборудования (1140В, мощность 500-600 кВА и более), которое является источником помех в каналах связи.

Тем не менее, системы DECT используются в горной промышленности до сих пор. Так, системы микросотовой связи во взрывобезопасном исполнении «Гудвин Бородино-И» установлены в шахтах «Воркутауголь» и компании «Белон», а также на предприятиях ГОК АК "АЛРОСА" (рудник «Интернациональный» Мирнинского ГОК, Якутия). По словам разработчиков, системы стандарта DECT отличает высокая пропускная способность по або-

нентской нагрузке и отсутствие проблем электромагнитной совместимости со средствами автоматизированных систем управления на предприятии. Простота проведения работ при монтаже, настройке и эксплуатации системы обусловлена тем, что для подключения базовых станций системы используются обычные кабели телефонной распределительной сети, а сама процедура монтажа и подключения не сложнее установки обычного телефонного аппарата.

Системы радиосвязи, построенные на базе излучающего кабеля, волновода и стандарта DECT по своей функциональной возможности, конечно, превосходят обычные системы шахтовой АТС, но не способны в полной мере отвечать вновь установленным нормативным требованиям ПБ 05-618-03. В связи с чем, развитие данных направлений связи в настоящее время не продолжается. Для того чтобы полностью обеспечить выполнение требований пункта 41 Правил безопасности необходимо создать систему беспроводной и автономной связи. Такие системы сейчас создаются на базе беспроводных сетей стандарта IEEE 802.11, в нашей жизни такой тип связи встречается под названием Wi-Fi. Данный стандарт работает на оборудовании для широкополосной радиосвязи, предназначенной для организации локальных беспроводных сетей Wireless LAN, на частоте 2,4 ГГц и 5 ГГц.

Технология Wi-Fi предназначена для беспроводной передачи информации на различные дистанции (в зависимости от используемого оборудования) и в то же время, на достаточно больших скоростях. На данный момент, наиболее распространены четыре модификации этого стандарта – IEEE 802.11a, b, g и n. Они различаются максимальной возможной скоростью передачи данных и дальностью, на которой может быть установлено соединение. Среди стандартов сети наиболее популярны IEEE 802.11b и g. Последним и наиболее продвинутым стандартом на сегодняшний день, является IEEE 802.11n. Для передачи данных в них, используется диапазон частот от 2,4 до 2,4835 гигагерца, максимальная скорость равна b-11, g-54 и n-300 мегабитам в секунду, при этом дальность передачи сигнала составляет от 20 метров до нескольких километров, опять же в зависимости от используемых точек доступа, антенн и т.д. Стоит заметить, что на сегодняшний день наблюдается очень активное развитие данного вида связи как в гражданском, так и в промышленном назначении.

Технология беспроводной связи стандарта IEEE 802.11 за счет возможности широкого функционального использования позволяет создать комплексную систему модульной связи и в полной мере реализовать задачи мониторинга и автоматизации технологических процессов. Система Wi-Fi достаточно автономна и не требует прокладки кабельных линий связи и электропитания, при условии, что источником питания служат аккумуляторы.

В промышленности технологии Wi-Fi получают все большее использование. Большие наработки существуют в компании Siemens Automation & Drives, которые предлагает Wi-Fi-решения для своих контроллеров SIMATIC в соответствии со стандартом IEEE 802.11g в свободном ISM-диапазоне 2,4 ГГц и обеспечивающим максимальную скорость передачи 54 Мбит/с.

В настоящее время, Новосибирской компанией НПФ "Гранч", с учетом последних внесенных поправок в Правила безопасности (ПБ 05-618-03) на базе беспроводной связи технологии Wi-Fi, разработан комплекс «Умная шахта» - ГОРНАСС. Помимо функции оповещения, определения местонахождения персонала, поиска людей, застигнутых аварией, в разработанном комплексе также реализованы функции аэрогазового контроля, передачи информации и данных, управления оборудованием, обработки и отображения информации и организации систем связи. Комплекс «Умная шахта» - сложная единая информационно-управляющая инфраструктура, включающая в себя:

1. Granch МИС – многофункциональная измерительная система аэрогазового контроля, передачи информации и управления оборудованием, предназначенная для решения задач автоматизации в шахте. На базе Granch МИС созданы системы аэрогазового контроля, автоматизированного управления конвейерным транспортом, автоматизированного управления шахтовым водоотливом, управления энергоснабжением и др.

2. Granch SBGPS – система наблюдения, оповещения и поиска людей, застигнутых аварией. Система позволяет непрерывно наблюдать местоположение шахтера под землей с точностью ±20м, передает шахтеру команды и сигналы голосовыми фразами, оповещает об опасности и получает подтверждение, что сигнал не только принят, но и осознан, измеряет газовую обстановку вокруг каждого шахтера, и передает информацию о ней на пульт диспетчера, подсказывает человеку, находящемуся под землей, правильные действия в зависимости от ситуации.

3. Granch SBAVS – система громкоговорящей связи, оповещения и сигнализации. Система обеспечивает голосовую связь с диспетчером, или любым другим абонентом, группой абонентов, всеми абонентами, осуществляет предпусковую сигнализацию конвейерного транспорта, имеет функции аварийного останова конвейера с индикацией номера сработавшего поста, выдает предупреждающий сигнал не только на стационарные посты, но и на устройство оповещения, совмещенное с индивидуальным шахтовым светильником.

В основе построения сети подземного комплекса беспроводной связи «Умная шахта» лежат базовые станции Wi-Fi. В соответствии с типовыми техническими характеристиками базовые станции устанавливаются через 200м вдоль выработки. Базовые станции выполняют следующие функции: 1. Организация скоростного информационного канала до любых подвижных и стационарных объектов (устройства оповещения, отдельно стоящие датчики и т.п.) по Wi-Fi стандарту; 2. Резервирования источника энергии для собственных нужд и питания подключенного к ним оборудования; 3. Как «черный ящик» для сохранения всей информации, проходящей через нее, при отсутствии связи с верхним уровнем. В своем составе базовая станция имеет:

- процессорный блок, с мощным процессором, обеспечивающим маршрутизацию проходящего трафика, управление всеми подключенными к БС устройствами;
- две Wi-Fi точки доступа. Одна – для связи с соседними БС (резервный канал), другая – для обеспечения связи с устройствами оповещения, либо другими подвижными объектами;
- проводной интерфейс SBNI12-10, для связи с маршрутизатором или другими БС (основной канал);
- источник питания с резервным аккумулятором;
- антенно-фидерную систему, включающую четыре коллинеарных с синфазной запиткой попарно согласованные антенны с усилением 14 децибел.

Состав единого комплекса «Умная шахта», кроме базовых станций, формируют различные модули и компоненты: контроллеры, устройства оповещения (шахтовый фонарь), датчики, посты и наземное оборудование.

В зарубежных странах также активно разрабатываются комплексные системы беспроводной связи по технологии Wi-Fi. Например, Австралийская компания MineSite Technologies (MCT) активно продвигает свои разработки систем связи и мониторинга в мировой горнодобывающей промышленности. Технологии MCT установлены на более чем 500 подземных и открытых горных предприятиях во всем мире. Такие технологии включают:

- ImPact Цифровая система коммуникации и RFID Мониторинга – Wi-Fi стандарта 802.11 b/g для горных шахт. Два основных применения в шахтах: для RFID мониторинга и двусторонней голосовой связи по шахтному мобильному телефону VoIP;
- RFID мониторинг – активная Wi-Fi радиочастотная метка, находящийся с горняком или закрепленная на оборудовании в шахте с целью отслеживания перемещения под землей;
- MinePhone (Шахтный мобильный телефон) – для двусторонней голосовой и текстовой связи по цифровой сети. Мобильный телефон MinePhone – первый мобильный телефон, предназначенный для работы в условиях шахты, в среде Wi-Fi, по интернет-протоколу (VoIP). Также MinePhone работает как радиочастотная ID (RFID) система слежения (позиционирования);
- интегрированный шахтерский фонарь (ICCL) – ICCL является облегченным шахтерским фонарем, который может быть оснащен разнообразным оборудованием для коммуни-

кации и мониторинга. А именно радиочастотной меткой RFID, текстовым ресивером PED и/или рацией;

- PED Аварийная система оповещения – PED является односторонней системой оповещения текстовыми сообщениями, передаваемых в диапазоне ультранизких волн сквозь горную породу.

Кроме общеизвестной беспроводной связи Wi-Fi стандарта IEEE 802.11, в настоящее время разработаны и другие системы связи, например «супер Wi-Fi» или WRAN и WiMax, основанные на стандартах IEEE 802.22 и IEEE 802.16 соответственно. Сети между собой имеют много общего. Обмен данными по стандарту IEEE 802.22 производится на «свободных» частотах ОВЧ/УВЧ (VHF/UHF) телевизионного вещания, что составляет полосу от 54 до 862 МГц, это считается существенным минусом данной системы т.к. вызывает трудности для ее развертывания в городской среде, но для работы такой системы в подземных условиях этот факт не имеет значения. Основное преимущество данного вида беспроводных сетей связи заключается в радиусе зоны покрытия, которая составляет километры и десятки километров. Сейчас данные виды беспроводной связи внедряются в нашу жизнь, разработка промышленной связи на этих стандартах только развивается.

Существуют также беспроводные системы связи, основанные на стандарте IEEE 802.15.1, которые также известны под названием Bluetooth, данные системы связи имеют применение, но в бытовом и тем более в промышленном значении значительно уступают технологии Wi-Fi. Множество систем промышленной связи построенных на технологии Bluetooth предлагается компанией Phoenix Contact. Кроме этого, существует также подземная беспроводная связь, основанная на стандарте IEEE 802.15.4, которая имеет название ZigBee. Данный вид связи является работоспособной, но лишь для шахтной автоматизации и контроля технологических процессов. В качестве системы промышленной автоматизации в подземных условиях беспроводная связь ZigBee была испытана в Конструкторско-технологическом институте вычислительной техники СО РАН, испытания проводились с использованием ZigBee-приемопередатчиков собственного производства. Использование стандарта передачи пакетов данных IEEE 802.15.4, нацелено на приложения, в которых требуются значительное время автономной работы от батарей и большая надежность передачи данных при меньших скоростях. Также преимуществом данной системы стандарта ZigBee/802.15.4 является простота установки и обслуживания устройств.

В мире, возможность использовать недорогой стандартизованный интерфейс для передачи данных ZigBee вызывает интерес некоторых профильных компаний. Так, американская компания "Mines Rescue Service Ltd "(MRSL), проведя сравнительный анализ работы передатчиков на 2.4 ГГЦ в условиях шахты, остановила свой выбор на использовании ZigBee для сбора данных с различных датчиков технологических установок. В институте горной и топливной промышленности Индии (Institute of mining and fuel research, Dhanbad, India) разработана беспроводная информационная система контроля перемещения персонала и оборудования шахт на основе ZigBee-совместимых RFID-устройств. Однако малый радиус действия примененных приемопередатчиков (50−60 м) не позволил создать сеть, охватывающую более или менее значительную часть шахты.

Беспроводная шахтная сеть, основанная на технологии Wi-Fi, является в настоящее время самой распространенной и способной обеспечить выполнение современных требований относительно создания многофункциональной системы безопасности. Но связь по технологии Wi-Fi не является единственной активно развивающейся. Альтернативой данной связи могут служить различные виды электромагнитной или импульсной связи, сквозь толщу горных пород. Какие-то из данных систем связи имеют широкие функциональные возможности и позволяют в большей степени обеспечить необходимые потребности, какие-то только развиваются с перспективой на дальнейшее совершенствование, как например разработка Санкт-Петербургского горного университета радиосвязи сквозь толщу горных пород на основе импульсной связи. Данная система беспроводной связи является системой подзем-

ного оповещения работающих под землей шахтеров о возникновении аварийных ситуаций. Для организации системы связи на дневной поверхности располагается передающий комплекс, состоящий из передатчика электромагнитных сигналов низкой частоты с кодовой обработкой, блока питания и передающей антенны. Антенна представляет собой однопроводные электрические линии в виде нескольких лучей, протяженные на несколько километров и заземленные на концах на обсадные трубы геологических скважин. Изолированный антенный провод подвешивается на специальных опорах по простиранию шахтного поля. Диспетчер шахты через расположенный на поверхности передающий комплекс оповещает о возникновении аварийной ситуаций. Его голосовое сообщение кодируется и передается через толщу горных пород кодовыми импульсами низкой частоты следования. В подземных выработках приемо-передающие устройства воспроизводят преобразованное из кодов голосовое сообщение, предупреждая работающих о возникновении опасности и мерах по ее устранению.

Специалистами Красноярского научно-внедренческого инженерного центра «Радиус» создана система «Радиус-2», которая ориентирована на выполнение п. 41, 49 ПБ 05-618-03. Система реализуется в комплексе с компонентами «РадиусПоиск» и «РадиуСкан».

В процессе эксплуатации, горный диспетчер может передать с пульта, установленного на поверхности шахты, сквозь толщу горных пород в любое место шахты, сигнал общего аварийного оповещения для эвакуации людей из шахты или персонального вызова шахтеру для связи с диспетчеров с ближайшего телефона. Шахтерское абонентское устройство приемное, встроенное в крышку светильника принимает сигналы и преобразовывает их в мигание лампы светильника различной частоты и длительности и в звуковые сигналы. Интегрирующим сигнально-информационным устройством системы «Радиус-2» является шахтерское многофункциональное приемное устройство «Радиус 1-ПРМ 8».

Система "РадиуСкан" - аппаратно-программный комплекс, предназначенный для наблюдения и определения местоположения персонала в подземных выработках в реальном времени. Персонал шахты и техника снабжаются RFID метками с индивидуальными номерами, встраиваемые в корпус шахтного светильника совместно с функциями поиска под завалами и аварийного оповещения. RFID метка представляет собой микро ЭВМ с встроенным радио трансивером со сверх малым потреблением энергии. При прохождении шахтера, снабженного RFID меткой возле считывателя, происходит считывание индивидуального номера и через сеть RS-485 в режиме реального времени происходит передача информации на компьютер диспетчера шахты. Время и место идентификации вносится в базу данных и диспетчер может определить местоположение этого шахтера.

Компонент «РадиусПоиск» позволяет осуществлять поиск людей, застигнутых аварией в шахте. В состав подсистемы «РадиусПоиск», единой системы «Радиус 2» входит радиопеленгатор «Радиус ШРП». Для обнаружения и поиска людей в аварийных ситуациях применяются радиомаяки, встроенные в «Радиус 1-ПРМ 8», излучающие специальные сигналы, позволяющие определить их местонахождение шахтными радиопеленгаторами «Радиус ШРП» сквозь толщу горных пород на расстоянии 5-15 метров. Радиомаяк включается с пульта системы «Радиус-2» диспетчером шахты через толщу горных пород в любом месте, независимо от того где находится пострадавший шахтер. По мере приближения радиопеленгатора к радиомаяку амплитуда сигнала увеличивается. Это дает возможность определить направление и расстояние до маяка. Информация о дистанции отображается на цифровом табло радиопеленгатора и сопровождается звуковым сигналом.

В 2008 году комплекс беспроводного подземного аварийного оповещения, персонального вызова и поиска людей «Радиус-2» был установлен на шахте «Алексиевская» (г. Ленинск-Кузнецкий). В мае 2010 года на шахте произошла авария – обвал, когда пострадали 2 человека. Оба они имели с собой шахтовые светильники, в которые встроен чип «Радиуса-2». Горноспасатели установили местонахождение горняков, по мнению механика отдела ВТБ время розыска было значительно сокращено.

Аналогичные разработки существуют у компании ООО "УралТехИс": комплекс аварийного оповещения и селективного вызова СУБР-1П; система позиционирования горнорабочих и транспорта СПГТ-41. Принцип работы аналогичен работе системы «Радиус-2», с различием в возможностях оповещения персонала.

Среди зарубежных аналогичных разработок также существует множество систем беспроводной связи, но все они по сути своей похожи и используют аналогичный принцип работы, такие как MinSearch-08 производства Elektrometal, Mine Radio Systems, Becker Mining Systems. Отдельно можно обозначить разработку американской компании Lockheed Martin, систему – MagneLink, которая способна обеспечить передачу голоса и текстовых сообщений с поверхности до отдаленных мест угольной шахты. Система работает путем передачи электромагнитных волн сквозь толщу пород, без прокладки проводов и наземной инфраструктуры. Эта система является достаточно автономной и не полагается ни на одну из шахтных инфраструктур связи. Систему испытали на шахтах в Dilliner, штат Пенсильвания и Mavisdale, штат Виржиния, где MagneLink продемонстрировала двусторонние голосовые и текстовые сообщения на глубину свыше 1550 метров.

Анализируя все виды разработанной беспроводной связи для шахтовых условий можно сказать, что каждый вид связи имеет свои недостатки и преимущества. Какая то связь окончательно ушла в прошлое и развития в дальнейшем не получит, другая, напротив, является перспективной и привлекает к себе много внимания. Также ясно то, что несколько дублирующих друг друга типа связи окажутся эффективнее одной системы. Для оптимального развития шахтной системы связи и мониторинга необходим комплексный подход с комбинированием типов связи. В настоящее время совершенствование и развитие среды связи, передачи данных и непрерывного контроля и автоматизации в подземных условиях продолжается активными темпами.

Список литературы

1. Правила безопасности в угольных шахтах, ПБ 05-618-03. В редакции Приказа Ростехнадзора от 20 декабря 2010 г. №1158.

2. Вопросы оснащения техническими средствами аварийного оповещения и определения местоположения персонала в подземных горных выработках рудников и угольных шахт./ Ферхо В.А, Веснин В.Н.// Горный журнал Казахстана №8. 2010 г.

3. Шахтная беспроводная связь./ Давыдов В.В.// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) №11, МГГУ, 2010. С. 221 – 228.

4. В радиусе повышенного внимания к шахтеру.// Уголь Кузбасса, Международный научно- практический журнал. Март-апрель, 2011. С. 68 – 69.

5. Шахтный комплекс аварийной связи./ Кубрин С.С., Тимофеев В.В., Блохин Д.И.// Патент № 2382203, опубл. 20.02.2010. Патентообладатель ФГУП «Гипроуглеавтоматизация».

6. Устройство для оперативной беспроводной связи с подземными выработками./ Драбкин А.Л., Проскуряков Р.М., Семенов М.А.// Патент № 2158368, опубл. 27.10.2000. Патентообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова (технический университет).

7. Использование сетей стандарта IEEE 802.15.4/ZigBee в системах шахтной автоматизации./ Жуков М.О., Иванов А.Е., Меркулов И.В., Нарымский Б.В.// Проблемы информатики. 2009. № 3. С. 42-46.

8. Apurva N. Mody, Gerald Chouinard. IEEE 802.22 Wireless Regional Area Networks. Enabling Rural Broadband Wireless Access Using Cognitive Radio Technology.

9. http://www.granch.ru/index.php?option=comcontent&view=article&id=136&Itemid=152

10. http://www.lockheedmartin.com/us/products/magnelink.html

11. http://www.wi-fi.org/media/press-releases

12. http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/835-2012-01-27-08-24-14

13. http://www.informind.ru/about/article/41/

14. http://www.minesite.com.au/wordpress/wp-content/uploads/MST_MP70_MinePhone+Datasheet_RU.pdf

УДК 622.232

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ GPS ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Артамонов П. В.

Санкт-Петербургский государственный горный университет, г. Санкт-Петербург

Одним из главных направлений развития современного карьерного транспорта, является внедрение технологий, позволяющих в режиме реального времени прослеживать изменения эксплуатационных параметров горно-транспортного оборудования. В настоящее время на угольных разрезах Кузбасса успешно используется автоматизированная система диспетчеризации «КАРЬЕР», разработанная специалистами компании «ВИСТ ГРУПП». Располагая широкими функциональными возможностями в области оптимизации распределения транспортерных ресурсов, регулированием качества добываемого полезного ископаемого, обеспечения высокой безопасности ведения работ, данная система внедрена на десяти угольных карьерах Кузбасса [1].

Реализация возможностей спутниковой навигационной системы GPS на угольных разрезах осуществляется в несколько этапов. На первоначальном этапе приоритетным направлением являлось снижение эксплуатационных затрат на топливо, посредством повышения трудовой и технологической дисциплины персонала. Постоянный контроль числа выполненных рейсов, объема перевезённой взорванной горной массы, расхода топлива, позволил существенно повысить производительность работы карьерного транспорта. На сегодняшний день системы автоматической диспетчеризации позволяют комплексно решать задачи по управлению работой горнотранспортного оборудования в течение смены, получать необходимые производственные и экономические показатели, оптимизировать затраты на комплектующее оборудование и запасные части. Существенным является возможность интегрировать полученные цифровые данные с информацией по ремонтам, простоям, обслуживанию оборудования. Задачей, отвечающей современному этапу развития карьерного транспорта, является осуществление мониторинга состояния горнотранспортного оборудования. Постоянный контроль работы узлов и агрегатов экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) позволит увеличивать межремонтные периоды эксплуатации, исключить тяжелые отказы, значительно повысить производительность.

Одной из наиболее остро стоящих проблем при эксплуатации ЭАК, является отказ несущих металлоконструкций. Статистический анализ потока отказов ЭАК показывает, что на долю металлоконструкций приходиться 20-25%, основной причиной которых является наличие трещин в сварных соединениях. Зарождение и скорость роста трещин обуславливаются интенсивностью динамических нагрузок, качеством взрывной подготовки горной массы, воздействиями внешней среды.

На протяжении ряда лет в Кузбасском Государственном Техническом Университете, совместно с «КузбассНИОГР» ведется работа по оценке циклической долговечности, несущих металлоконструкций горнотранспортного оборудования. Одним из результатов этой работы явились разработанные методики оценки долговечности карьерных автосамосвалов и экскаваторов, работающих в условиях разрезов Кузбасса [2]. В этих работах отражена возможность рассчитывать долговечность несущих металлоконструкций ЭАК, по комплексу эксплуатационных, технических и технологических параметров. При этом точность расчета в значительной степени определяется параметрами, значения которых могут варьироваться в широких диапазонах в достаточно малых промежутках времени. Прежде всего, это относиться к микро профилю карьерных дорог, и характеристикам отгружаемой взорванной горной массы. Отслеживать изменение этих характеристик в режиме реального времени можно с помощью данных системы «КАРЬЕР».

Для оперативного определения состояния металлоконструкций ЭАК, с учетом изменяющихся эксплуатационных, технических и технологических параметров на базе разработанной методики [2], группой программистов Санкт-Петербургского Государственного Горного Университета (СПбГГУ), под руководством Жданова Е. В. создана программа расчета долговечности несущих металлоконструкций в приложении Visual C++ Windows Forms Application 2008 [3]. Данная программа обладает удобным интерфейсом, широкими возможностями элементов управления SaveFileDialog и OpenFileDialog, позволяющими обрабатывать непрерывные потоки информации навигационной системы GPS, с периодичностью соответствующей требуемому уровню точности. Спутниковая навигационная система GPS позволяет осуществлять мониторинг интенсивности работы экскаваторов, отслеживать изменения скоростных режимов работы автосамосвалов по характерным участкам карьерных дорог в груженом и порожнем режимах работы, учитывать параметры отгружаемой взорванной горной массы. Комплекс значений этих параметров интегрируется в блок схему программы, которая выдает расчетное время эксплуатации до наступления опасного состояния несущих металлоконструкций, что позволяет вносить необходимые коррективы в работу горнотранспортного оборудования.

На угольных разрезах северного Кузбасса – «Черниговский» и «Кедровский» специалистами отделов АСИ разработаны специализированные программы учета простоев и ремонта горнотранспортного оборудования. С их помощью представляется возможным осуществлять детализацию простоев оборудования, по причинам возникновения, по затратам людских, материальных и временных ресурсов на ремонт. Импортируя полученную информацию в программу STATISTIKA, или другие программные продукты для статистической обработки, и сопоставляя с данными системы спутникового позиционирования, можно получить широкие возможности по оптимизации работы ЭАК.

На рисунке 1 представлена зависимость годового времени ремонта металлоконструкций ЭАК от коэффициента разрыхления и среднегодовой эксплуатационной скорости автосамосвалов.

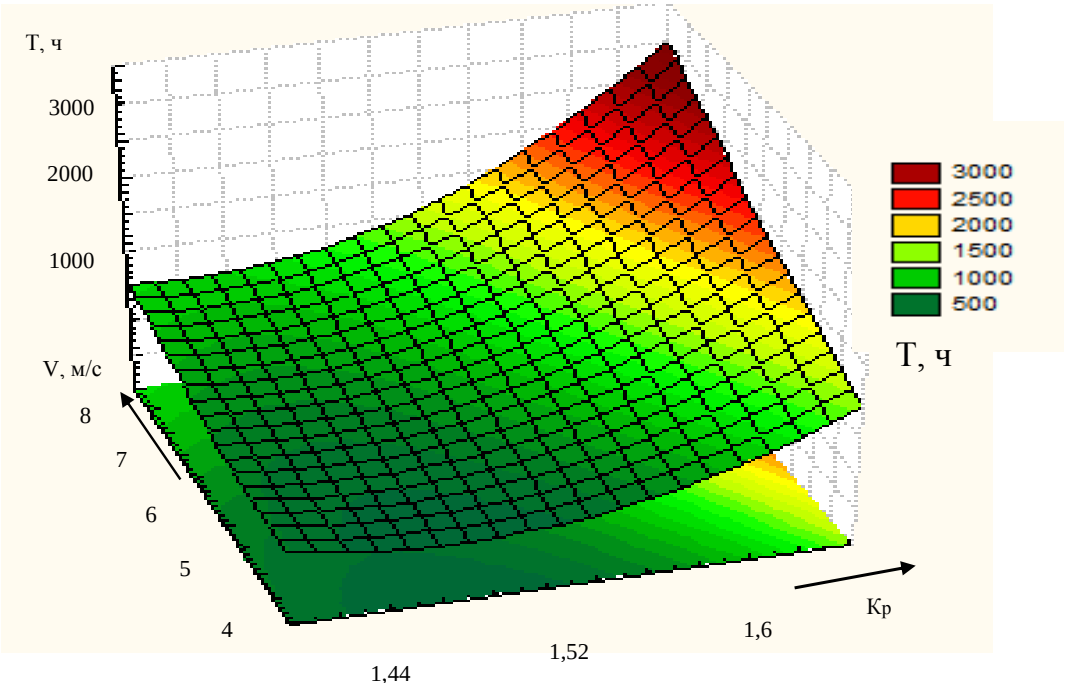


Рис. 1. Зависимость годового времени ремонта (Т) металлоконструкций ЭАК от коэффициента разрыхления ($К_р$) и среднегодовой эксплуатационной скорости автосамосвалов (V)

При этом среднегодовая скорость автосамосвалов определялась по данным системы спутникового позиционирования как средневзвешенная для комплекса

$$V_{ср} = \frac{N_1 \cdot V_1 + N_2 \cdot V_2 + N_i \cdot V_i}{N_1 + N_2 + N_i},$$

где N_i – количество работающих с экскаватором автосамосвалов; V_i – скорость отдельного автосамосвала.

Время ремонта несущих металлоконструкций определялось как сумма времени ремонта экскаватора и средневзвешенное время ремонта, работающих с ним в комплексе автосамосвалов

$$T = T_{экс} + \frac{N_1 \cdot T_1 + N_2 \cdot T_2 + N_i \cdot T_i}{N_1 + N_2 + Ni},$$

где N_i – количество работающих с экскаватором автосамосвалов; T_i – годовое время ремонта отдельного автосамосвала; $T_{экс}$ – годовое время ремонта металлоконструкций экскаватора.

Из рис. 1 видно, что при увеличении коэффициента разрыхления горной массы в ковше экскаватора ЭКГ-15 с 1,4 до 1,6 время ремонта несущих металлоконструкций ЭАК увеличивается в 1,4-1,9 раза; при увеличении среднегодовой эксплуатационной скорости автосамосвалов с 4 до 8 м/с время ремонта возрастает в 2,5-3,1 раза. При определении уровней значимости этих факторов в программе STATISTIKA был проведен факторный анализ исходного массива данных, который позволил установить, что линейный эффект скорости движения автосамосвалов оказался в 2,1 раза выше линейного эффекта коэффициента разрыхления в ковше, при незначительном эффекте взаимодействия между факторами.

Как показали проведенные исследования с помощью системы спутникового позиционирования – GPS возможна оперативная оценка механической нагруженности металлоконструкций экскаваторно-автомобильных комплексов, а следовательно расчетное техническое состояние, своевременная постановка на ремонт и связанное с этим регулирование автомобильных потоков.

Список литературы

1. Бондаренко А.В. Совершенствование системы управления горнотранспортным комплексом на угольных разрезах Кузбасса // А.В. Бондаренко, А.Г. Рыльников // Недропользование - XXI век" 4-2009

2. Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности карьерных самосвалов. ГУ КузГТУ; НФ «КУЗБАСС-НИОГР».– Кемерово, 2008.–78 с.

3. C/C++ и MS Visual C++ 2008. – СПБ.: БХВ-Петербург, 2008. – 624 с.

УДК 669.046.658.52.011.56

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТОВ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ВОДНО-ШЛАМОВОГО ТОПЛИВА

Евтушенко В.Ф., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А., Березин Д.Г., Гафиятов Ж.М., Тюжин Т.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Неконтролируемые возмущения оказывают существенное влияние на решение многих задач, таких как управление, моделирование, оптимизация, сравнение объектов и систем управления. Их оценке и анализу целесообразно, конечно, уделять большое внимание. В настоящей статье изложены схема и результаты решения задачи оценивания эффектов неконтролируемых возмущений путем приведения их к выходу объекта исследования, а также некоторые их статистические характеристики для двух качественно одинаковых объектов.

С этой целью в лаборатории энерготехнологических комплексов и технологий ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» на двух действующих установках сжигания водно-шламового топлива (ВШТ), одна из которых входит в состав разрабатываемого (согласно проекта № 2010-218-02-174 по Постановлению Правительства РФ от 09.04.2010 г. № 218) энергогенерирующего комплекса, были проведены специальные экспериментальные исследования. Технологический процесс сжигания ВШТ в этих установках подвержен влиянию неконтролируемых возмущений, обусловленных изменениями тепловой нагрузки, плотности и зольности ВШТ, нарушениями процесса его распыления и пр.

Оба исследуемых объекта включают вихревую топку совместно со схемами подачи ВШТ, компрессорного воздуха в форсунку для распыления топлива, атмосферного воздуха на его горение, а также трактом эвакуации продуктов сгорания. ВШТ с помощью перистальтического насоса подается в форсунку для сжигания в вихревой топке. Топливо предварительно проходит через фильтр тонкой очистки. Атмосферный воздух для сжигания распыленного топлива с помощью дутьевого вентилятора подается в топку двумя трубопроводами, через один из которых воздух подается горизонтальной струей, а через другой – вертикальной. Трубопроводы оборудованы регулирующими клапанами для изменения расхода атмосферного воздуха в каждом из них. Продукты сгорания топлива удаляются дымососом, оборудованным направляющим аппаратом для изменения величины разрежения в топочном пространстве и, соответственно, расхода газа через дымовой тракт.

Методика проведения экспериментов, характеристики исходных данных, полученные результаты по оцениванию динамических характеристик и их интерпретация для одной из экспериментальных установок, не входящей в состав энергогенерирующего комплекса (установка № 1), даны в [1]. Исходные данные для оценивания приведенных возмущений, полученные в результате этих экспериментов, приведены на рис.1. На рис. 1 приняты следующие обозначения:

1 – исходная реализация выходного воздействия вихревой топки: изменение температуры (T,°C) ее рабочего пространства;

2 − реализация приведенной температуры рабочего пространства вихревой топки, представляющая собой аддитивную композицию ее опорного уровня и приведенного возмущения;

3-6 – исходные реализации регулирующих воздействий, соответственно, расхода воздуха для сжигания ВШТ по горизонтальному трубопроводу ($Q_{в1}$, % хода регулирующего органа), расхода воздуха для сжигания ВШТ по вертикальному трубопроводу ($Q_{в2}$, % хода регулирующего органа), разрежения в дымовом тракте (φ, % хода регулирующего органа), расхода ВШТ ($Q_т$, л/ч).

Математические модели каналов преобразования регулирующих воздействий $\delta Q_т$, $\delta Q_{В1}$, $\delta Q_{В2}$, $\delta\varphi$ в отклонения температуры δT были представлены в виде инерционного звена первого порядка, соединенного последовательно с звеном чистого запаздывания. Оценки коэффициентов таких моделей k, T, τ представлены ниже

1) для канала преобразования «$\delta Q_{\text{Т}} \to \delta T$»

$3{,}8 \le k, {}^{л}\!/\!_{ч} \le 7{,}0; \quad 151 \le T, сек \le 213; \quad 12 \le \tau, сек \le 30;$

2) для канала преобразования «$\delta Q_{B1} \to \delta T$»

$-0{,}50 \le k, {}^{0}C\!/\!_{\%} \le -1{,}10, \; 140 \le T, сек \le 210; \quad 10 \le \tau, сек \le 21;$

3) для канала преобразования «$\delta Q_{B2} \to \delta T$»

$-3{,}0 \le k, {}^{0}C\!/\!_{\%} \le -2{,}4, \quad 160 \le T, сек \le 190; \quad 12 \le \tau, сек \le 20;$

4) для канала преобразования «$\delta\varphi \to \delta T$»

$-5{,}0 \le k, \%\!/\!_{\%} \le -4{,}0, \quad 60 \le T, сек \le 120; \quad 12 \le \tau, сек \le 20.$

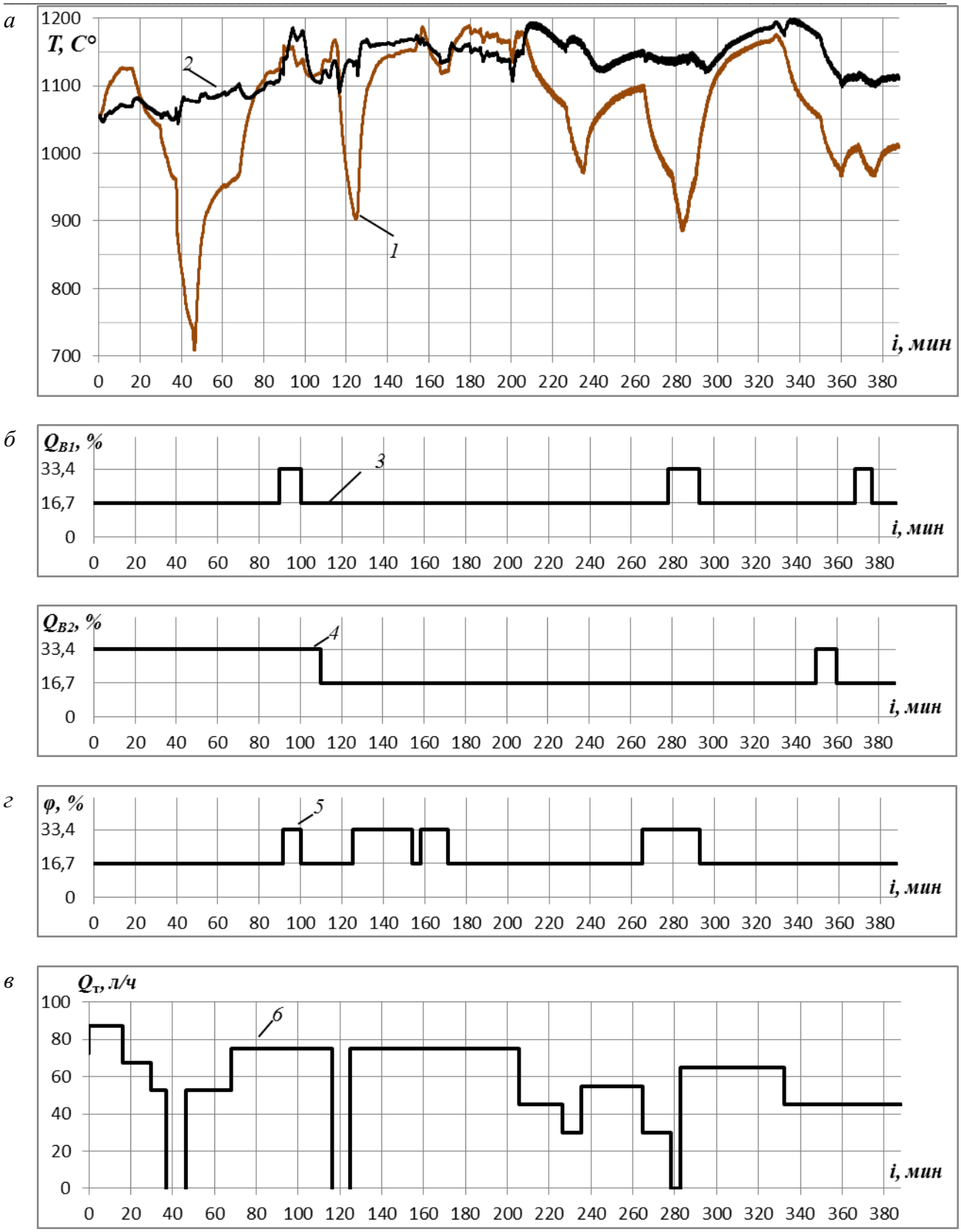
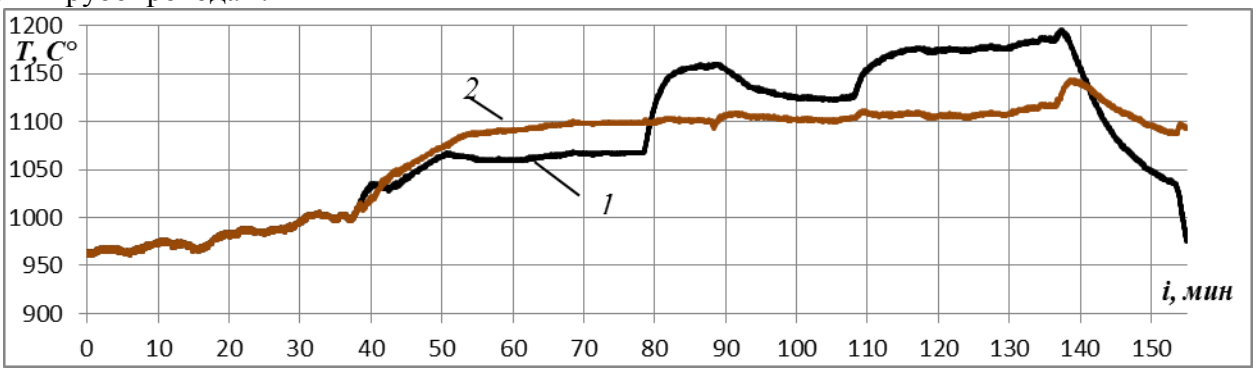


Рис.1. Реализации входных и выходных воздействий для установки №1

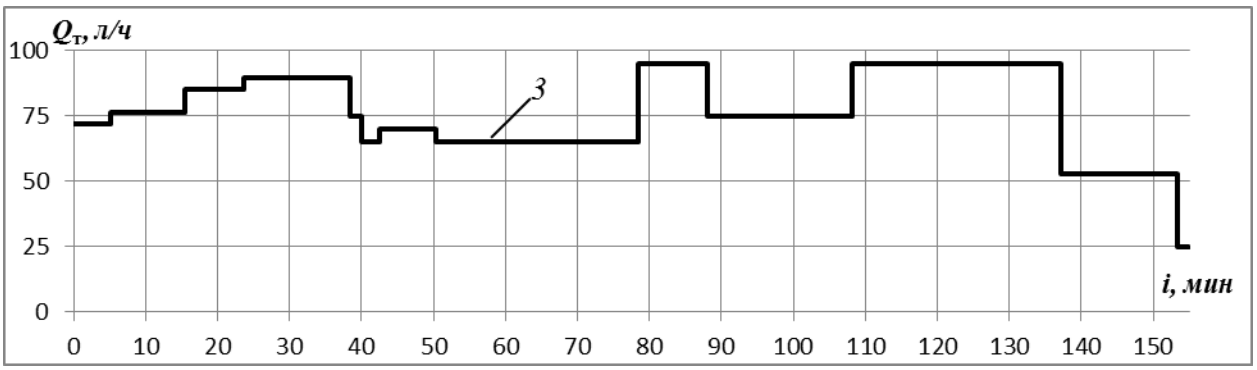
Для другой экспериментальной установки (установка № 2), входящей в состав энерго-генерирующего комплекса, по такой же методике была проведена другая серия экспериментальных исследований. Полученные для оценки приведенных возмущений исходные данные

приведены на рис.2. Обозначения 1 и 2 на рис.2 совпадают с обозначениями 1 и 2 рис. 1, обозначения 3 и 4 означают, соответственно, исходные реализации расхода ВШТ ($Q_т$, л/ч) и суммарного расхода воздуха ($Q_в$, % хода регулирующего органа) для сжигания ВШТ по обоим трубопроводам.

а



б



в

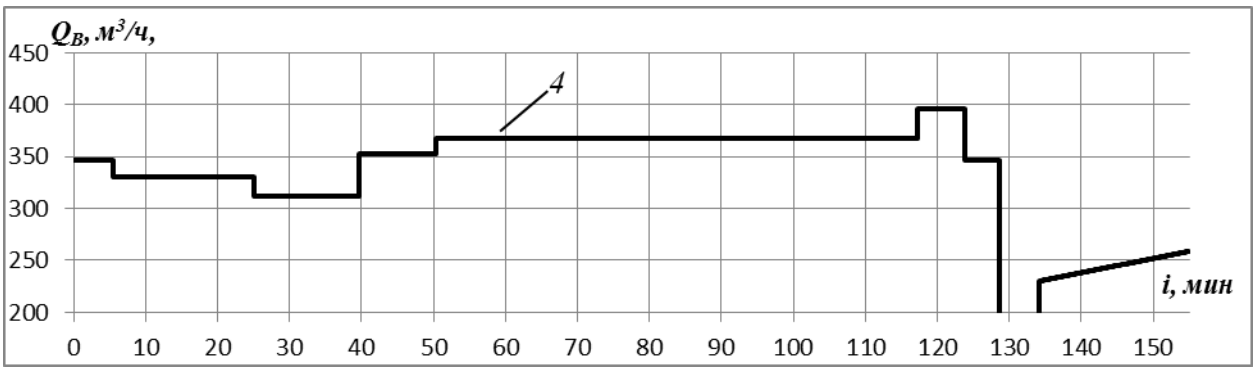


Рис. 2. Реализации входных и выходных воздействий для установки №2

Оценки коэффициентов моделей каналов преобразования регулирующих воздействий $\delta Q_т$, и $\delta Q_В$ в отклонения температуры δT приведены ниже

1) для канала преобразования «$\delta Q_Т \rightarrow \delta T$»

$4{,}5 \le k, {}^{л}\!/_{ч} \le 7{,}3; \quad 110 \le T, сек \le 160; \quad 10 \le \tau, сек \le 30;$

2) для канала преобразования «$\delta Q_В \rightarrow \delta T$»

$-0{,}23 \le k, {}^{0}C\!/_{\%} \le -0{,}34, \quad 70 \le T, сек \le 100; \quad 10 \le \tau, сек \le 15;$

В основу расчета приведенных к выходу объекта возмущений $y_{wн}(t)$ была принята схема [2], использующая как математические модели каналов преобразования отклонений входных воздействий в отклонения выходных воздействий, так и математические модели «в большом», а также регистрируемые в действующей системе данные о входных и выходных воздействиях. Оценка такого типа приведенных возмущений $y_{wн}(t)$ осуществляется для рассматриваемых объектов исследования согласно выражению

$$y_{wн}(t) = Y(t) - Y_0(t) - \sum_{m=1}^{M} \varphi_{um}\{u_m(t-\tau_m)\};$$

$$Y_0(t) = \Phi\ \{U_0(t)\};$$

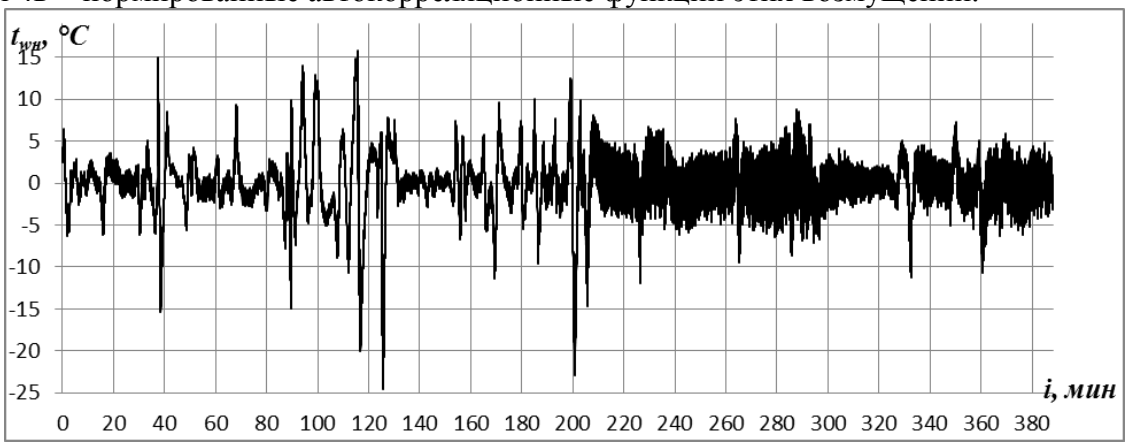
$$u_m(t) = U_m(t) - U_{0m}(t); \quad m = 1,...,M,$$

где $U(t)=\{U_1(t),...,U_M(t)\}$; $Y(t)$ – векторные управляющие и выходное воздействия; $U_0(t))= \{U_{01}(t),...,U_{0M}(t)\}$ - базовые (опорные) уровни векторных управляющих воздействий, которым поставлен в соответствие базовый уровень $Y_0(t)$ выходного воздействия объекта; Ф {·} математическая модель влияния опорных уровней $U_0(t)$ на опорный уровень $Y_0(t)$; $\varphi_{um}\{\cdot\}$ - математическая модель влияния отклонений $u_m(t)$ на отклонения $y(t)$; τ_m - чистое запаздывание в m-м канале преобразования воздействий $u_m(t)$, $m=1,\ldots,M$; M - число управляющих воздействий.

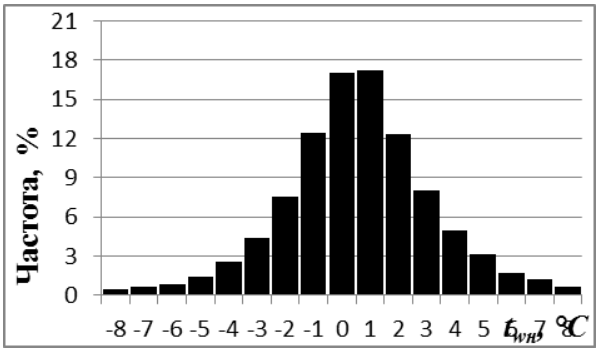
Из-за отсутствия адекватной математической модели Ф {·} влияния опорных уровней $U_0(t)$ на опорный уровень $Y_0(t)$ (пригодной для оперативных расчетов) для оценивания опорного уровня $Y_0(t)$ использовали алгоритм релейно-экспоненциального сглаживания [3], значения коэффициента сглаживания которого выбирали с учетом сглаживающих свойств инерционных каналов преобразования регулирующих воздействий объекта исследования, а значение коэффициента, характеризующего величину «отсечки», исходя из максимально возможной скорости изменения полезного сигнала на интервале дискретизации и значения дисперсии погрешности измерения и передачи сигналов.

Результаты оценивания в виде реализаций приведенного выходного воздействия приведены для установки 1 на рис.1 (кривая 2), а для установки 2 – на рис. 2 (кривая 2). На рисунках 3а и 4а приведены реализации приведенного возмущения для установок 1 и 2 соответственно, на рисунках 3б и 4б – гистограммы распределения их вероятностей, а на рисунках 3в и 4в − нормированные автокорреляционные функции этих возмущений.

а



б



в

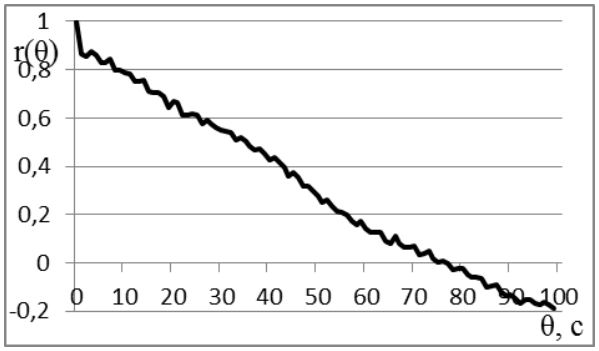


Рис. 3. Реализация приведенного возмущения (а), гистограмма его распределения (б), нормированная автокорреляционная функция (в)

На рисунках 3 и 4 приняты следующие обозначения

$t_{wн}$ − эффекты неконтролируемых возмущений, приведенных к изменению температуры рабочего пространства вихревой топки в масштабе °С;

$r(\theta)$ – значения нормированной автокорреляционной функции через интервалы времени θ.

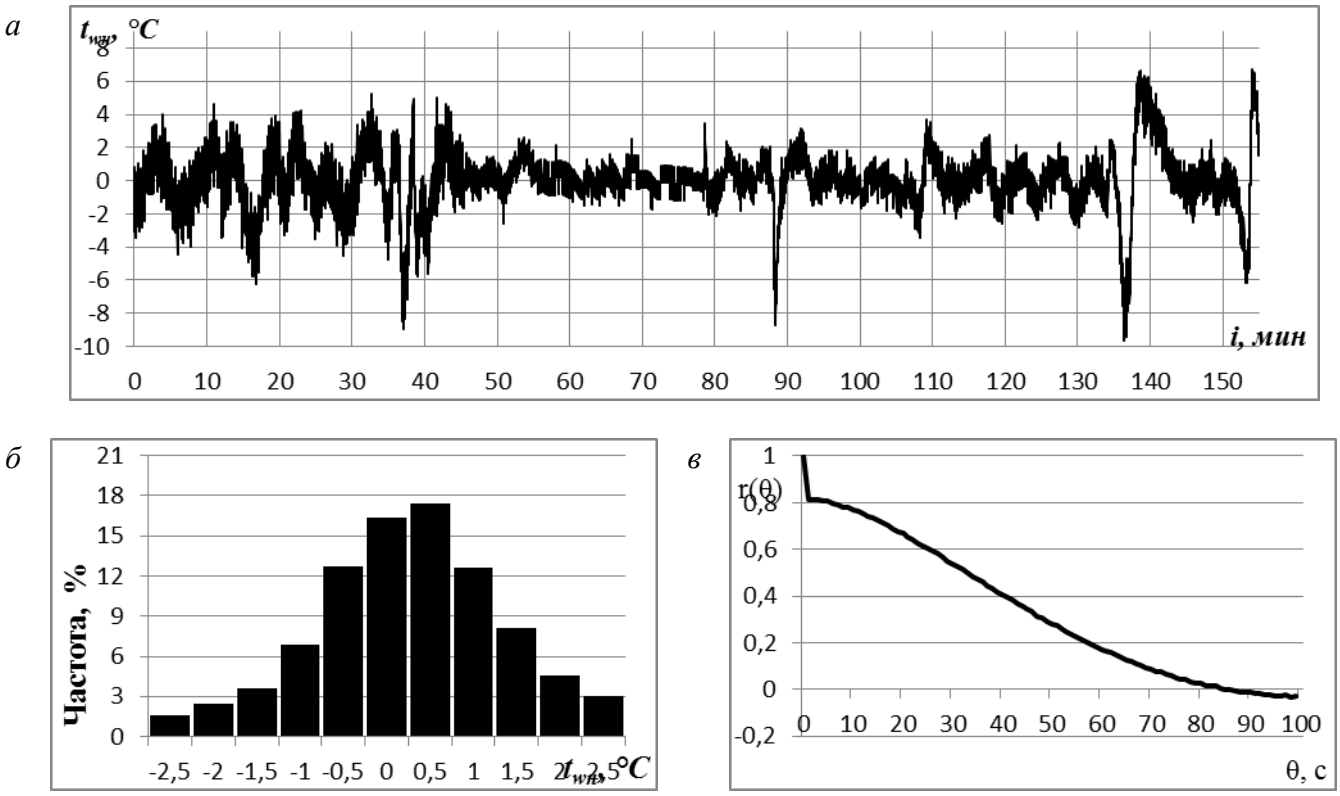


Рис. 4. Реализация приведенного возмущения (а), гистограмма его распределения (б), нормированная автокорреляционная функция (в)

Выводы. 1. Оба объекта исследования (вихревая топка для сжигания ВШТ) функционируют в условиях существенного влияния неконтролируемых возмущений.

2. Диапазон изменения приведенных возмущений для установки №1 значительно выше по сравнению с установкой №2. Однако память обоих динамических рядов, исходя из времени спада нормированных автокорреляционных функций, примерно одинакова.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 10-07-00193-а

Список литературы

1. Идентификация динамических характеристик установки сжигания водоугольного топлива / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, К.Г. Венгер, М.Г. Чичиндаев, А.А. Куценко // Вестник КузГТУ, 2011. №5. – С. 117-122.

2. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.

3.Авдеев В.П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой / В.П. Авдеев, Б.А. Кустов, Л.П. Мышляев. – Новокузнецк: КузбассФИАР, 1992.– 188 с.

УДК 004.9:005:621.3

О ПРИМЕНЕНИИ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В СФЕРЕ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА

Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Введение. Принятый Государственной Думой 11 ноября 2009 года и одобренный Советом Федерации 18 ноября 2009 года Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» и утвержденная 21 октября 2010 г. Правительством РФ государственная программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности до 2020 г. предусматривают:

– обеспечение за счёт реализации мероприятий Программы снижения энергоёмкости ВВП не менее чем на 7,4% на первом этапе (в 2015 году) и на 13,5% на втором этапе (в 2020 году);

– обеспечение за счёт реализации мероприятий Программы годовой экономии первичной энергии в объёме не менее 85 млн. тонн условного топлива (т у.т.) на первом этапе в 2015 году и 170-180 млн. т у.т. на втором этапе в 2020 году.

По данным этого агентства общий потенциал сокращения энергоемкости ВВП составляет 952,32 млн.т у.т., а планируемое распределение сокращения энергоемкости по отраслям представлено на рис. 1 [1]. Такие масштабные стратегические цели требуют от федерального, регионального и муниципального уровней управления, а также от бизнеса применения и разработки новейших организационных, технических, технологических, инновационных и инвестиционных подходов. По данным Института проблем энергоэффективности МЭИ (ТУ) и ООО «Интехэнерго-аудит» к числу основных причин низкой энергоэффективности экономики России, в частности, относятся [2]:

- отсутствие организационных структур, координирующих работу объектов и субъектов правового регулирования в области энергосбережения, и осуществляющих непосредственный государственный контроль выполнения принятых стандартов и правил;

- существенные недостатки проводимой в России реформы технического регулирования, осуществляемой с момента ввода в действие Федерального закона «О техническом регулировании» № 184-ФЗ;

- отсутствие необходимого количества технических регламентов, которые должны заменить действие устаревших и не отвечающих современным требованиям стандартов и других технических документов.

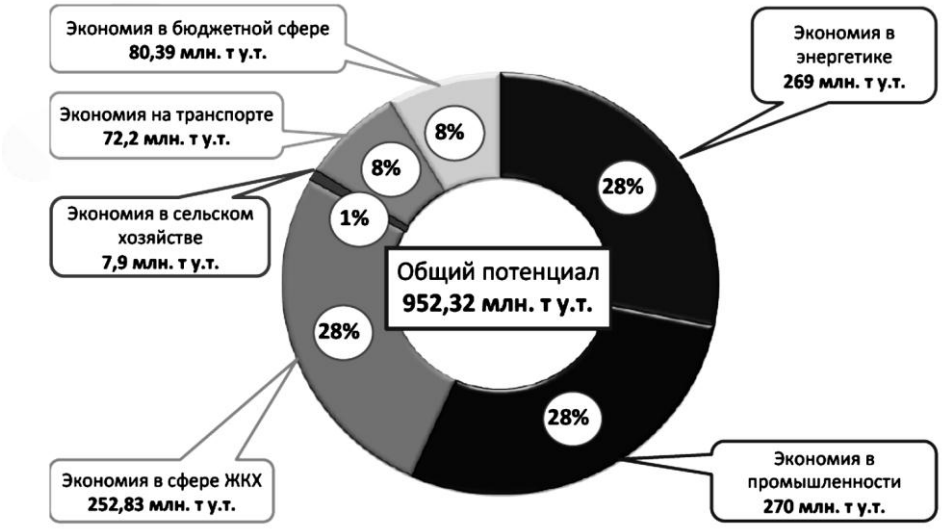


Рис. 1. Распределение сокращения энергоемкости по отраслям

Важнейшим направлением преодоления отставания РФ в энергоэффективности является гармонизация национальных технических регламентов с международными и, в частности, участие России в разработке нового международного стандарта ISO 50001 (Системы Энергоменеджмента — Требования с руководством по эксплуатации). Для разработки стандарта в 2008 году был создан международный технический комитет ISO/TC 242 (ИСО/ТК 242 «Энергоменеджмент»). Решением Бюро Правления РСПП от 28.11.2008 г. при Комитете по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия с участием Комитета по энергетической политике РСПП была сформирована Рабочая группа по подготовке международного стандарта ISO 50001. В мае 2009 г., после создания соответствующего национального Технического комитета «Энергосбережение, энергетическая эффективность, энергоменеджмент», Рабочая группа была официально зарегистрирована Ростехрегулированием и получила статус эксперта ГОСТ Р в международном комитете ТК 242. В соответствии с представлениями Рабочей группы энергоменеджмент включает управленческие и технические аспекты, рис. 2 [2].

Рис. 2. Управленческие и технические аспекты энергоменеджмента

Разрабатываемый стандарт направлен на преодоление устаревшей управленческой практики, при которой бизнес-процессы по управлению потреблением/выработкой энергоресурсов ограничены эксплуатацией основного технологического оборудования и системы энергоснабжения организации (технической деятельности энергослужб). Стандарт ориентирует на организацию регулярной деятельности по оптимизации эффективности энергопотребляющих бизнес-процессов посредством инициации и выполнения результативных (performance) энергосберегающих проектов. Такая деятельность может быть реализована специализированной системой управления. Однако чтобы построить эту систему управления, необходимо дать конструктивное определение её объекта управления.

Авторы статьи считают целесообразным применить достижения сферы управления ИТ-деятельностью в качестве прототипов для создания систем управления энергосбережением и энергоэффективностью. Прототипирование позволяет использовать множество образцовых решений ИТ-менеджмента в сфере энергоменеджмента (принципы, нормативные модели, методы, технологии, структуры и др.). За последние 10 лет в ИТ-сфере получены значительные результаты в разработке концептуальных основ и практических методов управления (библиотека ITIL, версия 3 – 2007г), [3]. Представляет значительный интерес анализ возможностей и условий применения нормативных моделей и методов ITIL-3 для управления деятельностью по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

В основе целостной и хорошо структурированной системы управления ИТ-деятельностью, представленной в ITIL-3, лежат две базовые нормативные модели, представляющие собой основные объекты управления: модель ИТ-сервиса и модель его жизненного цикла (ЖЦС). Рассмотрим возможность использования этих моделей в качестве прототипов

для описания объектов управления системы, имеющей целью энергосбережение и энергоэффективность.

1. Определение энергосберегающего сервиса (ЭС-сервиса)

В соответствии с ITIL-3, с точки зрения потребителя информационно-технологической услуги, последняя определяется следующим образом:

«ИТ-сервис – *информационно-технологическая система производства ценности, применение которой потребителем обеспечивает достижение необходимых результатов деятельности при пониженных специфических затратах и рисках».*

Для поставщика ИТ-сервиса последний представляет собой систему взаимосвязанных ИТ-активов, используемых с целью создания ценности для потребителя. ITIL-3 различает два типа ИТ-активов – *ресурсы* и *возможности*. *Ресурсы* включают финансовый капитал, инфраструктуру, приложения, информацию, персонал. *Возможности* состоят из управленческих активов, организационных решений, процессов, знаний, персонала. Очевидно, что активы-возможности и активы-ресурсы, необходимые для поставки ИТ-услуг и для поставки энергосберегающих услуг аналогичны. Если определить полный перечнь энергосберегающих активов (ЭС-активов), используемых при поставке услуг по энергосбережению и энергоэффективности, то вполне корректно по аналогии с понятием ИТ-сервиса, ввести понятие энергосберегающего сервиса (ЭС-сервиса):

«ЭС-сервис – *система производства ценности для потребителя, применение которой потребителем обеспечивает достижение необходимых результатов деятельности по энергосбережению и энергоэффективности при пониженных специфических затратах и рисках».*

Рассмотрим далее два основных свойства ИТ-сервиса (назначение, гарантированность) и их интерпретацию для ЭС-сервиса.

Назначение ИТ-сервиса – *свойство, обеспечивающее получение положительного эффекта от использования сервиса, в частности, добавленной стоимости (при встраивании сервиса в бизнес-процесс компании-потребителя) или качества жизни (при потреблении сервиса физическим лицом).* Это свойство интерпретируется как *полезность ИТ*-сервиса. Такое определение полезности сервиса может быть применено для ЭС-сервисов, а именно: *полезность ЭС-сервиса интерпретируется как количество сбереженной энергии или увеличение энергоэффективности в результате его применения.*

Гарантированность – *свойство сервиса, обеспечивающее получение положительного эффекта с требуемой степенью доступности, мощности, непрерывности (живучести) и безопасности.* Это свойство интерпретируется как *применимость сервиса*.

Доступность сервиса - *способность сервиса выполнить полезную функцию в согласованное время.* Предпочтительнее, с точки зрения потребителя, доступность сервиса измерять длительностью простоев сервиса в согласованный период времени его работы. Более предпочтительными показателями доступности являются те, которые учитывают потери потребителя из-за простоев сервиса. Например, потерями из-за отказа автоматизированной системы раскроя раската на прокатном стане под заказы клиентов (для ИТ-сервиса), или потерями при отключении горячей воды в многоквартирном доме (для ЭС-сервиса).

Мощность сервиса – *производительность сервиса, обеспечивающая необходимую поддержку процесса потребителя.* Например, пропускная способность канала связи (для ИТ-сервиса) или электроэнергия, потребляемая сервером центра обработки данных (для ЭС-сервиса).

Непрерывность (живучесть) сервиса – *уровень поддержки сервисом безостановочной деятельности процесса потребителя, в который встроен сервис, при серьезных неисправностях и разрушительных событиях.*

Безопасность сервиса – *уровень защиты сервиса от различных рисков, связанных с безопасностью процесса потребителя, компонентом которого является сервис.*

Все четыре выше названные характеристики ИТ-сервиса применимы для ЭСсервиса. Однако метрики для этих характеристик будут формироваться в зависимости от специфичности ЭС-активов и соответствующих им особенностей энергосберегающей деятельности. Таким образом, мы можем ввести понятие ЭС-сервиса, аналогичное, с учетом сделанных замечаний, понятию ИТ-сервиса:

ЭС-сервис – *система взаимодействующих ЭС-активов, создаваемая с целью производства ценности для потребителя, которая характеризуется полезностью, доступностью, мощностью, непрерывностью и безопасностью.*

ЭС-сервис можно интерпретировать как энергосберегающую систему, встраиваемую в энергопотребляющий бизнес-процесс. Ценность ЭС-сервиса определяется величиной сберегаемой ЭС-сервисом в этом бизнес-процессе энергии.

Рассмотрим далее модель жизненного цикла ИТ-сервиса и её применимость для ЭС-сервиса.

2. Определение жизненного цикла ЭС-сервиса

В соответствии со *стандартом ISO 9004-1 - жизненный цикл изделия (ЖЦИ) есть совокупность взаимосвязанных процессов, выполняемых от момента выявления потребностей в определенном продукте (услуге) до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации продукта (услуги).*

В ITIL-3 предложена модель жизненного цикла ИТ-сервиса представляющая собой последовательную реализацию стадий *стратегии, проектирования, внедрения, эксплуатации и непрерывных (постоянных, регулярных) улучшений сервиса*, рис. 3.

В этой модели в явном виде отсутствует стадия утилизации (вывода сервиса из эксплуатации), а регулярно выполняемые процедуры оптимизации сервисов и сервисных активов, обусловленные возникающими потребностями у клиентов и стремлением поставщика услуг снизить собственные издержки, рассматриваются в качестве отдельной стадии жизненного цикла – стадии непрерывных улучшений сервиса. Если отдельную модификацию сервиса определить как результат проектного цикла изменения, то непрерывное улучшение сервиса можно интерпретировать как упорядоченную во времени последовательность циклов изменения. Отдельный цикл изменения сервиса в общем случае связан с реализацией базовых стадий цикла (стратегия, проектирование, внедрение).

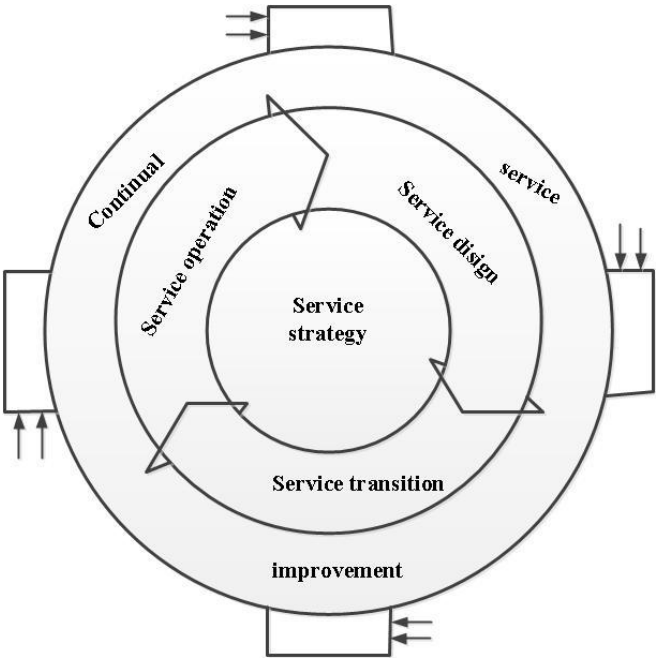


Рис. 3. Модель жизненного цикла ИТ-сервиса по ITIL 3

На рис. 4 представлена версионная структура жизненного цикла ИТ-сервиса, которая отражает стадии жизненного цикла множества сменяющих друг друга или параллельно реализуемых версий сервиса [4].

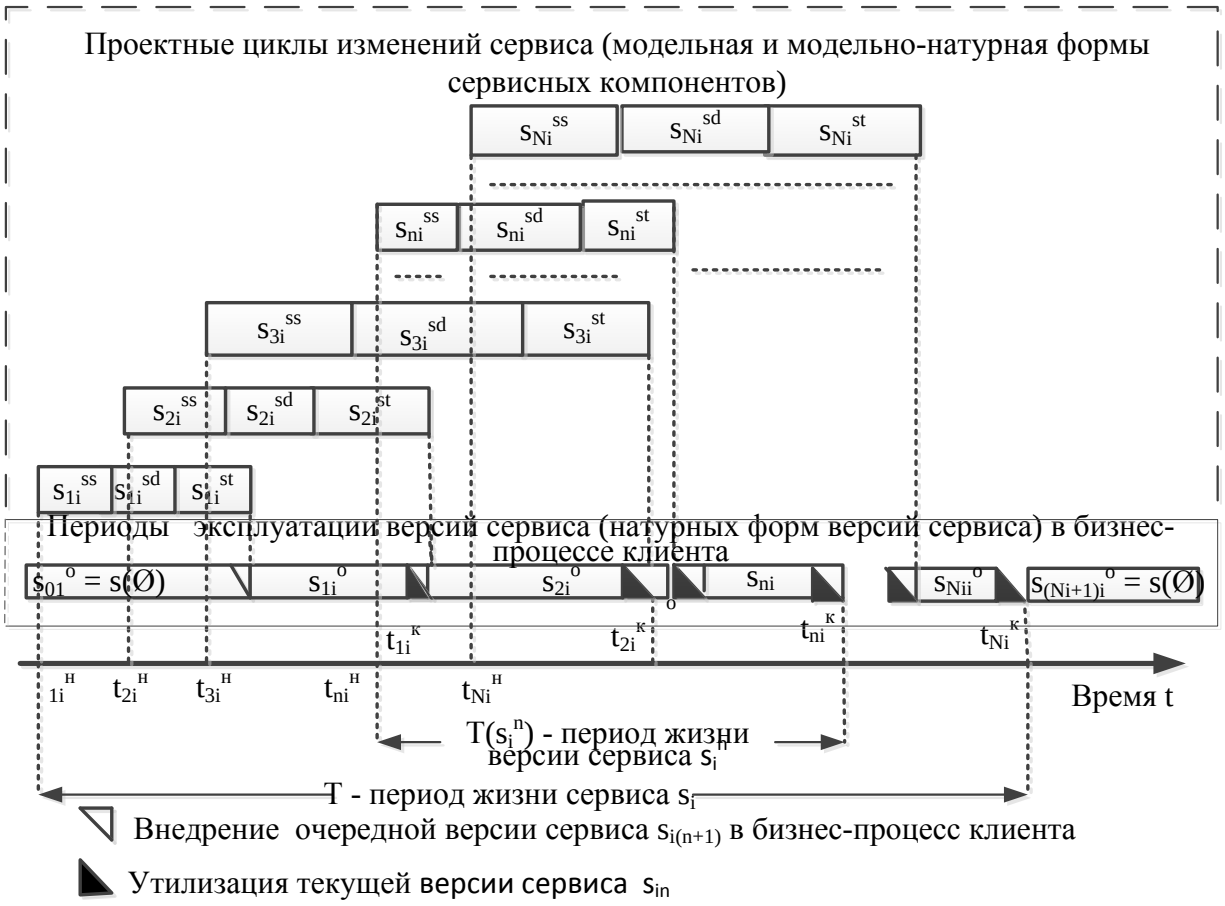


Рис. 4. Версионная модель жизненного цикла сервиса

Используемые на рисунке обозначения:

$s(\emptyset)$ - «пустой» сервис, то есть сервис, все сервисные компоненты которого отсутствуют. Введение «пустого» сервиса позволяет рассматривать первые три стадии жизненного цикла сервиса (стратегию, проектирование и внедрение) как реализацию проектного цикла изменения сервиса относительно «пустого» сервиса $s(\emptyset)$;

s_{ni}^{o} - n-я версия сервиса s_i (результат n-го цикла изменения сервиса). Версия s_{ni}^{o} описывает n-ю модификацию сервиса, которую применяет клиент в своем бизнес-процессе;

$s_{ni}^{pr} = (s_{ni}^{ss}, s_{ni}^{sd}, s_{ni}^{st})$ – n-й проектный цикл изменения сервиса s_i, включающий стадии стратегии (s_{ni}^{ss}), проектирования (s_{ni}^{sd}) и внедрения (s_{ni}^{st});

$s_{ni} = (s_{ni}^{ss}, s_{ni}^{sd}, s_{ni}^{st}, s_{in}^{o}, s_{ni}^{su})$ – жизненный цикл n-й версии сервиса s_i, где s_{ni}^{su} – стадия утилизации. Цикл s_{ni} можно рассматривать как n-ой цикл развития сервиса s_i;

$s_i = (s_{ni} | n=1, \ldots, N_i)$ - жизненный цикл сервиса s_i (упорядоченная последовательность жизненных циклов его версий, то есть циклов развития), N_i – количество версий у сервиса s_i;

$T(s_{ni}) = (t_{ni}^{н}, t_{ni}^{к})$ - период жизненного цикла n-ой версии s_{ni} сервиса s_i;

$T = T(s_i)$ – период жизненного цикла сервиса s_i.

Обе модели ЖЦС (модель ITIL-3 и версионная модель ЖЦС) не противоречат методологии стандарта ISO 50001 (Системы Энергоменеджмента — Требования с руководством по эксплуатации) и могут быть использованы в качестве основных объектов управления при построении эффективной системы управления энергосберегающей деятельностью.

Заключение. Таким образом, на основе базовых моделей ITIL-3 для ИТ-сервиса и его жизненного цикла могут быть определены аналогичные (с точностью до структуры применяемых активов) понятия ЭС-сервиса и его жизненного цикла. Это позволяет обоснованно сформулировать гипотезу о том, что основные подходы, модели, методы, механизмы функционирования и управления, применяемые в ИТ-менеджменте, могут эффективно использоваться для решения задач энергоменеджмента, составляющих содержание стандарта ISO 50001.

Список литературы

1. Иванов Т.В. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: механизмы реализации и финансирования, www.rosenergo.gov.ru

2. Хохлявин С. Системный подход к энергоменеджменту, «Энергоаудит», №3(11), 2009, 36-38с.

3. The Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle, London: TSO 2007. – 173p.

4. Зимин В.В., Кулаков С.М.,Зимин А.В. К развитию концептуальных основ управления ИТ-деятельностью, Вестник Новосибирского государственного университета, Серия: Информационные технологии. 2012. (в печати).

УДК 004.51

ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫМИ ФАБРИКАМИ

Шипунов М.В., Циряпкина А.В., Чичиндаев М.Г., Грачев В.В., Гафиятов Ж.М.
Сибирский государственный индустриальный университет,
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк

Эффективность работы автоматизированных систем управления определяется, в том числе, удобным и понятным представлением информации технологическому и управленческому персоналу [1, 2]. Разработка автоматизированных систем крупных промышленных комплексов и их отдельных частей позволила сформировать технические решения по представлению данных.

Примером этих решений может служить отображение данных как части информационного обеспечения (ИО) системы автоматизированного управления (САУ) обогатительной фабрики «Матюшинская», схема укрупненной технической структуры которой приведена на рис. 1.

В соответствии со схемой, изображенной на рис. 1, на мониторе компьютера диспетчера САУ технологического комплекса обогащения фабрики средствами SCADA-системы представлена мнемосхема (рис. 2), состоящая из верхней, основной и нижней области. Верхняя область содержит панель инструментов для навигации, а так же меню для вызова дополнительных видеокадров и всплывающих окон (фрагмент 1). В верхней части основной области мнемосхемы расположена панель диагностики соединения с программируемыми логическими контроллерами (фрагмент 2). В нижней области расположена панель инструментов сигналов тревог (фрагмент 3) для отображения в реальном масштабе времени всех тревог и событий, сконфигурированных в системе.

В основную область первоначально (при загрузке системы) помещается основной видеокадр, отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков главного корпуса. При необходимости в основную область могут быть помещены следующие дополнительные видеокадры:

– видеокадр «Погрузка и углеприем», отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков комплексов погрузки и углеприема;

– видеокадр «Активные тревоги» для работы с текущими тревогами и событиями, зафиксированными в системе (рис. 8);

– видеокадр «Суммарные тревоги» для отображения истории появления сообщений тревог из файла регистрации событий;

– видеокадр «Анализатор процессов» для отображения данных трендов (реального времени или архивных) и данных сигналов тревог (рис. 7).

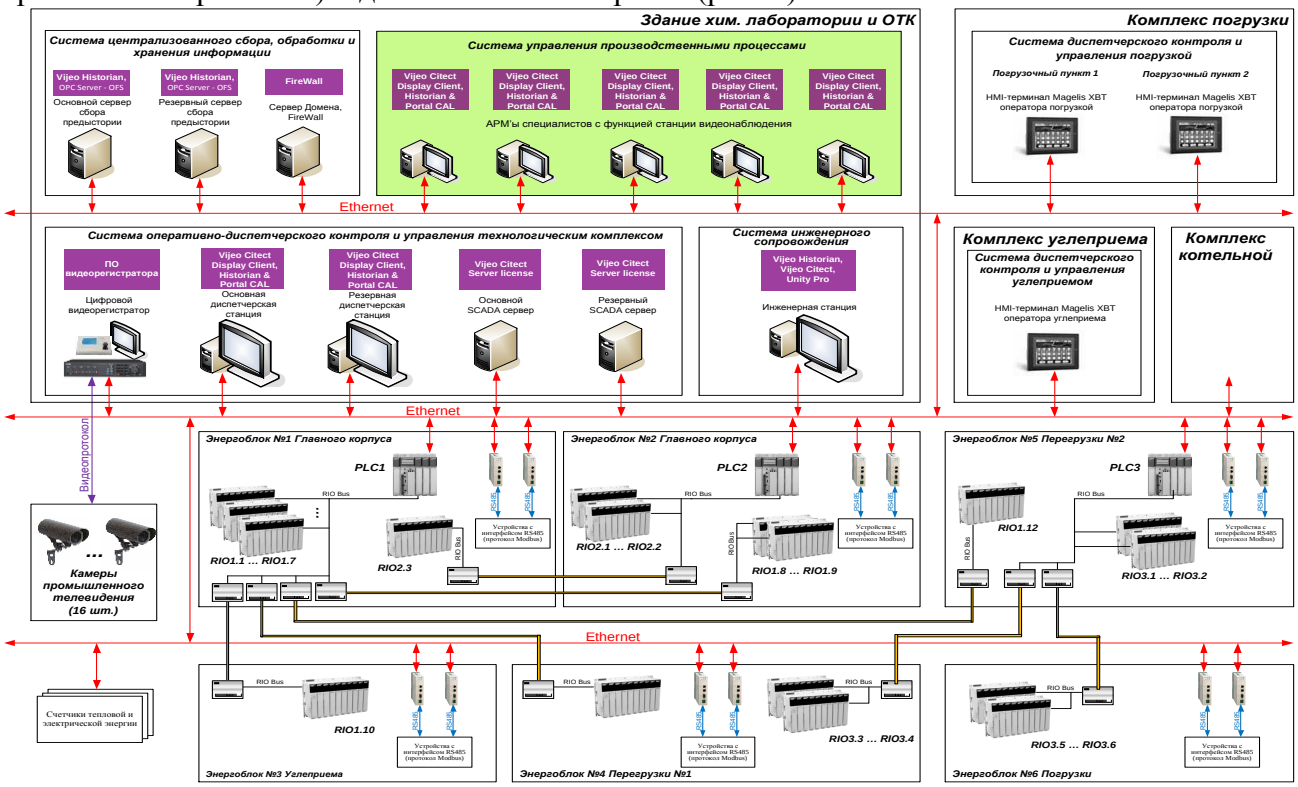


Рис. 1. Схема укрупненной технической структуры САУ технологическим комплексом ОФ «Матюшинская»

Для перехода между основным и дополнительными видеокадрами используются закладки меню и панель инструментов навигации, расположенные в верхней части монитора диспетчера (рис. 2, фрагмент 1).

В верхней части основного видеокадра расположены два информационных табло для отображения режимов работы и текущего состояния комплекса обогащения. Более подробная информация о состоянии технологической схемы комплекса обогащения отображается на всплывающем окне «Общесистемные информация» (рис. 3), которое вызывается либо из меню, либо путем нажатия на надпись «Общесистемная информация» в верхней части основного видеокадра.

В левом нижнем углу основного видеокадра располагается панель “Управление комплексом”, посредством которой осуществляется запуск и останов технологического комплекса, а так же таблица весов, отображающая информацию с весовых систем.

Обобщенное отображение информации о текущем состоянии любого агрегата комплекса осуществляется в соответствии с признаками, формируемыми в САУ ТК по результатам контроля, во-первых, посредством цветовой индикации мнемонического изображения этого агрегата, во-вторых, текстом в поле информационного табло всплывающего окна. Для примера рассмотрим варианты мнемонического отображения конвейера при различных состояниях (рис. 4).

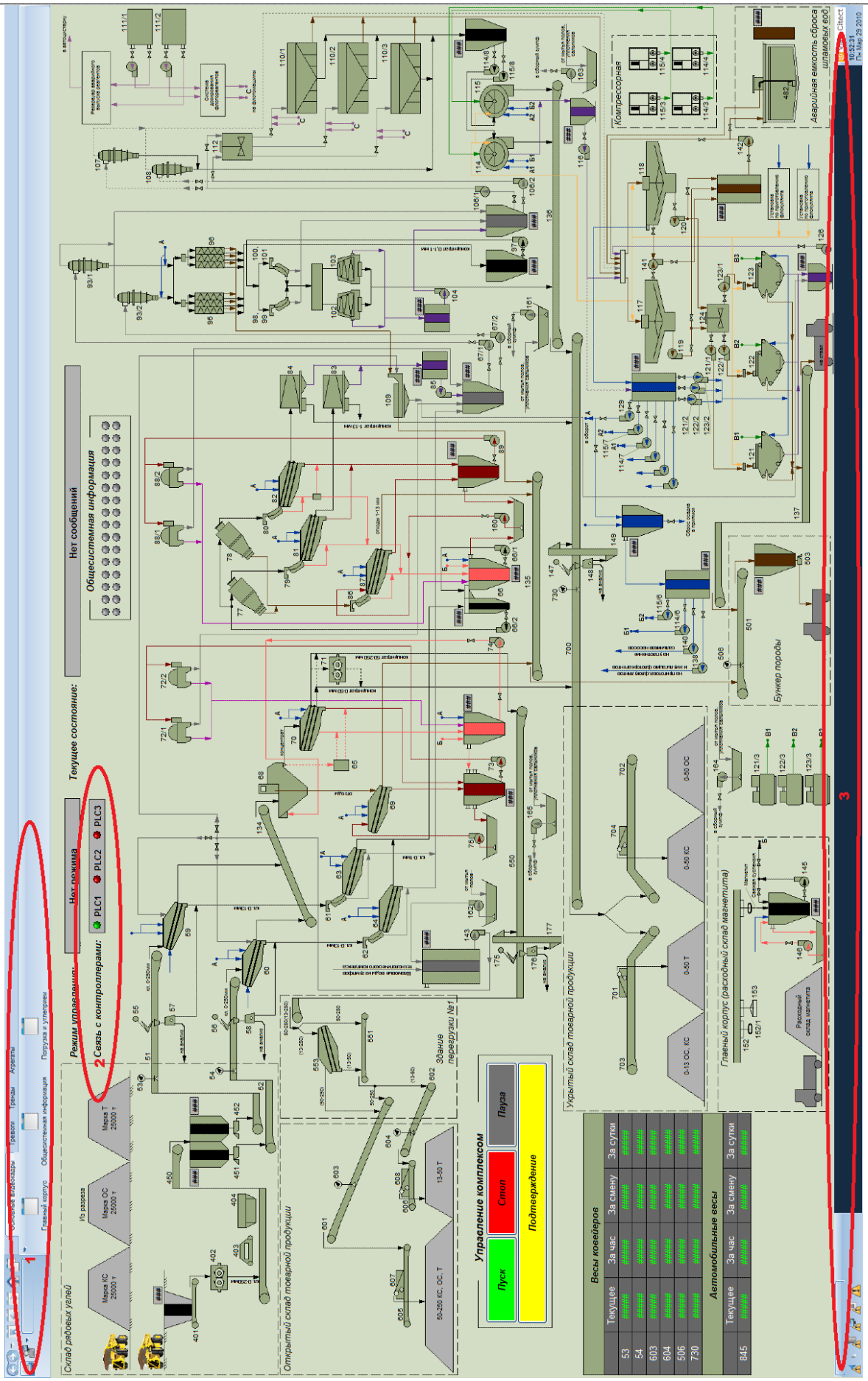


Рис. 2. Мнемосхема станции диспетчера САУ ТК фабрики «Матюшинская»

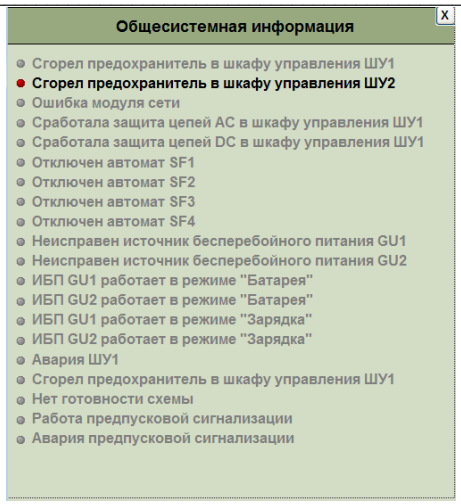


Рис. 3. Всплывающее окно «Общесистемная информация»

Детальная информация о текущем состоянии агрегата, причинах его неготовности или аварии дается в виде текстовых сообщений на всплывающих диагностических окнах, вызываемых по команде диспетчера (рис. 5). Текстовые сообщения (аварийные или предупреждающие признаки) выделяются черным цветом на фоне прочих сообщений, а пиктограмма слева от текста загорается красным для привлечения внимания диспетчера о нарушении работы оборудования. Например, на рис. 6 неготовность грохота инерционного поз. 59 вызвана тем, что нет готовности его схемы.

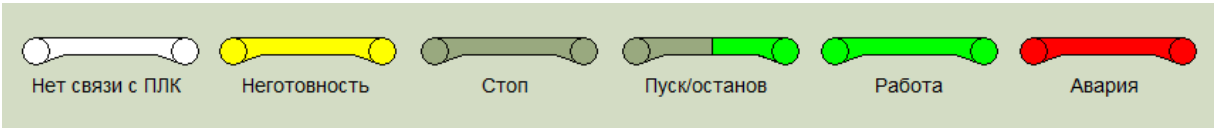


Рис. 4. Варианты мнемонического отображения конвейера

Для вызова всплывающего диагностического окна диспетчеру необходимо навести курсор и щелкнуть левой кнопкой мыши по цифровому обозначению агрегата или непосредственно по его изображению, которые расположены на мнемосхеме, или воспользоваться вкладкой меню “Агрегаты”.

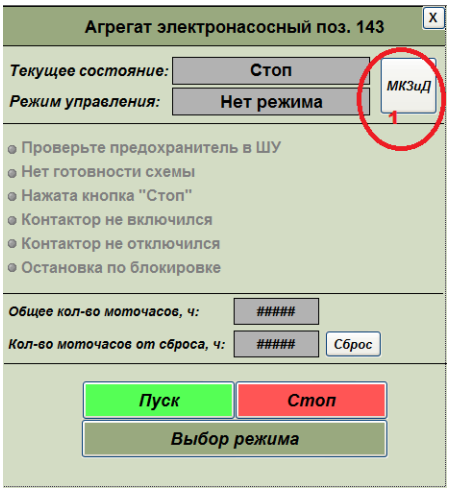


Рис. 5. Всплывающее окно «Агрегат электронасосный поз. 143»

В системе предусмотрена возможность чтения информации с устройств плавного пуска (УПП), позволяющих во время запуска удерживать параметры двигателя в безопасных

пределах, и с устройств микроконтроллерной защиты и диагностики двигателей (МКЗиД). Для вызова диагностических окон устройств МКЗиД и УПП на всплывающих окнах агрегатов имеются соответствующие одноименные кнопки (рис. 5, фрагмент 1).

Рис. 6. Всплывающее окно «Грохот инерционный поз. 59»

Для отображения информации в виде графиков, а так же для отображения сигналов тревог, тегов переменных и локальных переменных используется дополнительный видеокадр «Анализатор процессов». Его вызов производится по нажатию соответствующей закладки в меню (рис. 2, фрагмент 1). При этом главный видеокадр замещается дополнительным видеокадром «Анализатор процессов» (рис. 7). В поле (2) в графической форме отображаются непосредственно выбранные технологические параметры. В поле (1) располагается главная панель инструментов. Все кнопки данной панели снабжены всплывающими подсказками.

Рис. 7. Дополнительный видеокадр «Анализатор процессов»

В поле (4) формируется список отображаемых в текущий момент времени параметров. В поле (3) располагается навигационная панель инструментов, позволяющая изменять

интервал выборки необходимых параметров, изменять масштаб, перемещаться по временной оси.

Для отображения информации об авариях и событиях, зафиксированных в системе, используется дополнительные видеокадры «Активные тревоги» (рис. 8) и «Суммарные тревоги». На видеокадре «Активные тревоги» в табличной форме отображаются текущие сообщения об авариях и событиях, зафиксированных в системе. Видеокадр «Суммарные тревоги» служит для отображения истории появления сообщений тревог из файла регистрации событий. Данные видеокадры имеют одинаковую структуру, поэтому подробное описание представлено только для видеокадра «Активные тревоги». Вызов данных видеокадров производится по нажатию соответствующей закладки в меню. При этом главный видеокадр замещается выбранным дополнительным видеокадром.

В поле (1) дополнительного видеокадра отображаются непосредственно сообщения о событиях и тревогах. В поле (2) находятся кнопки для навигации по спискам тревог, а так же инструмент для поиска необходимого сообщения в списках.

В САУ ТК фабрикой «Матюшинская» предусмотрены три режима управления технологической схемой:

− автоматическое управление (режим «Автомат» - основной режим, при котором автоматически реализуются все информационные и управляющие функции);

− дистанционное управление (режим «Дистанция», «Локальный Дистанция» - режим, при котором системой автоматически реализуются все информационные функции, но управление каждым агрегатом (включение/выключение) выполняется диспетчером);

− местное управление (режим «Местный», «Локальный Местный» - вспомогательный (наладочный) режим, при котором системами автоматически реализуются все информационные функции, а управление каждой отдельной позицией оборудования осуществляется по командам (сигналам) с местных постов управления.).

–

Рис. 8. Дополнительный видеокадр «Активные тревоги»

Для перевода агрегата в режимы «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция» используется кнопка «Выбор режима» на его диагностическом окне (рис. 5). При нажатии на эту кнопку вызывается всплывающее окно, на котором расположены кнопки для выбора необходимого режима (рис. 9). О нахождении агрегата в режиме «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция» будут свидетельствовать соответственно значки «М» или «Д» рядом с мнемоническим изображением агрегата на главном видеокадре (рис. 10) и текстовое сообщение в поле режима управления агрегатом.

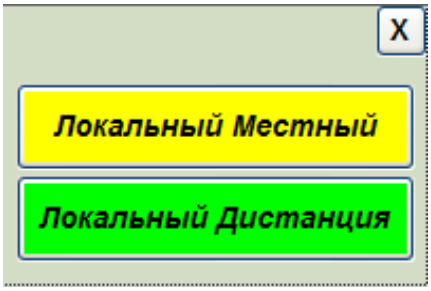


Рис. 9. Всплывающее окно выбора режима управления агрегатом

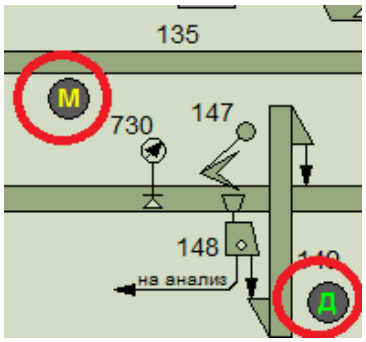


Рис. 10. Значки «М» и «Д», свидетельствующие о нахождении агрегатов в режиме «Локальный Местный» или «Локальный Дистанция»

Вышеописанный способ предоставления информации позволяет в удобной для пользователей форме отображать данные о состоянии всего технологического процесса. Удобный и интуитивно-понятный интерфейс позволяет диспетчеру оперативно и в кратчайшие сроки реагировать на события, произошедшие в системе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 10-07-00193-а

Список литературы

1. Создание информационного обеспечения системы автоматизации управления обогатительными фабрика /В.В.Грачев, М.В.Шипунов, А.В. Циряпкина// Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции/ Сиб. гос. индустр. ун-т - Новокузнецк, 2011.- С. 168-174.

2. Грачев В.В. Методы и алгоритмы планирования, разработки и внедрения автоматизированных технологических комплексов (на примере углеобогатительных фабрик): Автореф. дис. к-та техн.наук: 05.13.06/ Грачев Виталий Викторович; Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – 21 с.

УДК 621.397.01

СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВИДЕОКОНТРОЛЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Грачев В.В., Шипунов М.В., Барагичев К.Е.
Сибирский государственный индустриальный университет,
Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк

Современная система видеоконтроля представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, включающий в себя видеокамеры, объективы, мониторы, регистраторы и др. оборудование, предназначенный для организации видеонаблюдения как на локальных, так и на территориально-распределенных объектах [1].

До недавнего времени системы видеоконтроля использовались главным образом в охранных системах для обеспечения безопасности на охраняемом объекте. Среди главных функций таких систем выделяют:

–защита от преступников;

–наблюдение за работниками;

наблюдение за посетителями.

Таким образом, традиционные системы видеоконтроля охранного типа обеспечивают полный визуальный контроль ситуации на охраняемом объекте и предоставление информации на пост наблюдения в режиме реального времени.

Кроме этого для подтверждения факта нарушения современная система видеоконтроля должна иметь в своем составе видеорегистратор, который осуществляет в непрерывном режиме записи видеоинформации.

Системы видеоконтроля, хорошо зарекомендовавшие себя в задачах охранного типа, в последнее время все чаще стали использоваться для задач удаленного мониторинга на технологических комплексах, например на углеобогатительных фабриках и угольных шахтах. Необходимость внедрения систем видеоконтроля на технологических комплексах очевидна: во-первых, для удаленного наблюдения за технологическими объектами и производством, во-вторых, для своевременного оповещения о нарушениях хода технологического процесса, и в-третьих, для помощи при принятии диспетчером управленческих решений.

Системы технологического видеоконтроля позволяют одному или нескольким диспетчерам одновременно следить за одним или многими территориально распределенными объектами технологических комплексов, находящимися порой на значительном расстоянии как друг от друга, так и от места наблюдения.

Рассмотрим пример реализации системы на базе оборудования компании Pelco by Schneider Electric (США) [2]. Типовая система видеоконтроля строится на базе станций видеонаблюдения, видеорегистратора, видеокамер, а также средств передачи-приема видеоизображения и команд управления (рис. 1).

Видеорегистратор Pelco DX4616DVD-3000 представляет собой специализированное устройство со встроенным жёстким диском и сетевым портом (RJ-45) и способен одновременно вести запись шестнадцати видеоканалов при частоте 30 кадров в секунду. Видеорегистратор выполняет функции архива видеоинформации, то есть может одновременно осуществлять запись видеосигналов от видеокамер на жёсткий диск и передавать текущее или записанное ранее видеоизображение по сети Ethernet.

Видеокамеры Pelco ES31C16-5W-X предназначены для наблюдения за объектами и оборудованием технологических комплексов, контроля протекания технологического процесса. Видеокамеры Pelco ES31C16-5W-X – это универсальные цветные видеокамеры с шестнадцатикратным оптическим увеличением и системой панорамирования и наклона. Они управляются по интерфейсу RS-422 с помощью клавиатуры телеметрии и программного обеспечения «DS ControlPoint», устанавливаемого на станциях видеонаблюдения.

Программное обеспечение «DS ControlPoint» позволяет выводить до шестнадцати видеоизображений на каждой станции видеонаблюдения. При этом на экране станции видеонаблюдения на фоне изображения с камеры также высвечивается номер камеры, дата и текущее время.

Передача видео данных от видеокамер осуществляется по коаксиальному кабелю RG11/U и по многомодовому оптоволоконному кабелю (62,5/125), дистанционное управление системой панорамирования и наклона видеокамер осуществляется по кабелю витая пара UTP Cat.5e для внешней прокладки.

Работа системы видеонаблюдения организована следующим образом.

Электрический видеосигнал от каждой камеры по коаксиальному кабелю передаётся на ближайший видеопередатчик. Видеопередатчик преобразует четыре такие видеосигнала в один оптический и передаёт его по волоконно-оптическому кабелю на видеоприёмник, в котором происходит обратное преобразование видеосигнала.

Конструктивно видеопередатчик и видеоприёмник представляют собой модульные устройства. Видеопередатчики располагаются в шкафах управления вблизи мест установки видеокамер, а видеоприёмники устанавливаются в серверный шкаф в 19" шасси Pelco RK5000PS-3U.

Видеосигнал от видеоприёмников поступает по коаксиальному кабелю на видеорегистратор, установленный также в серверном шкафу.

Видеорегистратор позволяет одновременно просматривать изображение с видеокамер и записывать его на жесткий диск. Просмотр записей и текущего видеоизображения производится на станциях видеонаблюдения, при этом каналы записи не отключаются, и видеорегистратор продолжает записывать. Таким образом, обеспечивается непрерывность записи информации, и система цифрового видеонаблюдения работает в круглосуточном режиме работы.

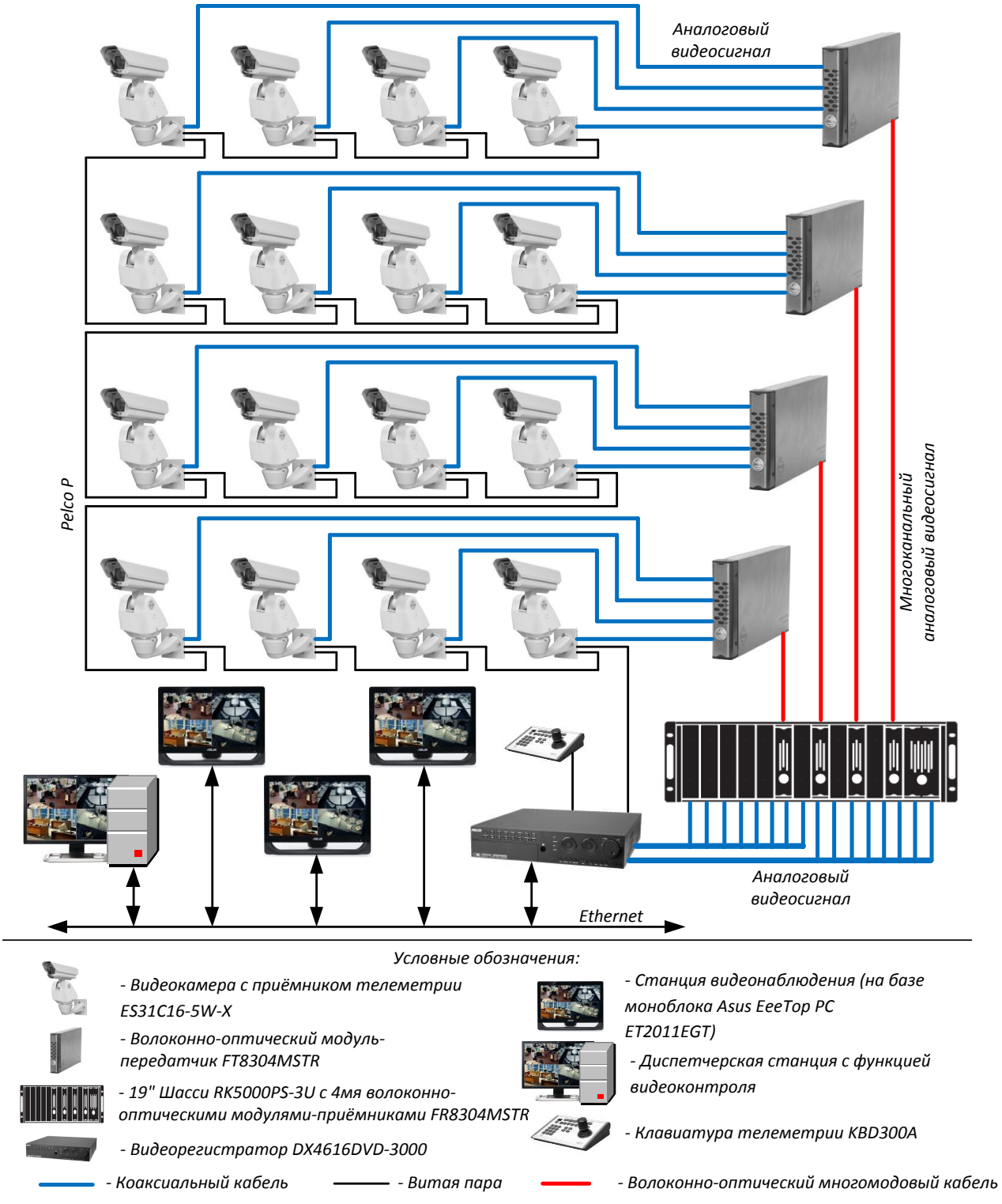


Рис. 1. Укрупнённая схема системы видеоконтроля

Видеорегистратор работает под управлением специального встроенного программного обеспечения. Клиенты, которыми являются станции видеонаблюдения, работают под управлением операционной системы Windows 7 и программного обеспечения «DS ControlPoint».

Запись видеоизображения возможна с различными характеристиками:

– разрешение кадра (704 x 576, 704 x 288, 352 x 288);

– цветность (цветное, черно-белое);

– степень компрессии (1 – минимальное сжатие, 4 – максимальное сжатие);

– темп записи на каждую камеру (до 25 кадров в секунду).

При полном заполнении жесткого диска регистратор стирает самые ранние записи, а на их место записывает самые свежие. Таким образом, обеспечивается сохранность информации о последних событиях.

Наличие в регистраторе привода DVD-RW позволяет делать копии видеозаписи в формате AVI или в исходном формате, их частей, а так же отдельных кадров на внешние носители. Дистанционный клиент также может экспортировать файлы с видеоинформацией в формате AVI или в исходном формате с видеорегистратора. Он может сохранить файл в заданном месте на дисковом накопителе компьютера, на котором установлен, или на другом отведенном для этого носителе информации. Для просмотра видеоизображений, экспортированных в формате AVI, можно использовать проигрыватель Windows Media Player или другой аналогичный проигрыватель. Для просмотра видеоизображений, экспортированных в исходном формате или снабженных водяными знаками для аутентификации, следует использовать проигрыватель экспортируемых файлов, поставляемый вместе с видеорегистратором.

Управление видеокамерами осуществляется посредством программного обеспечения «DS ControlPoint» или клавиатуры KBD300A. Передача сигналов телеметрии по стандартному интерфейсу RS-422 (протокол Pelco P) осуществляется посредством кабеля витая пара, соединяющего камеры в последовательную цепочку. Сигналы управления через один из последовательных портов видеорегистратора поступают на ближайшую камеру и, если они адресованы другой камере, пересылаются интегрированным повторителем дальше, на следующую камеру. Интегрированный в видеокамеру телеметрический приемник-контроллер выполняет функции ресивера и позволяет объединять 16 камер в последовательную цепочку с расстоянием между соседними приёмниками-контроллерами 1200 м, таким образом, общая протяженность управляющей линии, построенной на интерфейсе RS-422 (протокол Pelco P), может достигать 19 200 м (рис. 2).

Рис. 2. Объединённые в последовательную цепочку видеокамеры

Встроенный телеметрический контроллер и ПО «DS ControlPoint» позволяют исполнять 11 стандартных телеметрических команд: вверх, вниз, влево, вправо, авто, узкий угол обзора (zoom tele), широкий угол обзора (zoom wide), близкая фокусировка, дальняя фокусировка, диафрагму открыть, диафрагму закрыть, а также имеется возможность настройки последовательностей команд.

Рассмотренная система видеоконтроля, как правило, интегрируется в состав системы автоматизации управления технологическими комплексами в качестве подсистемы визуального контроля за ходом процесса, используя существующую инфраструктуру информационной сети.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 10-07-00193-а

Список литературы

1. Видеонаблюдение — Википедия [Электронный ресурс]: Материалы свободной энциклопедии Википедия – Электрон. данные – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%E8%E4%E5%EE%ED%E0%E1%EB%FE%E4%E5%ED%E8%E5] – Загл. С экрана.

2. Pelco by Schneider Electric [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании Pelco by Schneider Electric (США) – Электрон. данные – Режим доступа: [http://www.pelco.com/] – Загл. С экрана.

УДК 004.056.5

ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Грачев В.В., Шипунов М.В., Гафиятов Ж.М., Барагичев К.Е.
Сибирский государственный индустриальный университет,
Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк

Защита информации является исключительно важным элементом сохранения работоспособности любой системы [1], в том числе и системы автоматизации управления (САУ) технологическими комплексами.

Существующая научно-техническая литература охватывает широкий круг вопросов, связанных с защитой информации, начиная с проблем защиты от несанкционированного доступа, вирусов и заканчивая проблемами обеспечения эксплуатационной безопасности уже созданной системы защиты, базирующейся на конкретных организационных, технических и программных средствах и технологиях защиты и контроля ее состояния [2-5].

По результатам аналитического обзора таких работ можно сделать следующие выводы. Во-первых, в настоящее время наблюдается существенное отставание методов и средств защиты информации от способов и средств несанкционированного доступа к ней, от внедрения вредоносных программ и при нарушениях работы САУ [5]. Во-вторых, чем сложнее эксплуатируемые системы, тем больше риск нарушения их нормального функционирования из-за ошибок в действиях обслуживающего персонала или пользователей – «человеческий фактор», а цена этих ошибок дороже.

Применительно к защите информации в САУ технологическими комплексами углеобогатительных фабрик и угольных шахт необходимо учитывать их специфику и ряд особенностей. К ним относятся:

– неоднородность построения и технической реализации САУ и их систем защиты, вследствие чего безопасность сложной территориально распределенной САУ зависит от надежности самого слабого элемента защиты информации, входящего в САУ;

– внедрение новейших информационных технологий требует постоянного повышения уровня подготовки штатного обслуживающего персонала, с другой стороны – простота эксплуатации новейших программно-технических средств приводит к снижению требований в отношении средней квалификации пользователей;

– принципиально изменился количественный и качественный состав информационных ресурсов, обрабатываемых и хранимых в САУ. Многократно возросла потребность в режиме оперативного доступа к ним большого числа пользователей: административно-хозяйственного и оперативно-диспетчерского персонала технологического комплекса. Это приводит к появлению новых вероятных внутренних угроз безопасности, к необходимости выявления наиболее уязвимых звеньев САУ и ее системы защиты, поиску новых организационных мер защиты или применению дополнительных технических или программных средств защиты;

– массовое подключение САУ технологическими комплексами к каналам сети Интернет;

– необходимость постоянного и тщательного анализа источников и направленности угроз информационной безопасности, особенно связанных с базовым программным обеспечением САУ, анализ появляющихся уязвимостей в защите программного обеспечения.

Таким образом, основными направлениями поддержания системы защиты информации САУ технологическими комплексами в заданной степени готовности являются, во-первых, отслеживание появляющихся новых уязвимостей безопасности САУ, во-вторых, оперативное принятие мер по нейтрализации выявленных уязвимостей безопасности САУ и, в-третьих, устранение изъянов защиты базового программного обеспечения.

Решение этих задач должно реализовываться, прежде всего, за счет создания постоянно действующей системы подготовки и переподготовки всего персонала с учетом особенностей построения и функционирования САУ и созданной системы защиты информации.

В качестве основы построения такой системы обучения предлагаем следующие принципы:

1) принцип реализации единой организационно-технической политики в вопросах обучения персонала;

2) принцип постоянного контроля нарушений в работе программно-технических средств САУ, обслуживающего персонала и пользователей;

3) принцип непрерывности и полноты охвата системой обучения всего эксплуатационного персонала САУ и всех категорий пользователей;

4) принцип централизованного управления системой обучения;

5) принцип сочетания различных форм обучения персонала предприятия.

Рассмотрим эти принципы более подробно.

Принцип реализации единой организационно-технической политики в вопросах обучения персонала. Данный принцип предусматривает разработку правил эксплуатации САУ и ее системы защиты информации, определяющих

а) полномочия всех категорий обслуживающего персонала и пользователей по доступу к информации,

б) порядок работы в корпоративной сети и взаимодействие с внешними сетями при передаче информации,

в) порядок использования антивирусных программ и штатных средств защиты.

Иными словами, этот принцип направлен на разработку требований к уровню подготовки различных категорий персонала в соответствующих инструкциях, методиках, положениях и т. п.

Принцип постоянного контроля нарушений в работе программно-технических средств САУ, обслуживающего персонала и пользователей для установления фактов появления угроз безопасности. Принцип обеспечивается путем непрерывного мониторинга и анализа всех элементов информационной сети САУ технологическими комплексами и корпоративной сети с соответствующих рабочих мест штатных и нештатных специалистов органов защиты информации.

Принцип непрерывности и полноты охвата системой обучения всего эксплуатационного персонала САУ и всех категорий пользователей. Данный принцип подразумевает такую

организацию обучения, при которой каждый работник, использующий средства САУ, обладает необходимыми знаниями в вопросах защиты информации, соответствующими требованиям сегодняшнего дня. Этот принцип требует регулярного внесения определенных уточнений в действующие программы подготовки штатных специалистов, обслуживающих САУ и ее систему защиты, а также пользователей.

Принцип централизованного управления системой обучения предполагает, что разработка программ обучения персонала по тематике информационной безопасности, планирование обучения различных категорий персонала и контроль выполнения планов осуществляются органом защиты информации.

Принцип сочетания различных форм обучения персонала предприятия в ходе подготовки и переподготовки кадров. Данный принцип имеет своей целью сокращение времени доведения учебного материала или иной информации по обеспечению информационной безопасности до сотрудников, тренировку их практических навыков, разборы допущенных в ходе работы нарушений, как самим работником, так и другими, в том числе в других подразделениях. Причем в этом случае обучение носит не абстрактный, а конкретный характер с учетом особенностей работы сотрудника в данной отрасли.

На основе этих принципов органом защиты информации, отвечающим за безопасность САУ, решаются следующие основные задачи.

1. Организация непрерывного сбора информации о нарушениях информационной безопасности в САУ технологическими комплексами, в том числе за счет реализации внешних и внутренних угроз, анализ причин их появления.

2. Выработка совместно со специалистами отделов автоматизации технологических комплексов мер по устранению или временной локализации причин выявленных нарушений информационной безопасности, внедрение выработанных мер во все элементы САУ, в которых такие нарушения могут проявиться в дальнейшем.

3. Формирование дополнительных требований к уровню и объему знаний по организации защиты информации для каждой категории работников предприятия в дополнение к общепринятым по данной специализации и разработка рекомендаций по их внедрению:

– в учебные программы соответствующих отраслевых курсов подготовки или переподготовки для штатных работников технологических комплексов по специализации «Защита информации»;

– в учебные пособия для нештатных работников по специальности «Информационные технологии» (администраторы информационной сети, серверов, инженеры по защите информации), на которых возлагается исполнение дополнительных обязанностей по защите информации;

– в инструкции и нормативно-методические документы, изучаемые пользователями при сдаче зачетов на самостоятельный допуск к исполнению служебных обязанностей с использованием программно-аппаратных средств в качестве пользователя корпоративной сети.

4. Разработка конкретных организационно-методических материалов о действиях сотрудников (административно-хозяйственного и оперативно-диспетчерского персонала) в случаях нарушений информационной безопасности и доведение их до пользователей всей САУ в виде оповещений с рекомендациями, экспресс-анализов, указаний.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 10-07-00193-а

Список литературы

1. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность – Википедия [Электронный ресурс]: Материалы свободной энциклопедии Википедия – Электрон. данные – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki Методы_и_системы_защиты_ информации,_информационная_безопасность] – Загл. С экрана.

2. Северин В. А. Комплексная защита информации на предприятии / В. А. Северин. – М.: Городец. – 2008 г. – 368 с.

3. Мельников В. П. Информационная безопасность и защита информации / В. П. Мельников, С. А. Клейменов, А. М. Петраков. – М.: Академия. – 2011 г. – 336 с.

4. Шаньгин В. Ф. Защита компьютерной информации. Эффективные методы и средства / В. Ф. Шаньгин. – М.: ДМК Пресс. – 2010 г. – 544 с.

5. О глобализации, информатизации и национальной безопасности России. Аналитический обзор. Компания ЗАО «Телрос», 2002 г.

УДК 621.31-83-52

КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАВНОГО ЗАПУСКА МОЩНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

[1]Иванов А.С., [1]Мещерин А.Т., [1]Мещерина Ю.А., [1]Пугачев Е.В., [2]Ваулин Г.А., [2]Ершов А.М., [2]Сорокин А.А., [2]Сухов М.В.

1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

2 - ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ», г. Новокузнецк

Назначение. Комплекс электрооборудования для плавного запуска (УПЗ-1) мощных синхронных электродвигателей (СД) предназначен для снижения пусковых токов этих двигателей преобразовательного агрегата Г-Д. Плавный разгон синхронного электродвигателя осуществляется до подсинхронной скорости посредством специального тиристорного преобразователя, переводящего генератор в двигательный режим работы. После разгона СД преобразовательный агрегат Г-Д переводится в исходный режим работы. Введение комплекса УПЗ-1 обеспечивает:

– энергосбережение, благодаря остановкам агрегатов Г-Д шахтных подъемных установок продолжительностью от одного часа;

– безударный пусковой ток по сети 6 кВ;

– продление срока службы синхронных электродвигателей.

Состав комплекса.

1. Пульт дистанционного управления РШПЗ-04 с элементами отображения и контроля основных параметров оборудования Г-Д, как при разгоне, так и в рабочем режиме функционирования шахтной подъемной установки.

2. Шкаф управления плавным запуском ШУПЗ-05 в составе функциональных блоков, обеспечивающих требуемый алгоритм работы всех систем.

3. Тиристорный преобразователь разгона ТМ-1500 на ток до 1500 А с выходным напряжением от 20 до 500 В.

4. Сглаживающий дроссель на ток до 1500 А.

5. Контакторы-разъединители гальванической развязки цепей пуска от цепей шахтной подъемной установки.

6. Измерители угловой скорости вращения вала преобразовательного агрегата.

7. Набор модулей согласования комплекса УПЗ-1 со схемой технологической автоматики шахтной подъемной установки, высоковольтными ячейками, маслостанциями, тиристорными возбудителями СД, системой телеметрии.

8. Развязывающий трансформатор 0,4 / 0,4 кВ или 6 / 0,4 кВ.

9. В комплект поставки входит (по согласованию):

– тиристорный возбудитель СД – ТВСД-03, адаптированный на работу с комплексом УПЗ-1 и электрической схемой ШПУ;

– система телеметрии для измерения, отображения и организации защит по параметрам вибрации и температуры подшипниковых узлов на базе сертифицированных активных датчиков ДТА-1, ДВА-2.

Временные диаграммы работы комплекса УПЗ-1 представлены на рис. 1.

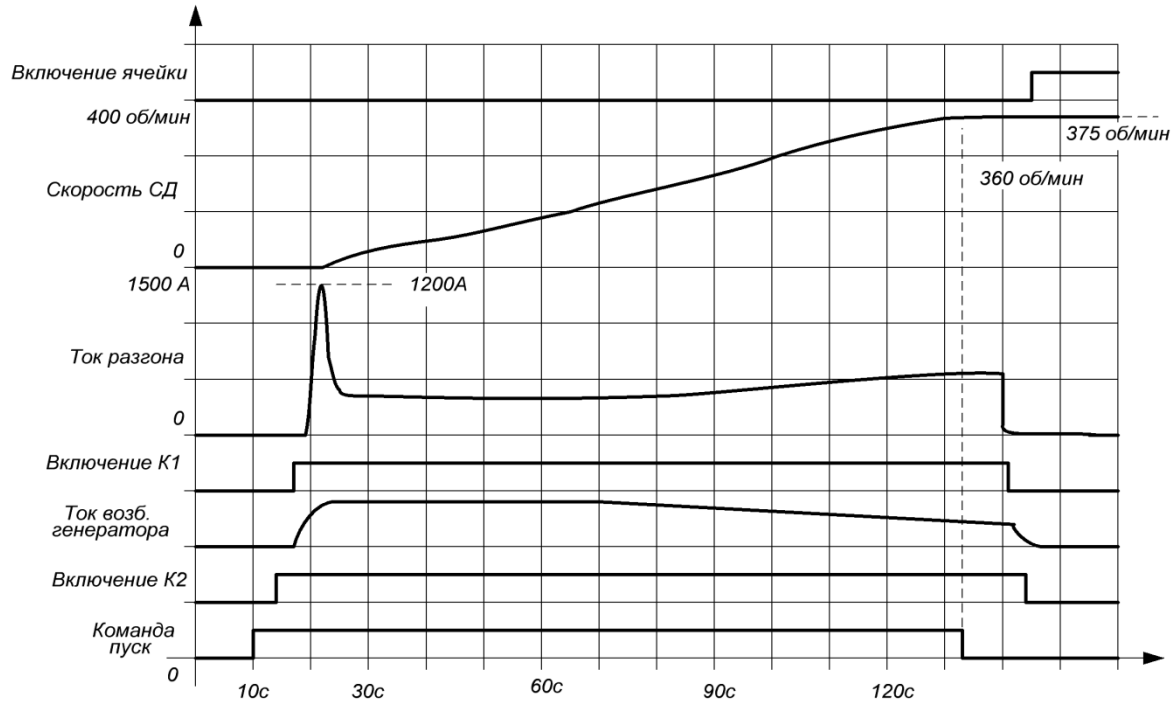


Рис. 1 – Временные диаграммы работы комплекса УПЗ-1

Прохождение команд при плавном пуске синхронного электродвигателя осуществляются в следующей последовательности:

– оператор нажимает кнопку пуск на пульте управления;

– проверяется наличие давления масла, готовности возбудителя синхронного электродвигателя к работе, отсутствие превышения температуры подшипников, напряжения на шинах генератора;

– через три секунды после нажатия кнопки «пуск» включается контактор, через который запитывается обмотка возбуждения генератора и включается тиристорный возбудитель генератора, стабилизирующий ток возбуждения на уровне 50 А;

– при достижении заданного значения тока возбуждения включается следующий силовой контактор, подключающий силовой преобразователь к шинам генератора, затем включаются тиристоры модуля ТМ-1500;

– в первый момент времени работы тиристорного модуля ТМ-1500 формируется мощный токовый импульс с амплитудой порядка 1200 А и длительностью пять секунд, для того чтобы преодолеть момент инерции преобразовательного агрегата Г-Д. После начала вращения вала агрегата Г-Д ток тиристорного модуля ТМ-1500 уменьшается до разгонного уровня − 450 А;

– при достижении половины номинальной скорости вращения СД осуществляется разгон посредством ослабления поля генератора. При этом темп спада тока возбуждения генератора составляет 30 А / мин., а ток якоря стабилизируется на уровне 450 − 500 А;

– при достижении подсинхронной скорости в течение пяти секунд обеспечивается работа тиристорного модуля ТМ-1500. После истечения пяти секунд отключаются тиристорный модуль ТМ-1500, тиристорный возбудитель генератора, контакторы. Далее включается выключатель высоковольтной ячейки питания СД, подаётся ток в обмотку возбуждения СД и электродвигатель втягивается в синхронизм.

Краткая техническая информация.

1. Время разгона: не более 120 с.
2. Пиковая мощность источника разгона: не более 300 кВА за 10 с.
3. Напряжение питания тиристорного модуля ТМ-1500: 3 х 380 В.
4. Количество синхронных двигателей, запускаемых от одного комплекса УПЗ-1, от одного до четырех.
5. Точность определения синхронного значения скорости: ± 0,2 %.

Результаты работы комплекса.

Комплекс электрооборудования для плавного запуска (УПЗ-1) мощных синхронных электродвигателей внедрен на: акционерном обществе «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение», Республика Казахстан; Горно-Шорский филиал ОАО «Евразруда».

УДК 621.313.333

ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

[1]Аниканов Д.С., [2]Кипервассер М.В., [2]Ижелевская О.В.
1 - ООО ОК СШС, г. Новокузнецк,
2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В качестве электропривода современного горно-шахтного оборудования всё большее применение находит асинхронный двигатель (АД). С течением времени он всё больше вытесняет синхронный двигатель и двигатель постоянного тока в таких механизмах как конвейеры, питатели, дозаторы, вентиляторы, насосы и т.д., а так же механизмах, требующих регулирования частоты вращения (приводы экскаваторов и пр.). Основными причинами такой замены являются простая и надежная конструкция двигателя, низкая стоимость, большие межремонтные периоды, малые затраты на обслуживание и ремонт. В то же время, машины постоянного тока, обладая хорошими регулировочными характеристиками, имеют значительно более сложную конструкцию, высокую относительную стоимость и требуют более высококвалифицированного обслуживания. Кроме того, использование таких двигателей возможно лишь при наличии источника постоянного напряжения соответствующей мощности, и в случае регулируемого привода, обладающий необходимыми диапазонами и характеристиками регулирования. Синхронные машины, имея высокие энергетические показатели (коэффициент мощности, КПД) и надежную конструкцию, мало применимы в механизмах требующих регулирования частоты вращения.

Всё более широкое распространение асинхронного электродвигателя связанно с повышением мощности и одновременным удешевлением частотных преобразователей, используемых для питания обмотки статора АД.

Взаимосвязанная система ПЧ-АД позволяет обеспечить регулировочные характеристики и энергетические показатели привода на уровне описанных типов машин и при этом сохраняет присущее асинхронному двигателю простоту, надежность и низкую стоимость конструкции.

В связи с таким широким распростронением асинхронного электропривода возрастает значимость своевременной диагностики его, как важной составной части технологического оборудования, обеспечивающего производственные процессы горнодобывающего и перерабатывающего предприятия.

Техническое диагностирование изучает методы получения и оценки диагностической информации, модели и алгоритма принятия решения. Целью технической диагностики является повышение надежности и ресурса технических систем и объектов [4].

Известно, что наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы, а основной задачей технической диагностики является распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации.

Электрический двигатель как система является контролеспособной, то есть приспособлен к раннему обнаружению и предупреждению отказов и неисправностей, в тот момент, когда они ещё не нанесли значительного ущерба.

Контролеспособность системы в первую очередь зависит от качества и объема диагностической информации, которая может быть получена при эксплуатации изделия и его технически обслуживании [4].

Существует несколько основных методов получения информации о состоянии электродвигателя:

1. Вибродиагностика (узлов(подшипников), механизма в целом).

Вибрационная диагностика — метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, либо создаваемой работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемого объекта.

При вибрационной диагностике, как правило, исследуются временной сигнал или спектр вибрации того или иного оборудования. Также применяется кепстральный анализ (кепстр — анаграмма слова спектр). При вибрационной диагностике анализируются виброскорость, виброперемещение, виброускорение.

Наиболее распространенный метод диагностики основывается на оценки виброускорения, вычисляемый по формуле

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2}; \quad (1)$$

где $a_{hw}(t)$ - текущее значение корректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации в момент времени t, м/с^2; a_{hw} - среднеквадратичное значение корректированного виброускорения в одном направлении действия локальной вибрации, м/с^2; a_{hwx}, a_{hwy}, a_{hwz} -значения a_{hw} в направлении осей x, y и z соответственно, м/с^2; a_{hv} - полное среднеквадратичное значение виброускорения, м/с^2.

Наибольшее развитие этот метод диагностики получил при диагностировании подшипников качения. В качестве диагностических параметров могут выступать следующие: амплитудное (положительное) значение сигнала, среднеквадратичное значение (действующее значение) сигнала, ПИК-фактор — отношение параметра амплитудного значения сигнала к среднеквадратичному его значению, ПИК-ПИК — разница между положительной амплитудой и модулем отрицательной амплитуды, EVAM - периодичность проявления (ударных) импульсов от неисправностей механического оборудования [6].

2. Контроль сопротивления обмоток статора

Основным методом прямого контроля изоляции обмотки статора крупных электрических машин, в настоящее время, является регистрация и анализ распределения частичных разрядов. При помощи этого эффективного метода удается выявлять дефекты в изоляции на самых ранних этапах их появления и развития.

Наиболее распространенная схема контроля изоляции в горной промышленности представлена на рис. 1.

Блок БКИ состоит из транзисторного усилителя, выполненного на составном транзисторе VT1, VT2, нагрузкой которого является реле К1. Сопротивление измеряется путем сравнения токов управления составного транзистора VT1, VT2 и коллекторного VT3. При значении сопротивления изоляции отходящего присоединения выше уставки транзистор VT3 постоянно открыт, в результате чего транзисторный усилитель заперт. При снижении сопротивления изоляции до значения уставки транзистор VT3 запирается, а транзисторный усилитель VT1, VT2 открывается, и срабатывает выходное реле К1, которое своими контактами

блокирует цепь управления электрического аппарата. Для настройки схемы на уставки служат резисторы R2, R3.

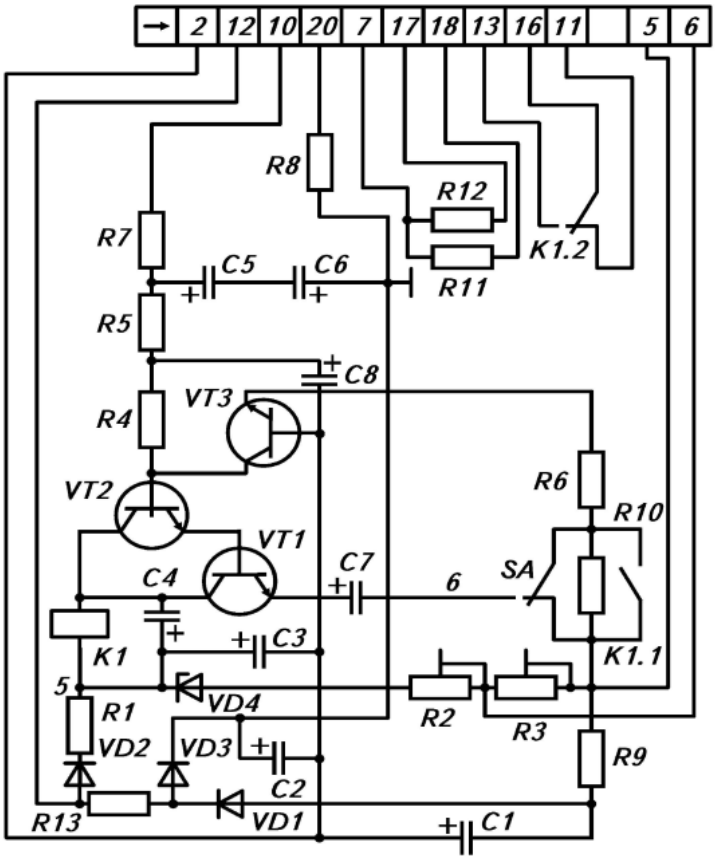


Рис. 1. Блок контроля изоляции (БКИ)

Важной проблемой, возникающей при практической диагностике изоляции на основе метода регистрации и анализа распределения частичных разрядов, является отстройка от помех, попадающих в обмотку статора из питающей сети. Для высоковольтных электродвигателей чаще всего достаточно на выходных зажимах обмотки статора устанавливать три конденсатора связи, рассчитанных на работу под линейным напряжением питания.

3. Определение качества крепления обмоток в пазу, в лобовых частях, определение качества прессовки пакета статора

Для определения этих важных параметров на работающей электрической машине необходимо контролировать вибрацию пакета статора.

Количество высокочастотных гармоник, имеющих место в этом частотном диапазоне, их амплитуда и суммарная мощность, непосредственно связаны с текущим техническим состоянием элементов крепления обмотки и сердечника электрической машины. Чем хуже крепление обмоток в пазу и лобовых частях, тем выше будет удельный вес высокочастотных гармоник в спектре вибросигнала.

Таким образом, диагностика состояния крепления обмотки статора в пазах и в зоне лобовых частей должна проводиться на основании сравнения вибрационных параметров статора, измеренных в нескольких режимах работы электрической машины.

4. Контроль температуры обмоток статора, подшипников

Тепловой контроль осуществляется, при помощи термодатчиков, установленных на корпусе двигателя, в пазах сердечника статора, на подшипниковых шиитах. Термометрические датчики фиксируют температуру контролируемых узлов и передают информацию на анализирующий элемент.

Так же в процессе эксплуатации возможно периодическое обследование при помощи переносного тепловизора. Это позволяет сделать мгновенные выводы о состоянии двигателя по температуре.

5. Контроль электрических параметров двигателя

В дополнение к вышеописанным способам контроля возможно использование метода, основанного на контроле электрических параметров электродвигателя.

В этом случае контролируются следующие параметры: напряжение, частота, токи обмоток статора и ротора. Наиболее информативным параметром из перечисленного является величина тока статора.

Ток обмотки ротора создает магнитное поле, расположенное в том же магнитопроводе, что и магнитное поле, созданное током обмотки статора. Поэтому результирующий магнитный поток двигателя будет определяться МДС обеих обмоток:

$$\frac{3}{2} I_{1m} w_1 + \frac{3}{2} I_{2m} w_2 = \frac{3}{2} I_{0m} w_1 = \sum H l^* \qquad (2)$$

$$I_{\text{р}} = (0{,}25 - 0{,}5) I_{\text{ном}} .$$

Ток $I_{\text{а}}$ намного меньше $I_{\text{р}}$, поэтому часто считают, что

$$I_0 \approx I_{\text{р}}.$$

Разделив выражение (2) на $3w_1/2$, получим:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 \, w_2/w_1 = \bar{I}_0.$$

Отсюда и получим ток обмоток статора:

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}'_2,$$

где $I'_2 = - I_2 w_2/w_1$ — ток фазы обмотки ротора, приведенный к обмотке статора.

Таким образом, ток фазы обмотки статора складывается из тока холостого хода и приведенного тока обмотки ротора. Результирующий магнитный поток двигателя обусловлен взаимным действием МДС обмоток статора и ротора, МДС обмотки ротора является размагничивающей относительно МДС обмотки статора [2, 5].

Измерение и контроль тока статора производится при помощи трансформаторы тока, измерительных шунтов, полупроводниковых датчиков тока. Обработка полученных сигналов выполняется в цифровом виде. При отклонении величин тока статора от нормальных для данного режима работы, схема контроля формирует аварийный сигнал.

Большинство выше приведенных методов реализуется на базе новой диагностической техники, которая позволяет более точно и своевременно находить и распознавать дефекты на ранних стадиях и контролировать параметры, которые ранее контролировать было невозможно.

Современные горнодобывающие и обогатительные предприятия оснащаются многоуровневыми системами автоматического контроля и управления технологическими процессами.

Перечисленные выше устройства локального контроля параметров работы электродвигателя могут войти отдельным блоком в систему автоматического контроля. Оснастив комплектом контрольной аппаратуры электродвигатели основных приводов, обеспечивающие технологический процесс, можно в реальном времени осуществлять контроль и диагностику технического состояния электродвигателя, своевременно предупреждать развивающиеся по тем или иным причинам аварийные ситуации. Описанные системы контроля являются дополнением к основной системе автоматического управления предприятием и существенно повышают надежность работы горного предприятия.

Список литературы

1. Беловолов В.В., Бочков Ю.Н. Техника и технология обогащения углей-М.:Наука, 1995.-622с.

2. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов.-Спб.: Питер, 2008.-349 с.:ил.-(Учебник для вузов).

3. Кипервассер М.В., Аниканов Д. Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: труды VIII всероссийской научно-практической конференции, 10-12 ноября 2011 г./ Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2011. – С. 302-306.

4. Бигер И.А. Техническая диагностика. –М.: «Машиностроение», 1978.-240 с.

5. Борисов Ю. М., Липатов Д. Н., Зорин Ю. Н.. Электротехника Учебник для вузов. — 2-е изд., пере-раб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985.

6. Петрухин В. В., Петрухин С. В.. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации. Гриф УМО ВУЗов РФ. — М.:Инфра-Инженерия, 2010. — 176 с.

УДК 658.26

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Кузнецова Е.С., Свирская Г.С., Дивин Г. В., Карачевцев И.О.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Для исследования параметров электроснабжения была выбрана подстанция «Нагорная 35/6 кВ», которая снабжает потребителей частного сектора, автобазу, наземных и подземных потребителей шахты «Томусинская 5/6». На подстанции установлены два трансформатора 2х16 МВ·А.

Питание потребителей осуществляется по 10 фидерам:

- фидер 6 – 6 – П и 6 – 22 – П – горсеть (поселок, частный сектор);
- фидер 6 – 10 – А и 6 – 30 – А – автобаза (свет, отопление);
- фидер 6 –7 – К и 6 – 27 – К - шахта, поверхность (бытовые помещения);
- фидер 6 – 9 – С и 6 – 29 – С – шахта, поверхность (склады, бытовые помещения);
- фидер 6 – 11 – Щ и 6 – 31 – Щ – шахта, подземный потребитель.

Потребители шахты получают питание по шести фидерам (табл. 1).

Были определены параметры электропотребления для каждого фидера:

- 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;
- эксцесс и асимметрия активной и реактивной мощности;
- коэффициент мощности.

Коэффициент мощности для этих потребителей принимает значения от 0,70 до 0,81, а по подстанции в целом составляет 0,77.

Трансформаторы работают в режиме недогрузки – коэффициент нагрузки на трансформаторной подстанции составляет 0,31.

Вариация по активной мощности доходит до 34 %, а по реактивной до 55%.

Были определены параметры графиков активной мощности для каждого фидера, и результаты расчетов сведены в табл. 1, 2.

Коэффициент формы графика электрической нагрузки:

$$k_{ф} = \frac{P_{срКВ}}{P_{ср}} = \frac{\sqrt{P_{ср}^2 + \sigma_P^2}}{P_{ср}}. \quad (1)$$

Коэффициент заполнения графика электрической нагрузки:

$$k_{зап} = \frac{P_{ср}}{P_{max}} = \frac{1}{1 + 2{,}5 \cdot V_s}. \quad (2)$$

Число часов использования максимума:

$$T_{\max} = \frac{P_{cp} \cdot 8760}{P_{\max}}. \quad (3)$$

Таблица 1

Параметры электропотребления активной и реактивной мощности по фидерам

№ фидера	Мощность, кВт/кВАр	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Вариация	Асимметрия	Эксцесс	Коэффициент мощности
6-6-П	Активная мощность	206.9	78.07	134.26	41.53	30.93	0.25	-1.01	0.94
	Реактивная мощность	54.9	41.55	46.319	4.18	9.02	1.24	0.671	
6-7-К	Активная мощность	930.87	485.67	690.22	114.53	16.59	0.18	1.06	0.75
	Реактивная мощность	799.6	438.53	606.20	91.28	15.05	0.21	1.26	
6-9-С	Активная мощность	1062.26	346.9	690.61	235.03	34.03	-0.34	-0.89	0.819
	Реактивная мощность	664.45	277.55	484.96	130.24	26.85	-0.44	-0.93	
6-10-А	Активная мощность	10.21	4.45	6.97	1.68	24.16	0.29	-0.13	0.532
	Реактивная мощность	14.7	9.29	11.17	1.73	15.50	0.61	-0.29	
6-11-Ш	Активная мощность	1056	666.58	772.39	105.47	13.65	1.96	4.51	0.773
	Реактивная мощность	1184.65	238.58	622.18	344.72	55.40	0.57	-1.49	
6-22-П	Активная мощность	475.74	206.25	303.07	79.73	26.30	0.87	0.41	0.91
	Реактивная мощность	169.02	105.05	138.23	18.72	13.54	-0.43	-0.41	
6-27-К	Активная мощность	949.07	549.13	773.36	107.17	13.85	-0.38	0.59	0.78
	Реактивная мощность	763.13	427.47	618.78	84.34	13.63	-0.59	1.75	
6-29-С	Активная мощность	795.03	265.55	533.215	173.51	32.54	0.03	-1.03	0.82
	Реактивная мощность	576.97	220.97	371.04	103.64	27.93	0.48	-0.28	
6-31-Ш	Активная мощность	2212.4	962.19	1367.18	304.34	22.26	2.00	5.93	0.70
	Реактивная мощность	2095.73	648.39	1379.26	383.39	27.79	0.14	0.63	
6-30-А	Активная мощность	1.93	0.97	1.47	0.25	17.01	-0.03	0.88	0.19
	Реактивная мощность	8.53	5.61	7.44	0.68	9.18	-1.67	5.19	

Таблица 2

Параметры графиков активной мощности

№ фидера	Число часов использования максимума	Коэффициент формы графика нагрузки	Коэффициент заполнения графика нагрузки
6-6-П	5684	1.046	0.65
6-7-К	6495	1.013	0.75
6-9-С	5695	1.056	0.65
6-10-А	5981	1.029	0.68
6-11-Ш	6407.	1.009	0.73
6-22-П	5580	1.034	0.63
6-27-К	7138	1.009	0.81
6-29-С	5875	1.051	0.67
6-31-Ш	5413	1.024	0.62
6-30-А	6706	1.014	0.76

На рис. 1, 2 показаны графики нагрузки активной и реактивной нагрузки потребителей шахты.

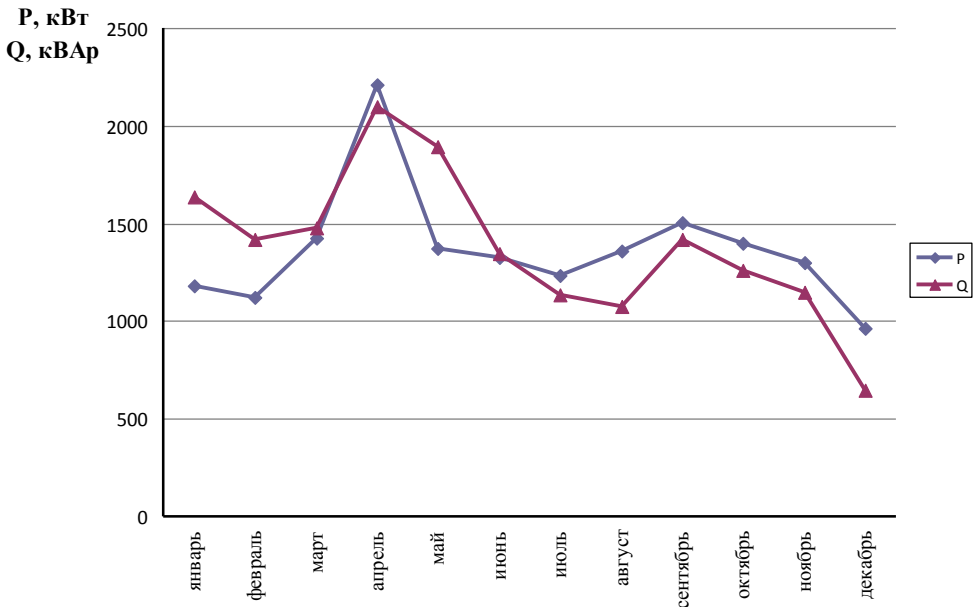


Рис. 1 – График активной и реактивной мощности фидера питающего подземных потребителей шахты (6 – 31 – Щ)

Число часов использования максимума самое максимальное значение для фидера 6-27-К составляет 7138, а минимальное для фидера 6-31-Ш – 5413.

Коэффициент заполнения графика нагрузки для всех фидеров колеблется от 0,62 до 0,81.

В настоящее время является актуальным повышение энергоэффективности при передаче, распределении и потреблении электроэнергии. С этой целью необходимо выполнить оптимизацию системы электроснабжения, включая следующие мероприятия:

- компенсация реактивной мощности;
- выравнивание графиков электрической нагрузки;
- замена малозагруженных трансформаторов;
- улучшение параметров качества электроэнергии;
- управление режимами электропотребления.

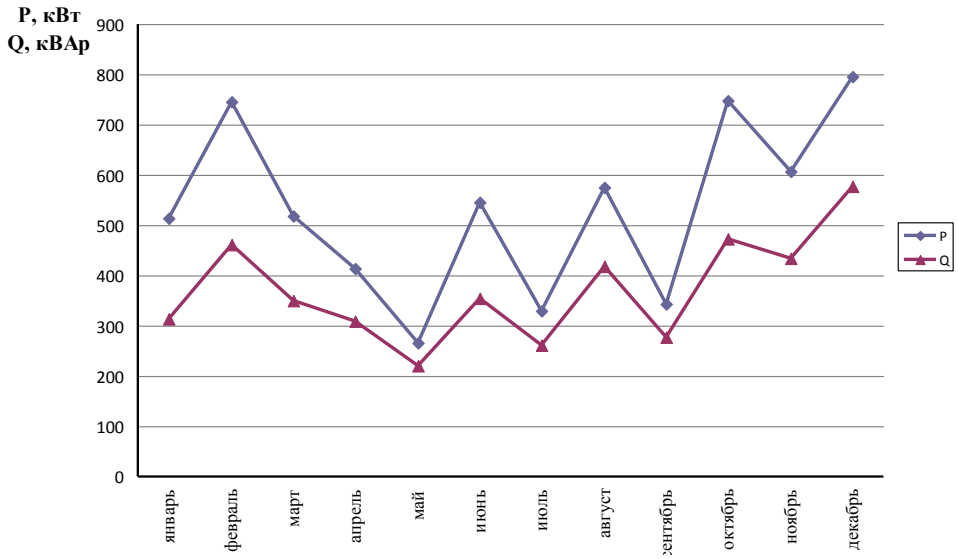


Рис. 2. График активной и реактивной мощности фидера питающего наземных потребителей шахты (6 – 29 – С)

УДК 005.9:656

ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ УПРАВЛЕНИЙ ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»

[1]Приступа Ю.Д., [1]Сударева И.Л., [2]Павлова Л.Д., [2]Фрянов В.Н.
1 - ПТУ «Восточный Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий,
2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Основные задачи по организации электронного документооборота в технологических процессах Ленинск-Кузнецкого ПТУ и ПТУ «Восточный Кузбасс»:

− синхронизировать справочники программы «Автоматизированная система учета, анализа, моделирования процессов перевозки вагонов» со справочниками системы ЭТРАН (электронной транспортной накладной) ОАО «РЖД»;

− организовать формирование файлов строгого формата, которые будут передаваться в ЭТРАН, обеспечить прохождение файлов форматного контроля, а так же контроль в соответствии с технологией ЭТРАН для обработки соответствующего типа информации;

− организовать чтение программой ответных файлов и их загрузку базу данных программы.

Для решения поставленных задач на первом этапе была разработана программа и база данных АСУ «Вагонооборот» - автоматизированная система номерного учета вагонов за время нахождения их на путях необщего пользования [1-2]. Программа автоматизирует процесс проведения и учета технологических операций с вагонами с момента их передачи станцией ОАО «РЖД» Терентьевская на пути необщего пользования (операция зачисления) до момента их возврата на выставочные пути, реализует процесс накопления базы данных историей каждого отдельного вагона. Система интегрирована в информационное пространство ПТУ ОАО «СУЭК-Кузбасс» и предназначена для использования в производственно-технологическом процессе.

Программа создана в среде 1С, легко конфигурируется в соответствии с запросами пользователей: для решения новой проблемы изменения и новшества вписываются в конфигурацию системы, дополняя ее и сохраняя все созданное ранее.

Программа реализует сбор данных по грузовым операциям. Одним из выходов программы является печать перевозочных документов (товарно-транспортных накладных, ТТН).

Использование данной программы позволяет:

− отслеживать и фиксировать все события (бизнес-процессы), происходящие с каждым вагоном от момента его зачисления по памятке ОАО «РЖД» до момента снятия по «РЖД»;

− отслеживать в режиме on-line наличие и состояние вагонов на путях необщего пользования, место каждого вагона в технологическом процессе;

− вносить каждое событие в месте и в момент его возникновения специалистом, ответственным за проводимую операцию (оператором, приемосдатчиком);

− поддерживать систему ведения справочников: вагонов; железных дорог; железнодорожных станций; контрагентов; грузополучателей; собственников вагонов; Заявок ГУ-12; деклараций; перевозочных тарифов и т.д.;

− формировать утвержденные печатные формы и документы для обмена с контрагентами-грузоотправителями и с ОАО «РЖД» (обязательные перевозочные документы (ТТН), уведомление, ведомость ГУ-46, памятка подачи-уборки) и различные аналитические отчеты в формате документов Microsoft Excel (итоговых отчетов о погрузке, оплате, простоях, занятости путей, отгрузке по заявкам и декларациям в разрезе контрагентов, направлений);

− получать информацию о ранее снятых и выданных на пути ОАО «РЖД» вагонах, поездах, маршрутах;

− разграничивать доступ к автоматизированной системе на основе механизма авторизации и предоставления прав доступа.

Организация работы в программе АСУ «Вагонооборот» позволило исключить следующие издержки, свойственные грузовой работе:

− искажение информации в процессе ее передачи;
− утеря перевозочных ресурсов (вагонов);
− задержка выдачи поездов;
− задержка оформления /переоформление документов;
− задержка электровоза;
− нерациональное использование локомотивов;
− нерациональное использование бумаги;
− срыв оформления погрузки за сутки.

Внедрение программы АСУ «Вагонооборот» в условиях Ленинск-Кузнецкого ПТУ и ПТУ «Восточный Кузбасс» привело к:

− сокращению времени простоя вагонов на путях необщего пользования до 2-х часов;

− сокращению времени на оформление перевозочных документов до 25 минут на документ;

− увеличению показателя суточного вагонооборота на 100 вагонов;

− уменьшению сборов и штрафов за сверхнормативный простой вагонов до 5 млн. рублей в год;

− оптимизации 4-х рабочих мест приемосдатчиков груза и багажа;
− повышению квалификации и компетентности персонала;
− повышению производительности труда;
− снижению влияние человеческого фактора на процесс перевозок;
− исключению случаев перегруза по декларациям;
− исключению случаев загрузки вагонов, требующих ремонта;

− созданию условий для оптимизации и повышения качества планирования перевозок.

До внедрения технологии АСУ-АСУ, напечатанная из АСУ «Вагонооборот» товарно-транспортная накладная, передавалась в товарную контору ОАО «РЖД», где с печатного листа вводилась в систему АСУ ЭТРАН (рис. 1).

На втором этапе для организации безбумажного документооборота с ОАО «РЖД», а именно, оформление документов (накладных) в системе ЭТРАН без использования АРМ

ППД – АРМ «Вагонооборот» была организована работа по принципу АСУ-АСУ. Для этого в составе системы АСУ ЭТРАН используется служебная подсистема «Программное обеспечение взаимодействия между системой ЭТРАН и АСУ грузоотправителей» - интегрированная система управления железнодорожными перевозками (ИСУ ЖДП). Применение ИСУ ЖДП позволило изменить существующую схему на схему, представленную на рис. 2.

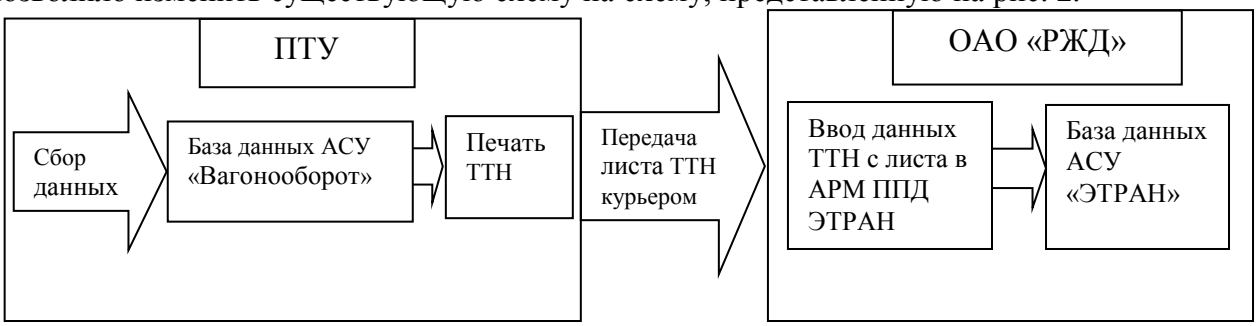


Рис. 1. Технология передачи данных АСУ «Вагонооборот» ПТУ до внедрения технологии АСУ-АСУ

ИСУ ЖДП (АСУ-АСУ) является интерфейсной системой между АСУ грузоотправителя и системой ЭТРАН ОАО «РЖД». Основной задачей системы является формирование электронных документов на перевозку груза, используя данные об отгрузках, рождаемые в АСУ грузоотправителя, таким образом, исключая, или значительно сокращая работу сотрудников предприятий, ответственных за выполнение этих операций.

Рис. 2. Технология передачи данных АСУ «Вагонооборот» с внедрением технологии АСУ-АСУ

В погрузочно-транспортных управлениях ОАО «СУЭК-Кузбасс» (Ленинск-Кузнецкое ПТУ и ПТУ «Восточный Кузбасс») для оформления документов (накладных) в системе ЭТРАН без использования АРМ ПДД разработана специальная служебная подсистема. Подсистема представляет собой программу, которая обеспечивает взаимодействие между системой ЭТРАН и автоматизированной системой управления (АСУ) грузоотправителей, разработанную ОАО «РЖД». В качестве АСУ грузоотправителя будет выступать программа «Вагонооборот».

Основная функциональность программы АСУ-АСУ:

1. Поддержка электронного документооборота между АСУ грузоотправителя – АСУ «Вагонооборот» и системой ЭТРАН при подготовке и оформлении железнодорожных перевозок:

− импорт из АСУ грузоотправителя заявок на перевозку (или документов, аналогичных заявкам на перевозку), обработка их на сервере АСУ-АСУ (перекодирование данных из форматов АСУ «Вагонооборот» в форматы АС ЭТРАН, другие необходимые преобразования документов), отправка документов в систему ЭТРАН на согласование;

− передача из системы ЭТРАН в АСУ «Вагонооборот» результатов согласования заявок на перевозку, включая предварительный запрос справочного расчета расстояний, расчет провозной платы по заявке;

− передача из АСУ «Вагонооборот» в ЭТРАН запроса о вагонах, корректировок заявок, отказов от заявок и выполнение других операций, предусмотренных «Правилами приема заявок на перевозку грузов железнодорожным транспортом», с использованием электронного документооборота;

− импорт из АСУ «Вагонооборот» документа, аналогичного железнодорожной транспортной накладной, преобразование его в АСУ-АСУ к формату, требуемому железной дорогой, и экспорт в ЭТРАН для дальнейшей обработки на стороне ОАО «РЖД»;

− передача из системы ЭТРАН в АСУ «Вагонооборот» результатов обработки накладной (состояние накладной, номер визы, провозная плата и т.п.), а также информации об изменении статуса накладной в пути следования («груз принят к перевозке», «в пути», «грузополучатель извещен», «накладная раскредитована» и т.п.).

− передача из системы ЭТРАН в АСУ «Вагонооборот» результатов обработки заявлений на переадресовку груза, ведомостей подачи/уборки вагонов;

− передача из системы ЭТРАН в АСУ «Вагонооборот» учетных карточек к заявке на перевозку (контроль исполнения плана перевозки);

− передача из системы ЭТРАН в АСУ «Вагонооборот» накопительных ведомостей и поддержка технологии сверки накопительной ведомости в электронном виде.

2.Формирование аналитических отчетов о состоянии железнодорожных перевозок грузоотправителя на основе вышеперечисленных документов.

Преимущества такого способа интеграции данных очевидны - организация электронного документооборота позволяет работать по безбумажной технологии, в результате чего:

– сокращается время на оформление товарно-транспортной накладной;

– имеется возможность организации одновременной работы на нескольких рабочих местах при наличии одного рабочего места АС ЭТРАН;

– исключается ручной ввод данных – данные о вагонах (характеристика вагона и информация о собственности, аренде вагона), заявки формы ГУ – 12, данные о грузополучателях, грузоотправителях и другие данные, сопутствующие реквизитам для отправления вагона загружаются по каналу АСУ-АСУ автоматически;

– снижаются затраты на подготовку железнодорожных перевозок и уменьшается риск возникновения ошибок за счет устранения двойного ввода информации и использования электронной формы перевозочных документов;

– экономятся средства за счет снижения риска применения штрафных санкций за простой вагонов по вине грузоотправителя из-за неправильно оформленных перевозочных документов;

– экономятся средства за счет более гибкого планирования перевозок и возможности мониторинга в режиме реального времени хода согласования заявок на перевозку в подразделениях ОАО «РЖД», на пограничных станциях и в пунктах перевалки грузов;

– снижаются временные затраты на подготовку, передачу и согласование документов с ОАО «РЖД»;

– оптимизируется использование собственного и арендованного подвижного состава за счет постоянного контроля наличия и планирования подачи порожних вагонов;

– осуществляется централизованный контроль над железнодорожными перевозками филиалов и дочерних предприятий на основании информации ОАО «РЖД»;

– обеспечивается постоянная актуальность печатных форм готовых комплектов перевозочных документов по форме, установленной ОАО «РЖД»;

– осуществляется мониторинг наличия и подачи порожних вагонов, включая собственные и арендованные;

– осуществляется отслеживание дислокации отправок в режиме реального времени с отображением информации на интерактивной карте.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613963. Автоматизированная система учета, анализа моделирования процессов перевозки вагонов / Ю.Д. Приступа, И.Л. Сударева, ОАО «СУЭК-Кузбасс». – Дата регистр. 23.05.2011.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20116230535. База данных автоматизированной системы учета, анализа моделирования процессов перевозки вагонов / Ю.Д. Приступа, И.Л. Сударева, ОАО «СУЭК-Кузбасс». – Дата регистр. 22.07.2011.

УДК 004.924:656

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ АСУ«КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ» В УСЛОВИЯХ ПТУ «ВОСТОЧНЫЙ КУЗБАСС»

[1]Приступа Ю.Д., [1]Сударева И.Л., [2]Павлова Л.Д., [2]Фрянов В.Н.

1 - ПТУ «Восточный Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий,

2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

1. Назначение программы

АСУ «Комплекс программно-целевого имитационного моделирования траекторий транспортных потоков» (рабочее название «ГИД») - это автоматизированная система номерного учета вагонов и локомотивов на путях необщего пользования. Данная программа автоматизирует процесс проведения и учета эксплуатационных операций с локомотивами и вагонами с момента передачи вагонов станцией ОАО «РЖД» Терентьевская на пути необщего пользования (операция зачисления) до момента их возврата на выставочные пути, реализует процесс накопления базы данных историей каждого отдельного вагона и локомотива. Взаимодействуя с программой учета процессов перевозки вагонов «Вагонооборот», база пополняется информацией о грузовых операциях с вагонами. Система интегрирована в информационное пространство ПТУ ОАО «СУЭК-Кузбасс» и предназначена для использования в производственно-технологическом процессе. На программу получено два свидетельства о государственной регистрации:[1] – о регистрации программы для ЭВМ; [2] – о регистрации базы данных для ЭВМ.

2. Основные принципы работы программы

– вводится информация о каждом событии (операции) в месте и в момент его возникновения специалистом, ответственным за проводимую операцию (диспетчером, оператором пульта управления, оператором при ОПУ);

– отслеживается в режиме on-line наличие и состояние вагонов и локомотивов на путях необщего пользования, место каждого вагона, локомотива и путевой техники в технологическом процессе;

– поддерживается система ведения справочников: парков и путей ПТУ, вагонов, локомотивов, нормативов выполнения операций, и др.;

– формируются различные аналитические отчеты в формате документов Microsoft Excel о расходе топлива, подаче /уборке вагонов, движении локомотивов по перегонам и др. за текущий и прошлый периоды;

– поддерживается обмен данными с АСУ «Вагонооборот. Во избежание дублирования действий информация вводится в одну из систем и затем, эти данные интегрируются в другую.

– разграничивается доступ к автоматизированной системе на основе механизма авторизации и предоставления прав доступа;

– легко конфигурируется в соответствии с запросами пользователей: для решения новой проблемы изменения вписываются в конфигурацию системы, дополняя ее и сохраняя все созданное ранее. Конфигурация создана в среде 1С.

3. Достигнутый эффект

3.1. Учет технических и технологических операций над вагонами и локомотивами на путях необщего пользования, что дало возможность получения информации, необходимой для успешного решения управленческих задач.

3.2. Организация работы в программе позволила исключить следующие издержки, свойственные эксплуатационной работе:

– искажение информации в процессе ее передачи;

– отсутствие своевременного положения на путях пути необщего пользования;

– нерациональное использование локомотивов.

3.3. Внедрение программы в условиях ПТУ «Восточный Кузбасс» привело к:

– высвобождению времени у работников ПТУ, что позволит без привлечения персонала оформлять перевозочные документы в условиях увеличения отгрузки и, соответственно, количества железнодорожных накладных. На сверку и уточнение информации между работниками ПТУ и погрузочными пунктами затрачивалось в среднем 3 часа работы в сутки – 230 руб/сутки или 84 тыс. руб/год – затраты на оплату труда оператора;

– высвобождению времени у работников погрузочных комплексов, затрачиваемое на сверку и списывание информации с вагона (трафарет вагона) – 180 минут в сутки по пяти погрузочным путям, и, как следствие, увеличение количества отгружаемых вагонов погрузочными комплексами за счет сокращения интервалов между окончанием и началом погрузки (время на сверку и списывание), позволяющим дополнительно загрузить 30 вагонов в сутки или 13,5 маршрутов в месяц - 65000 тонн угля;

– осуществлению контроля времени хода по перегонам, позволяющим исключить внеплановые остановки и, как следствие, хищение дизельного топлива;

– сокращению времени хода поездов по перегонам до 60 минут в сутки, что позволяет перевезти дополнительно и выдать маршрут из 69 вагонов. Результат - сокращение времени простоя вагонов на путях необщего пользования до 2-х часов;

– исключению «ручного» анализа графиков исполненной работы техником службы эксплуатации, вследствие программного формирования аналитических отчетов эксплуатационной работы на путях необщего пользования. Высвобождение единицы техника составляет 320 тыс. руб. в год;

– созданию условий для оптимизации и повышения качества планирования перевозок.

За время эксплуатации программы в ее конфигурацию, алгоритм, интерфейс пользователя было внесено достаточно много обновлений, связанных с изменением технологических процессов, необходимостью формирования новых документов, потребностью углубленного анализа работы предприятия.

4. Описание конфигурации

4.1. Справочники

Программа поддерживает ведение системы справочников. Ниже приведен перечень и краткое описание основных справочников, используемых при работе с программой.

1. Парки и пути – справочники парков и, привязанных к ним, путей ПТУ с их реквизитами (вместимость пути, признак перегона, нормы прохождения и т.д.).
2. Вагоны – справочник железнодорожных вагонов с их реквизитами (грузоподъемность, тара, принадлежность ЖД и т.д.).
3. Локомотивы – справочник локомотивов ПТУ.
4. Операции – справочник технологических операций над вагонами и локомотивами.

5. Клиенты – ссправочник промышленных предприятий (шахт, заводов и т.д.), для которых локомотивами ПТУ поставляются/убираются вагоны. Справочник подчинен справочнику «Станции ПТУ». К станции ПТУ привязываются те клиенты, которых обслуживает данная станция.

6. Железнодорожные станции – справочник железнодорожных станций ОАО «РЖД» с их реквизитами.

7. Операторы – справочник операторов-собственников подвижного состава (вагонов).

4.2. Журналы

Журналы – это средство для хранения документов. Работая с журналами, пользователь имеет возможность вводить документы, просматривать их, редактировать, удалять.

Журнал «Поезда»- основной журнал для работы с программой «ГИД». Из него создаются документы-поезда, проводятся все операции с вагонами, формируются отчеты и аналитические таблицы, и, по окончании технологического цикла, вагоны отправляются в журнал «Поезда снятые».

Журнал «Поезда» - это положение вагонов на путях и парках. Форма журнала «Поезда» приведена на рис. 1.

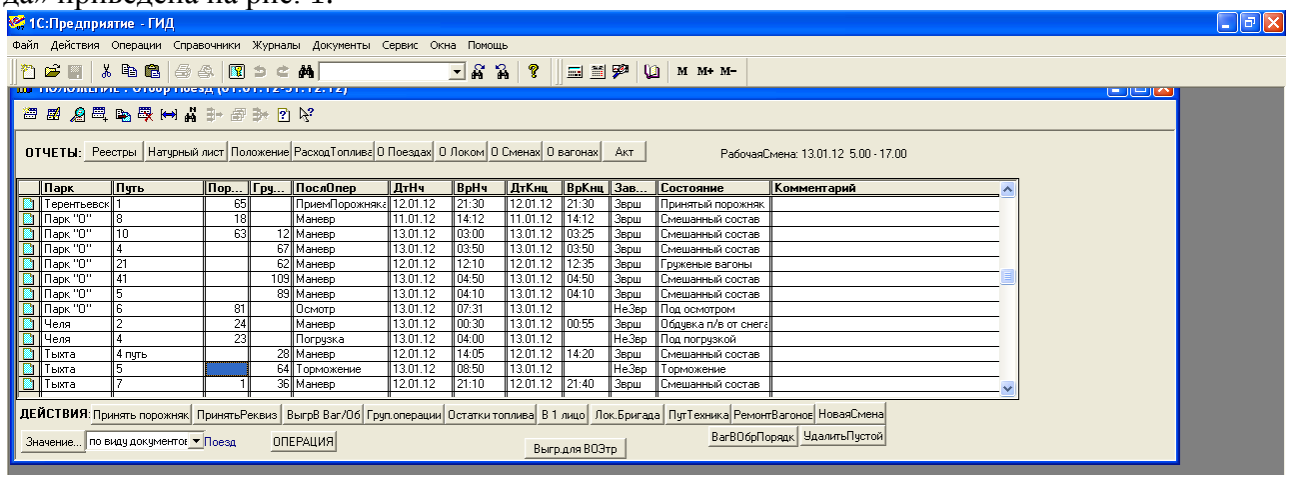


Рис. 1. Форма журнала «Поезда»

Графы журнала содержат информацию о парке, пути, количестве груженых и порожних вагонов на этом пути, наименование последней операции, ее начале и окончании, произвольный комментарий.

Так как журнал используется в оперативной работе пользователей, то для удобства и скорости на форму журнала вынесены кнопки для вызова наиболее часто используемых операций и формируемых отчетов.

Кнопки объединены в 2 группы: группа «Действия» и группа «Отчеты».

При помощи кнопок из группы «Действия» вызываются обработки, реализующие процедуры проведения различных технологических и рабочих операций. (См. «Операции»).

При помощи кнопок из группы «Отчеты» вызываются обработки и процедуры формирования отчетов, таблиц, документов. (См. «Отчеты»).

Каждая строка журнала – это документ «Поезд». В документ собраны вагоны, находящиеся в данный момент времени на выбранном пути.

Форма документа «Поезд» приведена на рис. 2.

Каждая строка табличной части документа - это данные по одному вагону. Информация собирается и вводится последовательно, по мере прохождения вагоном технологических операций над ним.

Не все данные (поля) одной строки документа отображены в форме документа. Это объясняется тем, что вводимых данных достаточно много (это начало, конец и аналитика по

каждой технологической операции) и отображение их всех в табличной части сделало бы ее неоправданно громоздкой. Просмотреть все введенные данные можно через «Полный реестр» (см. «Отчеты»).

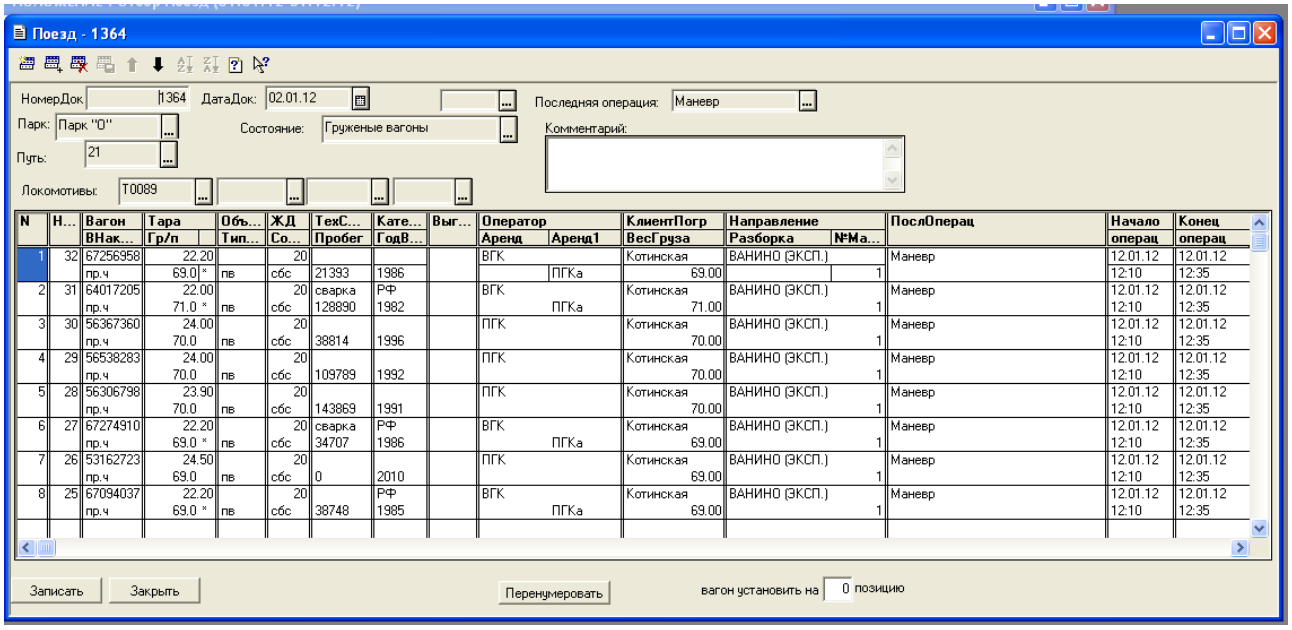


Рис. 2. Форма документа «Поезд»

Журнал «Локомотивы» - это положение локомотивов на путях и парках с указанием последней выполненной (или выполняющейся операции) на этом пути. Форма журнала «Локомотивы» приведена на рис. 3.

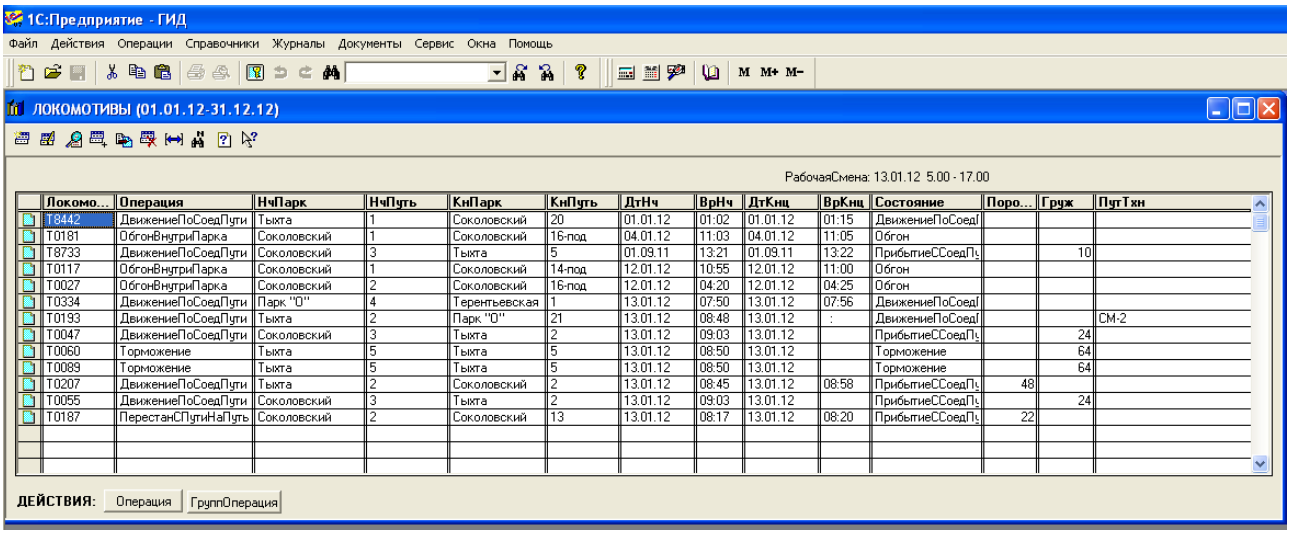


Рис. 3. Форма журнала «Локомотивы»

Графы журнала аналогичны графам журнала «Поезда».

Из журнала «Локомотивы» производятся операции над локомотивами, если в этой операции не участвуют вагоны.

Каждая строка журнала – это документ «Локомотив». Документ содержит информацию о последней операции, выполненной над данным локомотивом.

Форма документа «Локомотив» приведена на рис. 4.

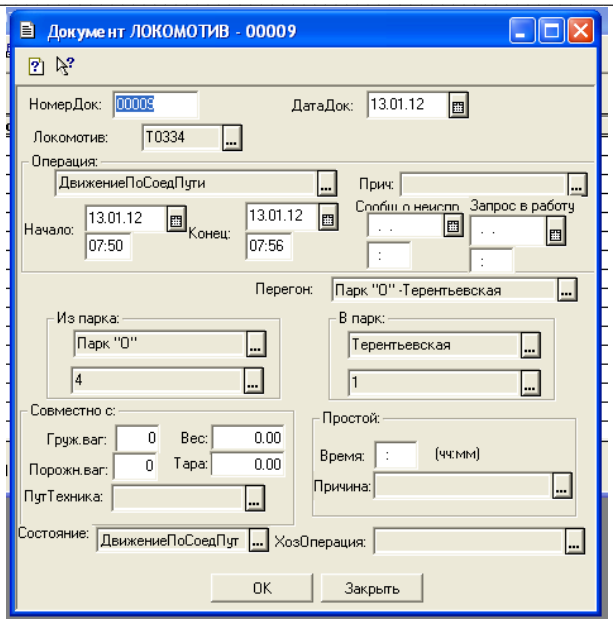


Рис. 4. Форма документа «Локомотив»

Журнал «Поезда снятые» хранит поезда, снятые и выданные на пути ОАО «РЖД». Вагоны в этих поездах прошли полный цикл технологических операций от зачисления до снятия и выдачи их на пути ОАО «РЖД». Форма журнала «Поезда снятые» приведена на рис. 5.

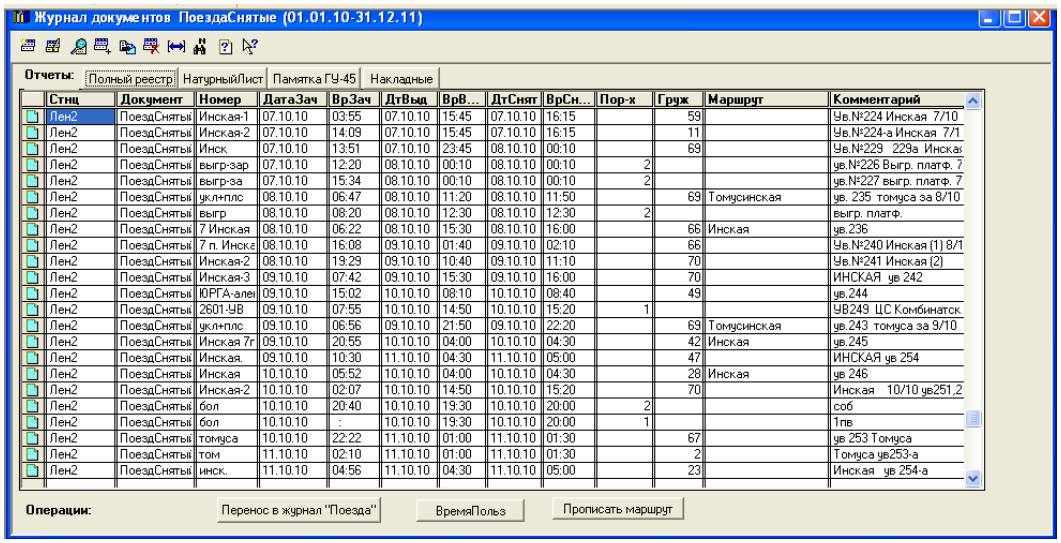


Рис. 5. Форма журнала «Поезда снятые»

Документы в журнале открываются только для просмотра. Если возникает необходимость корректировки, документ переносится в журнал «Поезда» посредством кнопки «Перенос в журнал «Поезда», и там корректируется.

Документ «Поезд снятый» аналогичен документу «Поезд».

Журналы «Операции» и «Операции Локомотив» содержат документы проведения операций над вагонами и локомотивами. Создаются программно при проведении операций. Используются при формировании отчетов.

4.3. Операции

Операции проводятся над документами-поездами с целью внесения данных о технологических операциях с вагонами и локомотивами, учета топлива, работы смен, загрузки данных из других приложений.

Ниже приведено краткое описание основных операций.

Создание нового поезда. Новый поезд создается в журнале «Поезда» кнопкой «ПринятьПорожняк». По этой кнопке закачивается порожний поезд из программы «Вагонооборот» в указанный парк на указанный путь.

Проведение технологических операций над вагонами и локомотивами. За проведения ВСЕХ операций над вагонами и локомотивами (совместно с вагонами) служит кнопка «ОПЕРАЦИЯ». По кнопке «ОПЕРАЦИЯ» открывается единая форма для проведения операций (рис.6).

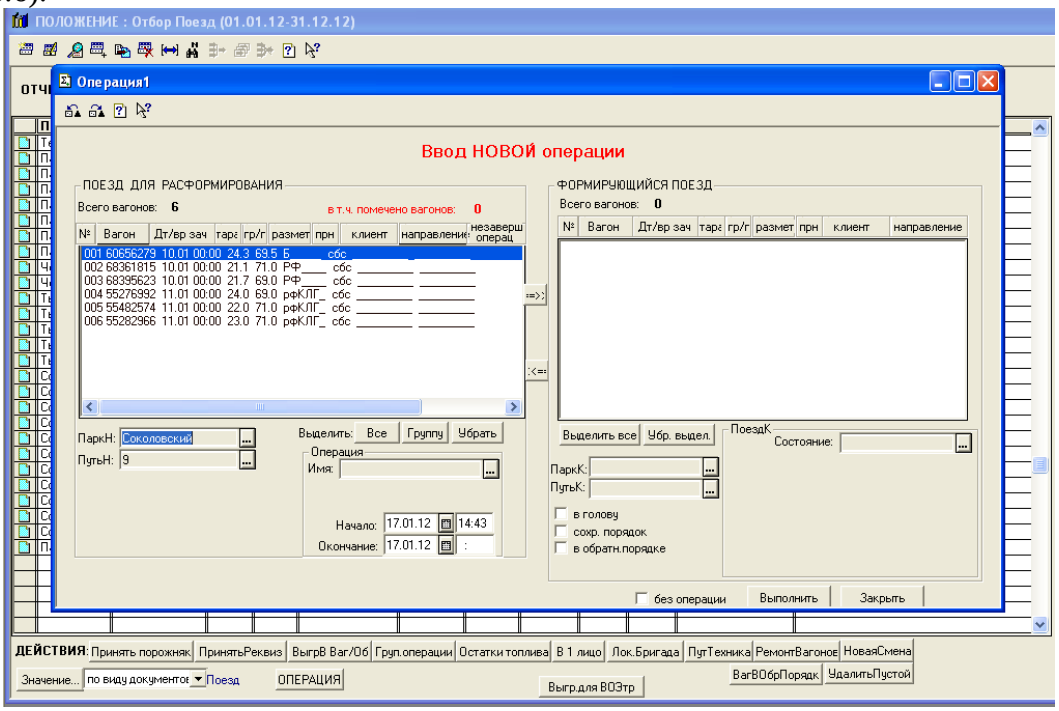


Рис. 6. Единая форма для проведения операций

Для **всех** операций вводятся начало и окончание операции, выбираются вагоны, над которыми эта операция проводится, путь или пути, где выполняется эта операция.

В момент выбора **операции** на форме открываются те или иные дополнительные поля, необходимые для ввода аналитики по конкретно выбранной операции.

4.4. ***Прочие операции.*** Программа позволяет проводить еще целый ряд операций, сопутствующих операциям эксплуатации вагонов и локомотивов. Это – учет топлива, работа в одно лицо, учет работы локомотивных бригад и диспетчерских смен, использование путевой техники, учет ремонта вагонов. Проведение этих операций вызывается одноименными кнопками из журнала «Поезда» (рис. 1).

4.5. ***Обмен данными с другими приложениями.*** Кнопки «Принять порожняк», «Принять реквизиты», «Выгр в Ваг/Об» служат для обмена данными с приложением «Вагонооборот» (рис. 1).

4.6. Отчеты. Отчеты вызываются посредством кнопок из группы «Отчеты». По ряду кнопок вызываются одноименные отчеты, другие кнопки объединяют группу родственных отчетов. Формы для выбора отчетов приведены на рис. 7.

Ниже приведено краткое описание наиболее часто формируемых отчетов.

Полный реестр информации о текущем состоянии вагонов поезда, отражает все введенные на данный момент значения полей по вагону (рис. 8).

Натурный лист формируется для выбранного поезда (рис. 9).

Положение на путях необщего пользования отражает состояние вагонов, локомотивов, путевой техники (рис. 10).

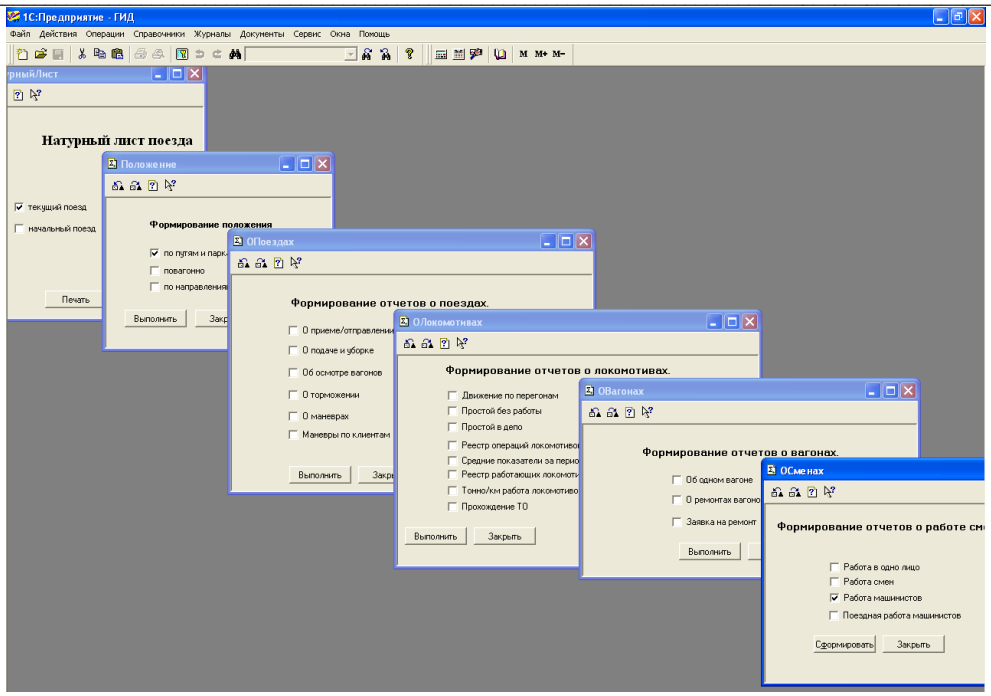


Рис.7. Формы для выбора отчетов

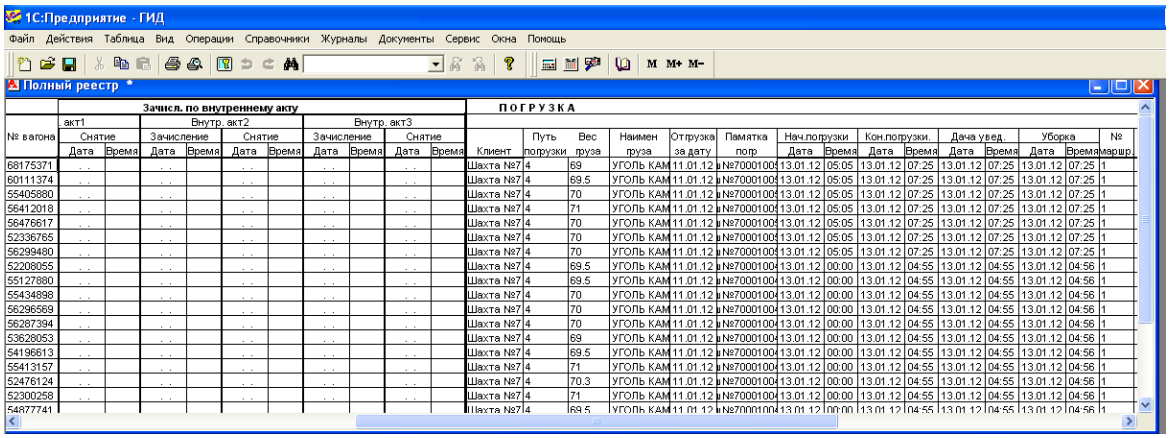


Рис. 8. Полный реестр

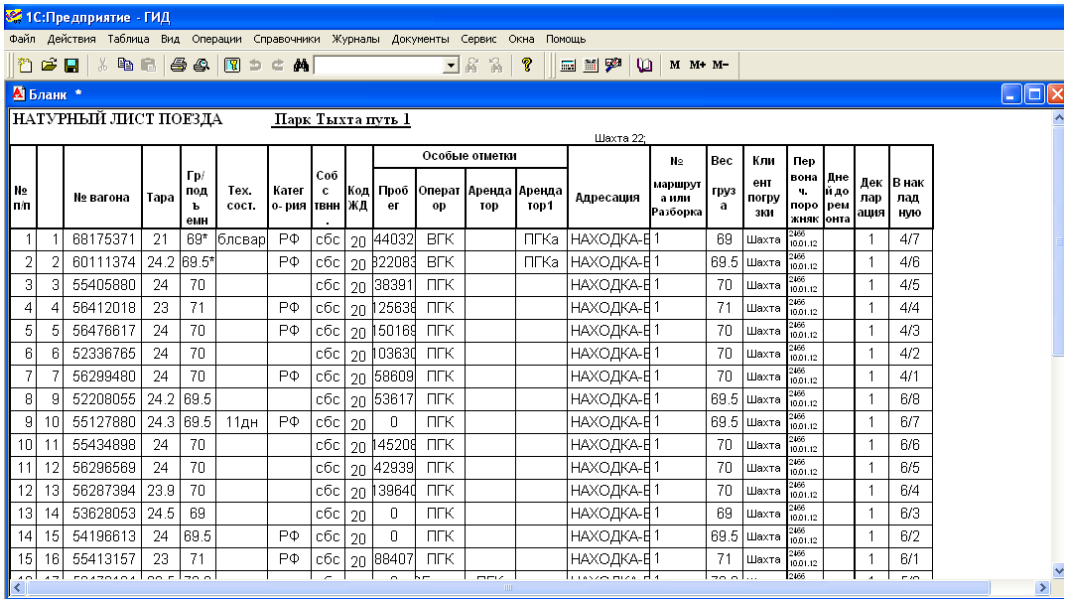
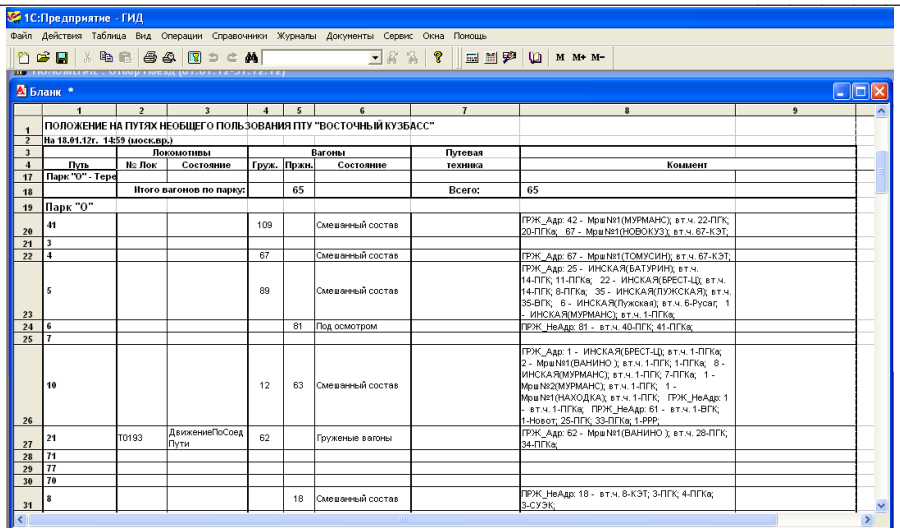


Рис. 9. Натурный лист



1С:Предприятие - ГИД

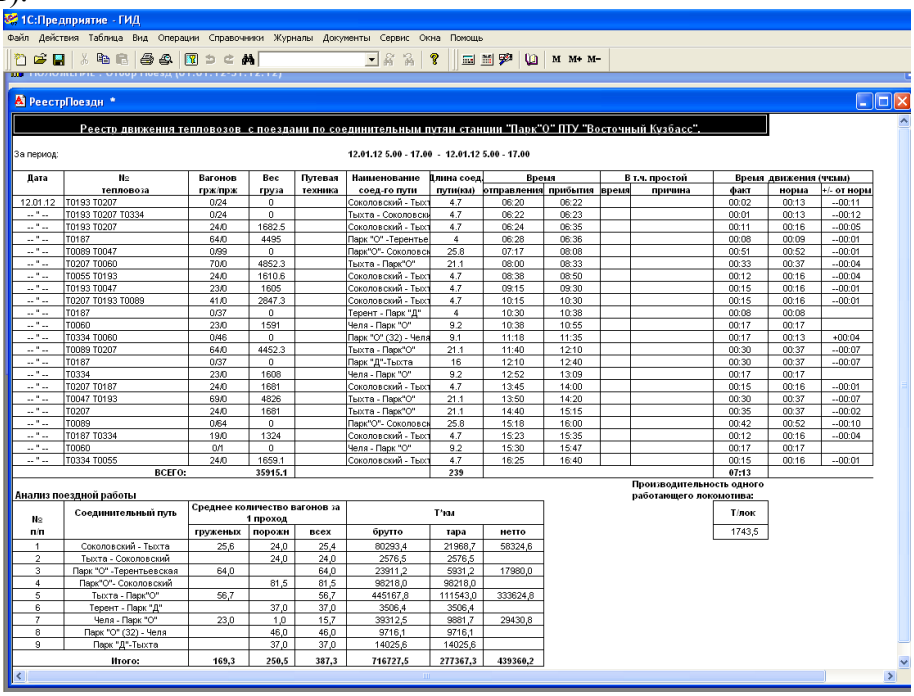
Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журналы Документы Сервис Окна Помощь

Бланк *

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ПОЛОЖЕНИЕ НА ПУТЯХ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ПТУ "ВОСТОЧНЫЙ КУЗБАСС"								
2	На 18.01.12г. 14:59 (моск.вр.)								
3		Локомотивы		Вагоны			Путевая		
4	Путь	№ Лок	Состояние	Груж.	Пржн.	Состояние	техника	Коммент	
17	Парк "О" - Тере								
18		Итого вагонов по парку:			65		Всего:	65	
19	Парк "О"								
20	41			109		Смешанный состав		ГРЖ_Адр: 42 - МршN1(МУРМАНС); вт.ч. 22-ПГК; 20-ПГК; 67 - МршN1(НОВОКУЗ); вт.ч. 67-КЭТ;	
21	3								
22	4			67		Смешанный состав		ГРЖ_Адр: 67 - МршN1(ТОМУСИН); вт.ч. 67-КЭТ;	
23	5			89		Смешанный состав		ГРЖ_Адр: 25 - ИНСКАЯ(БАТУРИН); вт.ч. 14-ПГК; 11-ПГКа; 22 - ИНСКАЯ(БРЕСТ-Ц); вт.ч. 14-ПГК; 8-ПГКа; 35 - ИНСКАЯ(ЛУЖСКАЯ); вт.ч. 35-ВГК; 6 - ИНСКАЯ(Лужская); вт.ч. 6-Русат; 1 - ИНСКАЯ(МУРМАНС); вт.ч. 1-ПГКа;	
24	6				81	Под осмотром		ПРЖ_НеАдр: 81 - вт.ч. 40-ПГК; 41-ПГКа;	
25	7								
26	10			12	63	Смешанный состав		ГРЖ_Адр: 1 - ИНСКАЯ(БРЕСТ-Ц); вт.ч. 1-ПГКа; 2 - МршN1(ВАНИНО); вт.ч. 1-ПГК; 1-ПГКа; 8 - ИНСКАЯ(МУРМАНС); вт.ч. 1-ПГК; 7-ПГКа; 1 - МршN2(МУРМАНС); вт.ч. 1-ПГК; 1 - МршN1(НАХОДКА); вт.ч. 1-ПГК; ГРЖ_НеАдр: 1 - вт.ч. 1-ПГКа; ПРЖ_НеАдр: 61 - вт.ч. 1-ВГК; 1-Новот; 25-ПГК; 33-ПГКа; 1-РРР;	
27	21	Т0193	ДвижениеПоСоед Пути	62		Груженые вагоны		ГРЖ_Адр: 62 - МршN1(ВАНИНО); вт.ч. 28-ПГК; 34-ПГКа;	
28	71								
29	77								
30	70								
31	8				18	Смешанный состав		ПРЖ_НеАдр: 18 - вт.ч. 8-КЭТ; 3-ПГК; 4-ПГКа; 3-СУЭК;	

Рис.10. Положение на путях необщего пользования

Анализ поездной работы содержит реестр движения тепловозов с поездами по перегонам (рис. 11).



1С:Предприятие - ГИД

Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журналы Документы Сервис Окна Помощь

РеестрПоездн *

Реестр движения тепловозов с поездами по соединительным путям станции "Парк"О" ПТУ "Восточный Кузбасс".

За период: 12.01.12 5.00 - 17.00 - 12.01.12 5.00 - 17.00

Дата	№ тепловоза	Вагонов груж/прж	Вес груза	Путевая техника	Наименование соед-го пути	Длина соед. пути(км)	Время отправления	Время прибытия	В т.ч. простой время	В т.ч. простой причина	Время движения (чч:мм) факт	норма	+/- от нормы
12.01.12	Т0193 Т0207	0/24	0		Соколовский - Тыхт	4.7	06:20	06:22			00:02	00:13	--00:11
-- " --	Т0193 Т0207 Т0334	0/24	0		Тыхта - Соколовски	4.7	06:22	06:23			00:01	00:13	--00:12
-- " --	Т0193 Т0207	24/0	1682.5		Соколовский - Тыхт	4.7	06:24	06:35			00:11	00:16	--00:05
-- " --	Т0187	64/0	4495		Парк "О" -Терентьев	4	06:28	06:36			00:08	00:09	--00:01
-- " --	Т0089 Т0047	0/69	0		Парк"О"- Соколовск	25.8	07:17	08:08			00:51	00:52	--00:01
-- " --	Т0207 Т0060	70/0	4852.3		Тыхта - Парк"О"	21.1	08:00	08:33			00:33	00:37	--00:04
-- " --	Т0055 Т0193	24/0	1610.6		Соколовский - Тыхт	4.7	08:38	08:50			00:12	00:16	--00:04
-- " --	Т0193 Т0047	23/0	1605		Соколовский - Тыхт	4.7	09:15	09:30			00:15	00:16	--00:01
-- " --	Т0207 Т0193 Т0089	41/0	2847.3		Соколовский - Тыхт	4.7	10:15	10:30			00:15	00:16	--00:01
-- " --	Т0187	0/37	0		Терент - Парк "Д"	4	10:30	10:38			00:08	00:08	
-- " --	Т0060	23/0	1591		Челя - Парк "О"	9.2	10:38	10:55			00:17	00:17	
-- " --	Т0334 Т0060	0/46	0		Парк "О" (32) - Челя	9.1	11:18	11:35			00:17	00:13	+00:04
-- " --	Т0089 Т0207	64/0	4452.3		Тыхта - Парк"О"	21.1	11:40	12:10			00:30	00:37	--00:07
-- " --	Т0187	0/37	0		Парк "Д"-Тыхта	16	12:10	12:40			00:30	00:37	--00:07
-- " --	Т0334	23/0	1608		Челя - Парк "О"	9.2	12:52	13:09			00:17	00:17	
-- " --	Т0207 Т0187	24/0	1681		Соколовский - Тыхт	4.7	13:45	14:00			00:15	00:16	--00:01
-- " --	Т0047 Т0193	69/0	4826		Тыхта - Парк"О"	21.1	13:50	14:20			00:30	00:37	--00:07
-- " --	Т0207	24/0	1681		Тыхта - Парк"О"	21.1	14:40	15:15			00:35	00:37	--00:02
-- " --	Т0089	0/64	0		Парк"О"- Соколовск	25.8	15:18	16:00			00:42	00:52	--00:10
-- " --	Т0187 Т0334	19/0	1324		Соколовский - Тыхт	4.7	15:23	15:35			00:12	00:16	--00:04
-- " --	Т0060	0/1	0		Челя - Парк "О"	9.2	15:30	15:47			00:17	00:17	
-- " --	Т0334 Т0055	24/0	1659.1		Соколовский - Тыхт	4.7	16:25	16:40			00:15	00:16	--00:01
	ВСЕГО:		35915.1			239					07:13		

Анализ поездной работы

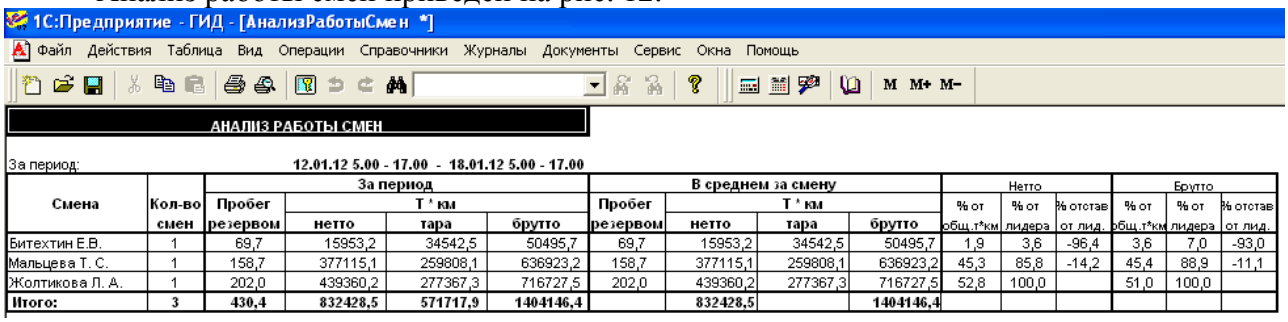
№ п/п	Соединительный путь	Среднее количество вагонов за 1 проход груженых	порожн	всех	Т*км брутто	тара	нетто
1	Соколовский - Тыхта	25,6	24,0	25,4	80233,4	21968,7	58324,6
2	Тыхта - Соколовский		24,0	24,0	2576,5	2576,5	
3	Парк"О" - Терентьевская	64,0		64,0	23911,2	5931,2	17980,0
4	Парк"О"- Соколовский		81,5	81,5	98218,0	98218,0	
5	Тыхта - Парк"О"	56,7		56,7	445167,8	111543,0	333624,8
6	Терент - Парк "Д"		37,0	37,0	3506,4	3506,4	
7	Челя - Парк "О"	23,0	1,0	15,7	9312,5	9881,7	29430,8
8	Парк "О" (32) - Челя		46,0	46,0	9716,1	9716,1	
9	Парк "Д"-Тыхта		37,0	37,0	14025,8	14025,8	
	Итого:	169,3	250,5	387,3	716727,5	277367,3	439360,2

Производительность одного работающего локомотива:

Т/лок
1743,5

Рис.11. Анализ поездной работы

Анализ работы смен приведен на рис. 12.



1С:Предприятие - ГИД - [АнализРаботыСмен *]

Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журналы Документы Сервис Окна Помощь

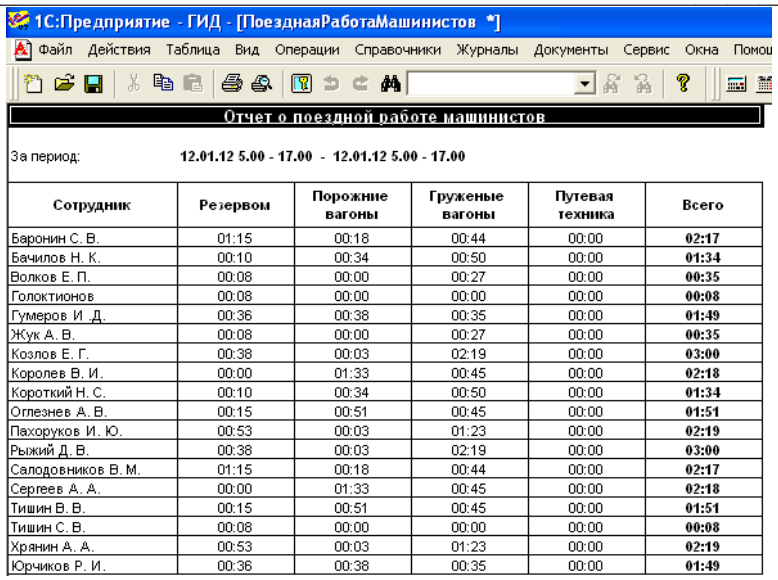
АНАЛИЗ РАБОТЫ СМЕН

За период: 12.01.12 5.00 - 17.00 - 18.01.12 5.00 - 17.00

Смена	Кол-во смен	За период Пробег резервом	Т*км нетто	Т*км тара	Т*км брутто	В среднем за смену Пробег резервом	Т*км нетто	Т*км тара	Т*км брутто	Нетто % от общ.т*км	Нетто % от лидера	Нетто % отстав от лид.	Брутто % от общ.т*км	Брутто % от лидера	Брутто % отстав от лид.
Битехтин Е.В.	1	69,7	15953,2	34542,5	50495,7	69,7	15953,2	34542,5	50495,7	1,9	3,6	-96,4	3,6	7,0	-93,0
Мальцева Т. С.	1	158,7	377115,1	259808,1	636923,2	158,7	377115,1	259808,1	636923,2	45,3	85,8	-14,2	45,4	88,9	-11,1
Жолтикова Л. А.	1	202,0	439360,2	277367,3	716727,5	202,0	439360,2	277367,3	716727,5	52,8	100,0		51,0	100,0	
Итого:	**3**	**430,4**	**832428,5**	**571717,9**	**1404146,4**		**832428,5**		**1404146,4**						

Рис. 12. Анализ работы смен

Отчет о поездной работе машинистов показан на рис. 13.



1С:Предприятие - ГИД - [ПоезднаяРаботаМашинистов *]

Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журналы Документы Сервис Окна Помощ

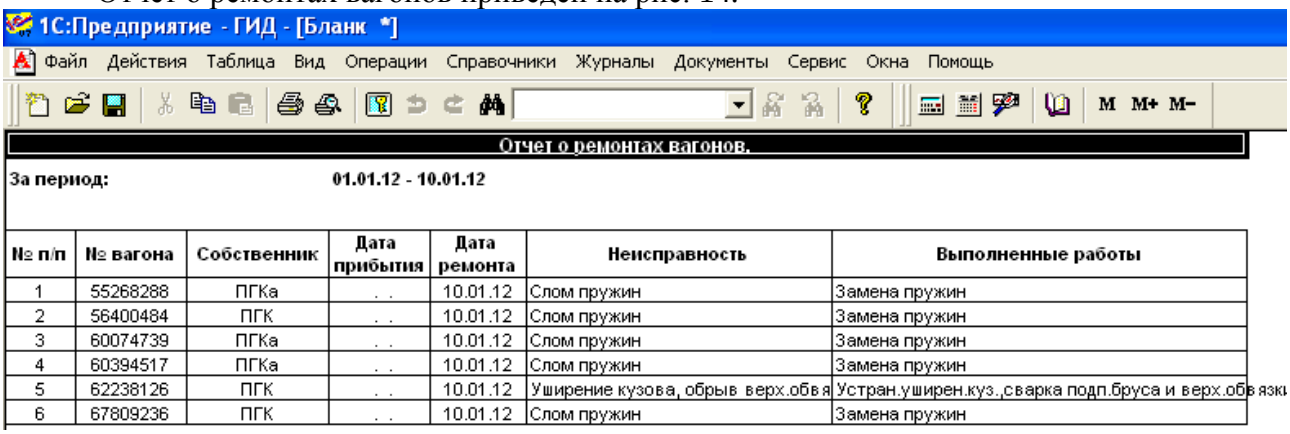
Отчет о поездной работе машинистов

За период: 12.01.12 5.00 - 17.00 - 12.01.12 5.00 - 17.00

Сотрудник	Резервом	Порожние вагоны	Груженые вагоны	Путевая техника	Всего
Баронин С. В.	01:15	00:18	00:44	00:00	**02:17**
Бачилов Н. К.	00:10	00:34	00:50	00:00	**01:34**
Волков Е. П.	00:08	00:00	00:27	00:00	**00:35**
Голоктионов	00:08	00:00	00:00	00:00	**00:08**
Гумеров И .Д.	00:36	00:38	00:35	00:00	**01:49**
Жук А. В.	00:08	00:00	00:27	00:00	**00:35**
Козлов Е. Г.	00:38	00:03	02:19	00:00	**03:00**
Королев В. И.	00:00	01:33	00:45	00:00	**02:18**
Короткий Н. С.	00:10	00:34	00:50	00:00	**01:34**
Оглезнев А. В.	00:15	00:51	00:45	00:00	**01:51**
Пахоруков И. Ю.	00:53	00:03	01:23	00:00	**02:19**
Рыжий Д. В.	00:38	00:03	02:19	00:00	**03:00**
Салодовников В. М.	01:15	00:18	00:44	00:00	**02:17**
Сергеев А. А.	00:00	01:33	00:45	00:00	**02:18**
Тишин В. В.	00:15	00:51	00:45	00:00	**01:51**
Тишин С. В.	00:08	00:00	00:00	00:00	**00:08**
Хрянин А. А.	00:53	00:03	01:23	00:00	**02:19**
Юрчиков Р. И.	00:36	00:38	00:35	00:00	**01:49**

Рис. 13. Отчет о работе машинистов

Отчет о ремонтах вагонов приведен на рис. 14.



1С:Предприятие - ГИД - [Бланк *]

Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журналы Документы Сервис Окна Помощь

Отчет о ремонтах вагонов.

За период: 01.01.12 - 10.01.12

№ п/п	№ вагона	Собственник	Дата прибытия	Дата ремонта	Неисправность	Выполненные работы
1	55268288	ПГКа	. .	10.01.12	Слом пружин	Замена пружин
2	56400484	ПГК	. .	10.01.12	Слом пружин	Замена пружин
3	60074739	ПГКа	. .	10.01.12	Слом пружин	Замена пружин
4	60394517	ПГКа	. .	10.01.12	Слом пружин	Замена пружин
5	62238126	ПГК	. .	10.01.12	Уширение кузова, обрыв верх.обв я	Устран.уширен.куз.,сварка подп.бруса и верх.обв язки
6	67809236	ПГК	. .	10.01.12	Слом пружин	Замена пружин

Рис. 14. Отчет о ремонтах вагонов

Отчет о расходе топлива приведен на рис. 15.

1С:Предприятие - ГИД - [Бланк *]

Файл Действия Таблица Вид Операции Справочники Журнал

РАСХОД ТОПЛИВА

С начала месяца по 10.01.12 Смена: 5.00 - 17.00

Локомотив	Остаток на начало месяца	Заправка при экипировке	Остаток на конец текущей смены	Расход с начала месяца
T0027	4750	8300	3000	10050
T0047	4750	5500	3150	7100
T0055	6000	1800	4250	3550
T0060	5000	7500	3200	9300
T0085	5568	0	5568	0
T0089	4000	9300	6100	7200
T0117	2750	0	2750	0
T0181	4300	4500	5450	3350
T0187	4300	8000	3250	9050
T0193	5500	1800	4000	3300
T0207	4600	7500	5850	6250
T0273	4800	0	4800	0
T0334	4100	7000	2700	8400
T8442	3750	0	3750	0
T8733	3050	0	3050	0
Итого:	**67218**	**61200**	**60868**	**67550**

Рис. 15. – Отчет о расходе топлива

5. Модернизация и развитие программы

За время эксплуатации программы в ее конфигурацию, алгоритм, интерфейс пользователя было внесено достаточно много обновлений, связанных с изменением технологических процессов, необходимостью формирования новых документов, потребностью углубленного анализа работы предприятия. В настоящее время ведутся наработки с целью получения графика исполненного движения в графическом варианте.

Список литературы

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011617528. Комплекс программно-целевого иммитационного моделирования траекторий транспортных потоков/ Ю.Д. Приступа, И.Л. Сударева, ОАО «СУЭК-Кузбасс». – Дата регистр. 28.09.2011.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011620688. База данных комплекса программно-целевого иммитационного моделирования траекторий транспортных потоков/ Ю.Д. Приступа, И.Л. Сударева, ОАО «СУЭК-Кузбасс». – Дата регистр. 28.07.2011.

УДК 621.31

РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

1Лапин С.Э., [1]Кокорев А.Н., [1]Бих В.В., [2]Пугачев Е.В.

1 - НПП «Ингортех», г. Новокузнецк

2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Промышленная безопасность в последнее время является одной из наиболее актуальных тем в угольной промышленности. Авария на шахте «Распадская» послужила мощным толчком к усилению надзора и контроля в этой отрасли. Результаты расследования если не явились первопричиной, то внесли значительный вклад в появление новой редакции пункта 41 Правил Безопасности, а также «Инструкции по дегазации угольных шахт» и «Положения об аэрогазовом контроле в угольных шахтах».

В результате все шахты должны оборудоваться многофункциональной системой безопасности, в состав которой входят отдельные подсистемы, как существовавшие ранее в качестве обособленных:

- подсистема аэрогазового контроля и аэрогазовой защиты;
- подсистема аварийного оповещения;
- подсистема оперативного наблюдения и определения местоположения персонала;
- подсистема поиска и обнаружения людей, застигнутых аварией,

так и не имеющие в настоящее время готовых технических решений:

- подсистема контроля пылевых отложений и управления пылеподавлением;
- подсистема контроля состояния горного массива, контроль и прогноз внезапных выбросов угля (породы) и газа, горных ударов.

Также в состав многофункциональной системы могут входить системы автоматизации отдельных технологических процессов.

Задачей многофункциональной системы безопасности является организационное взаимодействие между пользователями всех этих отдельных подсистем в нормальной и аварийной ситуации с целью недопущения или минимизации негативных последствий при возникновении аварий.

Расширился и список функций, возлагаемых на систему аэрогазового контроля. Наряду с контролем метана добавились функции контроля содержания пыли и расхода воздуха, прогнозирование эндогенных и экзогенных пожаров, управление и контроль работой устано-

вок поддержания безопасной аэрологической обстановки, дегазационных и газоотсасывающих установок.

Указанные задачи решаются на базе различных систем производства компании «Информационные горные технологии». Многофункциональная система Микон III с входящей в ее состав системой передачи СПИН обеспечивает требуемое в нормативной документации быстродействие, актуальность отображения информации, метрологическое обеспечение всех уровней от первичных преобразователей, цифровых линий связи до программного обеспечения наземно-вычислительного комплекса с защитой от несанкционированного доступа на всех уровнях передачи данных.

Система контроля эффективности работы дегазационных и газоотсасывающих систем КРУГ предназначена для непрерывного мониторинга транспортируемой метано-воздушной смеси и сопутствующих этому технологических параметров оборудования, реализации функций технологической защиты. Собираемая информация передается в систему АГК шахты для ее последующей обработки с целью анализа эффективности проводимой дегазации и безопасности транспортировки газа.

Автоматизация технологических процессов (конвейерный транспорт, забойные механизмы, водоотливные установки, системы видеонаблюдения) реализуется на базе системы ELSAP-05 имеющей модульную, распределенную структуру и позволяет повысить оперативность диспетчерского управления этими процессами, что в конечном итоге приводит к снижению количества нарушений техники безопасности на рабочем месте и как следствие – снижению травматизма.

В рамках проектов «Единая диспетчерская система» было разработано программное обеспечение для организации передачи данных систем АГК отдельных шахт в диспетчерский пункт объединения (СДС-Уголь, СУЭК-Кузбасс).

Помимо этих систем, уже зарекомендовавших себя на шахтах России и Кузбасса, компания «Информационные горные технологии» непрерывно занимается исследованиями, разработкой и тестированием новых систем, в частности Микон-Гео – система контроля и прогноза внезапных выбросов угля и горных ударов. Данное оборудование с успехом применялось при проходке тоннелей в Краснодарском крае для определения включений воды и суфляров. Промышленные испытания прошли на шахте объединения «Ростовуголь». В настоящее время ведутся работы по обеспечении искробезопасности, сертификации и получения разрешения на применение в шахтах, опасных по газу и пыли.

Наряду с разработкой и внедрением данных систем компания «Информационные горные технологии» активно участвует в проектировании многофункциональных систем безопасности на шахтах Кузбасса и России.

Такой комплексный подход к реализации задач промышленной безопасности позволяет компании «Информационные горные технологии» не только оперативно реагировать на требования, предъявляемые к шахтным информационно-управляющим системам, но и задавать тенденции, развивать новые направления в этой области.

УДК 620.9(075.8)

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПРИ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Пугачев Е.В., Елина М.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Проектирование систем электроснабжения помещений, зданий и сооружений содержит ряд последовательных операций, связанных с расчетами и выбором комплектующих изделий.

Набор операций строго определен нормативными документами и указаниями. Зачастую это представляет собой последовательность однотипных расчетов, результаты которых зависят от размеров помещений, зданий, сооружений, материалов, соединительных проводов и кабелей, параметров источников электроснабжения и потребителей и прочего.

Расчеты можно значительно упростить, а время проектирования сократить, путем применения программных модулей с набором расчетных формул, справочно-технической документации, баз данных изделий и оборудования, удобного входного и выходного интерфейсов.

В этом направлении работают как крупные разработчики программного обеспечения для рынка САПР (например, кампания CSoft Development (www.consistent.ru), так и индивидуальные группы программистов и отдельные создатели программных продуктов. Особенно следует выделить студенческие разработки, отличающиеся простотой и удобством выполнения проектных и расчетных работ, связанных с проектированием систем электроснабжения.

Создание программных продуктов в сфере проектирования систем электроснабжения как промышленных, так и гражданских объектов ведутся в двух направлениях:

− применение прикладных программных продуктов для использования на индивидуальных компьютерах (возможно и в сетевом режиме);

− в режиме онлайн-расчетов с использованием интернет технологий.

В настоящее время в проектных организациях применяются программные модули, выполненные на платформе AutoCAD и входящие в систему автоматизированного проектирования (САПР**)** энергетических объектов, эти модули позволяют решать задачи профессионального уровня проектирования различной сложности, но доступны только для подготовленных пользователей.

Отличительной особенностью подобных САПР является разработка конфигурации схемы распределительной сети, включая расчетные нагрузки элементов; потери напряжения в нормальных режимах при пусках и самозапусках; уровни токов короткого замыкания и проверки чувствительности защитных аппаратов. Кроме того, выбор основного оборудования сети осуществляется с учетом его конструктивного исполнения с учетом задач, сформулированных при проектировании технологического процесса для условий принятой схемы распределительной сети.

При проектировании энергетических объектов трассировка контрольных кабелей и кабелей связи выполняются проекты систем пожарной безопасности, охранной сигнализации и т.д.

Отличительной особенностью подобных САПР является законченность проекта с выводом необходимой технической документации, включая чертежи (двухмерные или трехмерные), возможность создания и подключения неограниченного набора программных модулей, возможность использования больших баз данных (БД) изделий и оборудования, развитые интерфейс и выходные модули.

С другой стороны, для использования профессиональных программных продуктов необходимы определенные навыки и знания, что не всегда доступно простому пользователю.

Кроме того, каждая программа САПР требует специальной предварительной подготовки БД изделий, адаптированной под данную программу (набор технической и графической информации). Подготовка и обновление таких БД также требует больших временны*х* затрат. Крупные зарубежные фирмы имеют свои САПР, ориентированные на свои изделия и оборудование.

Следует выделить ряд известных разработчиков и пакетов САПР, применяемых для электроснабжения промышленных и бытовых объектов.

CSoft Development (http://www.csoft.ru) является ведущим разработчиком программного обеспечения для рынка САПР в области машиностроения, промышленного и гражданского строительства, архитектурного проектирования, землеустройства и ГИС, электронного

документооборота, обработки сканированных чертежей, векторизации и гибридного редактирования.

ElectriCS ADT. Продукт ElectriCS ADT предназначена для автоматизированного проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий и других организаций.

Программный пакет ElectriCS 3D предназначен для автоматизированной (интерактивной) трассировки кабельных сетей различного назначения. ElectriCS Light**.** Система ElectriCS Light предназначена для светотехнических расчетов осветительных установок промышленных предприятий.

Система ElectriCS Storm предназначена для автоматизированного проектирования молниезащиты и заземления зданий и сооружений.

Программный продукт «EnergyCS Электрика» предназначен для выполнения электротехнических расчетов при проектировании и эксплуатации распределительных сетей низкого и среднего напряжения.

Программный продукт EnergyCS обеспечивает расчеты электроэнергетических систем любой сложности; автоматическое проектирование механической части воздушных линий электропередач (ВЛ), волоконнооптических линий связи (ВОЛС), подвешиваемых на опорах ВЛ, а также гибких ошиновок открытых распределительных устройств (ОРУ) электрических станций и подстанций.

Для решения этих задач соответственно предназначены модули EnergyCS UR, EnergyCS TKZ и EnergyCS Potery. Они являются самостоятельными программами и могут работать независимо, но используют одну и ту же расчетную модель сети. Дополнительная информация, необходимая для каждого из модулей, сохраняется в модели, однако никак не влияет на работу с этими данными других модулей. В основу работы всех модулей положены единый интерфейс и базовый расчет установившихся режимов.

Программа «Project StudioCS Электрика» создана для автоматизации проектирования системы электроснабжения (СЭС) объектов гражданского и промышленного строительства в строгом соответствии с действующими стандартами.

Project StudioCS СКС - предназначена для автоматизированного проектирования структурированных кабельных систем (СКС) зданий в среде AutoCAD**.**

Приложение SchematiCS работает на платформе AutoCAD, применяется для автоматизации создания принципиальной схемы любой сложности и формирования ее структурной модели.

Программный комплекс «Model Studio CS Открытые распределительные» устройства является первым продуктом серии Model Studio CS. Комплекс предназначен для разработки компоновочных решений в трехмерном пространстве открытых распределительных устройств, выполнения расчетов гибкой ошиновки, выпуска проектной и рабочей документации (чертежей, спецификаций и т.д.).

AutoCAD Electrical — для проектирования электрических систем управления, являющийся важной частью технологии цифровых прототипов Autodesk и позволяющий работать быстро, качественно и со значительно меньшими затратами в знакомой среде проектирования. Специализированные функции и обширные библиотеки условных обозначений позволяют повысить производительность, устранить риск возникновения ошибок и обеспечить точность информации, передаваемой в производство.

Функциональные возможности AutoCAD Electrical позволяют автоматизировать электротехническое проектирование и повысить эффективность выпуска технической документации, обеспечивая проектировщикам конкурентные преимущества.

Приложение для проектирования электрических систем управления AutoCAD Electrical упрощает выполнение проектов по государственным стандартам. AutoCAD Electrical поддерживает международные стандарты оформления документации и содержит обширные библиотеки стандартных компонентов и условных обозначений.

GeoniCS СЕТИ позволяет проектировать внешние инженерные сети и оформлять необходимые выходные документы. Сети представляются в виде специального трехмерного объекта, имеющего соответствующий внешний вид и поведение. Программа позволяет использовать данные о существующем и проектном рельефе, топознаки существующих сетей. Обеспечивает полный набор операций создания и редактирования сетей и их элементов, служебных функций, оформление стандартного набора выходных документов (сводный план инженерных сетей, продольные профили, деталировку колодцев, таблицы колодцев и спецификации оборудования).

− «Кад Групп» предлагает программные модули для инженерных коммуникаций (http://cadgroup.ru). В их состав входят:

− ElectriCA - программный комплекс предназначен для автоматизации выполнения работ на этапах проектирования и эксплуатации распределительных сетей низкого и среднего напряжения.

− ElectriCS - САПР предназначен для проектирования электрооборудования, используемого в различных отраслях промышленности: в авиастроении, общем и транспортном машиностроении, станко и приборостроении.

− ElectriCS 3D - мощная система для автоматизированной раскладки кабелей на промышленных и других предприятиях. Разработка и развитие системы ElectriCS 3D осуществляются при участии специалистов высокого уровня. Уникальные технологии ElectriCS 3D обеспечивают интеллектуальность самой системы и высочайшее качество выходных документов.

− ElectriCS ADT - программный комплекс для проектирования систем электроснабжения промышленных объектов любой размерности: от небольших предприятий до крупных заводов, месторождений и т.д.

− ElectriCS Light - программный продукт для автоматизации выполнения светотехнических расчетов при проектировании осветительных установок промышленных и гражданских строительных объектов и территорий.

− ElectriCS Storm - программный продукт для автоматизированного проектирования конструкций молниезащиты, а также для расчетов устройств заземления зданий и сооружений.

− Energy CS - программный комплекс предназначен для выполнения расчетов электрических систем.

− «Project StudioCS Электрика» - САПР для автоматизации проектирования системы электроснабжения (СЭС) строительных объектов различного назначения.

Программный комплекс ElectriCA позволяет проводить электротехнические расчеты и анализ режимов работы сложноразветвленных разомкнутых трехфазных электрических сетей с нулевым проводом или без него (одно и двухфазные сети рассматриваются как частные случаи трехфазной четырехпроводной сети), обеспечивает оперативный расчет при изменении состояний коммутационных аппаратов, позволяет анализировать последствия оперативных переключений и одновременно выполняет расчет для множества режимов сети, определяемых состоянием коммутационных аппаратов, производит автоматический выбор оборудования по результатам анализа одного или множества возможных режимов, позволяет использовать различные способы расцветки информации (по классам напряжения, по связанности с источниками питания, по величине отклонений напряжений, по степени загрузки оборудования), может легко интегрироваться в САПР с любым графическим ядром, оставаясь независимой программой со встроенным графическим редактором и собственной базой данных.

Может применяться при проектировании распределительных сетей промпредприятий, систем собственных нужд электрических станций, при разработке технических условий на подключение новых потребителей к существующим источникам питания, для оперативного контроля и анализа возможных режимов существующих электрических сетей переменного

тока, для проверки установленного в сети оборудования по допустимой перегрузке, по условиям коротких замыканий и селективности срабатывания защитных аппаратов.

Программный комплекс «ЭЛЕКТРА» **(**http://www.rflira.ru**)** в автоматизированном режиме выполняет следующие разделы электротехнической части проекта: электроосвещение, расчет нагрузок, электросиловое оборудование с выдачей монтажных таблиц.

Программный комплекс состоит из следующих подсистем:

− «ЭПОС» - система автоматизированного проектирования распределительных и питающих сетей силового электрооборудования.

− «КАРМЭН» (комплексный автоматизированный расчет мощностей электрических нагрузок) - подсистема для расчета электрических нагрузок.

− «КАРМЭНМ» - программа предназначена для расчета нагрузок многоэтажного здания.

− «ПРОМИНЬ» - подсистема системы автоматизированного проектирования для светотехнических расчетов.

− «КАДЕТ» представляет собой прикладную систему, использующую AutoCAD в качестве базового графического ядра.

«Русская промышленная компания» (www.cad.ru), группа инжиниринговых компаний «Антрел» (http://www.antrel.ru), «АСКОН», система «Компас» (http://www.ascon.ru) и ряд других организаций предлагают программные модули для автоматизации работ при проектировании электроснабжения объектов на напряжение 0,4 кВ.

Для массовых пользователей, не имеющих навыков работы со сложными программными продуктами и системами, рекомендуется использование простых прикладных программ, которые можно применять для локальных задач проектирования небольших объектов электроснабжения бытовых и общественных зданий. Кроме того, с помощью этих программ можно осуществлять проверку и экспертизу проектов.

Одним из ярких примеров подобных прикладных программ является программа «Электрик» позволяющая:

− рассчитать мощность по 1ф/3ф току;

− рассчитать ток по 1ф/3ф мощности;

− по заданному сечению и условиям прокладки определить ток и мощность;

− рассчитать потери напряжения;

− рассчитать токи короткого замыкания;

− определить диаметр провода, кабеля, шнура и спецкабеля;

− определить сечение провода, кабеля, шнура и спецкабеля;

− проверить выбранное сечение на нагрев, экономическую плотность тока, потери напряжения, корону;

− выбрать сечение провода, кабеля, шнура и спецкабеля при определенной прокладке и потерю напряжения для проводников до 1000 В при определенной длине;

− определить ток плавки материала проводника;

− определить сопротивление;

− определить нагрев;

− определить энергию электрической цепи;

− определить количество теплоты, выделяющейся в цепи (работа);

− рассчитать заземление как одиночного, так и контура;

− рассчитать промерзание грунта для работ по заземлению и прокладке кабелей;

− выбрать автоматы защиты;

− произвести расчет работ и выбор оборудования, связанных с электрификацией, и другое.

Набор модулей в целом достаточен для выполнения проектных операций при разработке системы электроснабжения помещений. Можно выполнить ряд контрольных проверок,

подготовить отчет операций. К недостаткам программы можно отнести ограниченность предложенных схем применения при различных системах заземления.

Кроме того, набор справочных данных весьма ограничен и статичен. Не учитываются текущие изменения номенклатуры изделий на реальном рынке электротехники. Отсутствуют сведения о производителях, поставщиках и ценах. Все это приводит к необходимости дополнительных проверок при формировании сметы проекта.

Из расчетных модулей слабым звеном является расчет тока короткого замыкания в цепи. Предложенная модель весьма упрощенна, не учитывает параметры энергосистемы, питающей трансформатор. Тем не менее, это одна из наиболее доступных, в настоящий момент, программ расчета для электриков и проектировщиков.

Большой вклад в программное обеспечение расчета параметров энергосистемы вносят студенты, размещая свои проекты (для курсовых и дипломных работ) на сайтах в Интернете. Так, на Twirpx.com размещен набор программ, ряд которых представляют безусловный интерес. И хотя программы разрозненные, можно просто и удобно рассчитать элементы схемы электроснабжения.

Интересна полнофункциональная программа «Аврал 2.1». Программа которая предназначена для автоматизированного расчета однофазного короткого замыкания в сети электроснабжения с глухозаземленной нейтралью номинальным напряжением ~380/220 В.

Расчет выполняется в соответствии с требованиями Госэнергонадзора. В программе заложены сопротивления наиболее распространенных силовых трансформаторов марки ТМ номинальной мощностью 25...1000 кВА. Схему соединения обмоток трансформатора можно выбирать: «звезда/звезда-ноль», «треугольник/звезда-ноль», «звезда/зигзаг-ноль». Электрические сети могут быть выполнены воздушными и/или кабельными, алюминиевыми или медными, с параллельной прокладкой и без нее. Сечения применяемых медных проводников равны 1,5...240 мм^2, алюминиевых - 2,5...240 мм^2.

Программа позволяет учитывать уменьшение тока однофазного короткого замыкания введением в расчет сопротивления электрической дуги и переходного сопротивления контактов.

Программа предназначена для специалистов по проектированию сетей и систем электроснабжения жилых, общественных и производственных зданий. Интерфейс программы понятен и прост, не нуждается в особенных объяснениях. В программе присутствует система подсказок и контроля ввода данных:

− при неправильном или ошибочном вводе выдается сообщение об ошибке;

− при наведении курсора на поле ввода данных в строке состояния появляется поясняющая надпись.

Перспективным, следует признать использование расчетных программ в онлайновом режиме, непосредственно в Интернете.

«ОНЛАЙНЭЛЕКТРИК» - система электротехнических расчетов (Electro.dipshop.ru) - для решения именно таких задач, возникающих при проектировании систем электроснабжения.

При этом не нужно приобретать, скачивать и устанавливать прикладные программы на своем компьютере, отсутствует необходимость отслеживания и постоянного обновления версий программного обеспечения, используются справочные материалы непосредственно с интернет сайтов, есть возможность подключения к системе из любой точки планеты, осуществляется экспорт результатов расчетов в файлы известных форматов.

Выводы

Сектор программного обеспечения на рынке проектирования систем электроснабжения общественных и бытовых объектов достаточно заполнен. В нем преобладают программные модули САПР, которые используются в крупных проектных организациях и ориентированы на узкий круг потребителей. Кроме того, подобные системы работают с определенным набором БД изделий и оборудования, определенных производителей. И хотя возможности

таких систем практически не ограниченные, исходные справочники (БД) имеют низкую степень обновляемости, особенно в ценовом отношении.

В последнее время стали популярными простые прикладные программы, ориентированные на решения локальных задач, в частности в системах электроснабжения общественных и бытовых зданий. Такие программы не требуют AutoCAD, мощных компьютеров и удобны в работе даже для решения относительно сложных электротехнических задач. Кроме того, они мобильны, легко обновляемы, могут работать с различным набором справочной информации (БД), однако, их необходимо устанавливать на компьютерах и отслеживать обновления.

Для определенного набора задач весьма эффективны, онлайн-расчеты.

Так, для оперативной проверки результатов проектирования непосредственно на объекте, имея доступ в Интернет, можно выполнить тот или иной расчет, подобрать альтернативное изделие, оценить его стоимостные показатели, условия поставки и т.п..

В настоящее время остро стоит вопрос с альтернативным выбором изделий, отвечающих заданным технико-экономическим показателям.

Основная задача, связанная с программным комплексом в области проектирования систем электроснабжения, лежит в плоскости справочно-информационной поддержки: наличие постоянно обновляемых БД с расширенными информационными данными и возможностями.

Другим направлением, требующим особого внимания, является постоянное обучение пользователей, контроль и проверка их знаний. таким образом достигается осмысленное использование того или иного программного продукта, уменьшается число ошибок, повышается качество выполненного расчета или проекта.

УДК 622.6

СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО НАТУРНО-МОДЕЛЬНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В ЗАБОЕ

Пугачев Е.В., Равнюшкин Е.А.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Создание обучающего натурно-модельного стенда на базе системы автоматизации очистных работ в забое является актуальной задачей на данный момент. С помощью этого стенда у студентов появится возможность ближе познакомиться с современным горношахтным оборудованием, детально изучить его функции, научиться применять его в действии. Данный стенд уже используется компанией Bucyrus. В качестве основы использовано оборудование автоматизации горных работ именно этой фирмы, поэтому созданный стенд к тому же является хорошей демонстрацией работы системы на различных выставках горношахтного оборудования, при проведении ознакомительных экскурсий и презентаций.

Система автоматизации очистных работ PMC в лаве состоит из следующих функциональных блоков:

- PMC-R – система для автоматизированного управления секциями механизированной крепи;
- иистема управления приводом PMC. Для создания этой системы имеется три базовых прибора:

− PMC-V– служит блоком индикации и управления для всех систем управления;
− PMC-G – межсетевой интерфейс, служит для коммуникации с внешними системами;
− PMC-D – выполняет специальные задачи управления.

В задачу данной работы входит создание натурно-модельного стенда на базе системы PMC-R, блоки которой объединенные в сеть, обеспечивают электрогидравлическое управ-

ление секциями механизированной крепи. Это способствует полной автоматизации работы очистного забоя.

Как правило, в системе РМС контроллер РМС-R устанавливается на каждой секции механизированной крепи. Далее, каждый блок объединяется в единую сеть. Для связи контроллеров между собой используется распространенный промышленный протокол RS-485. Все блоки соединяются экранированной витой парой, защищенной от внешних физических воздействий стальной броней. Особенностью построения сети на этих контроллерах является тот факт, что в ней нет ведущих и ведомых устройств, каждый блок равноправен и взаимозаменяем. То есть, выход из строя одного блока не мешает функционированию всей системы в целом. Стоит заметить, что при построении таких систем часто используется блок с функциональностью так называемого «сервера», но в его задачи входит только сбор информации, для последующей отправки ее в диспетчерский центр.

Данный подход в построении сети обладает следующими преимуществами:

− легкость в обнаружении неисправностей;

− повышение отказоустойчивости системы;

− повышение безопасности труда.

Все блоки рассматриваемой системы являются идентичными и универсальными. Один и тот же РМС-R может выполнять различные функции: сервер, нумератор, управляющий блок (рис. 1). Причем смена назначения не требует никаких дополнительных действий и вмешательств.

Рис.1. Управляющий блок РМС-R

Ввод команд осуществляется посредством тридцати клавиш, расположенных на передней панели устройства. Также на этой панели есть большие грибообразные переключатели. Красный – аварийный стоп всей системы, черный – запрет выполнения любых функций на текущей механизированной крепи. Кроме того, на панели есть двухстрочный дисплей, отображающий, в зависимости от выбранного режима, показания датчиков, пункты меню и др.

Для управления используется следующее оборудование (рис 2):

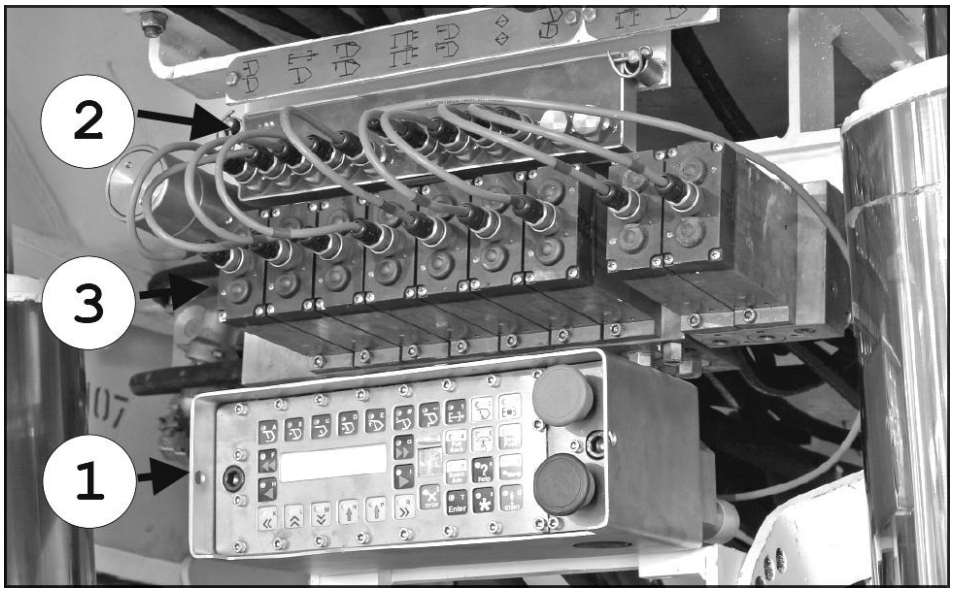
− блок РМС-R;

− управляющая рейка;

− блок электрогидравлических клапанов.

Алгоритм функционирования системы состоит в следующем. Блок РМС-R по четырехжильному экранированному кабелю последовательно передает данные на управляющую рейку. Управляющая рейка играет роль разветвителя, входом которой является последовательный сигнал с блока РМС-R, на выходе 20 дискретных портов. Рейка подает необходимое напряжение на блок электрогидравлических клапанов. Открываясь и закрываясь, клапаны приводят в действие гидроцилиндры механизированной крепи. Таким образом, с одного блока РМС-R можно управлять до 20 различными функциями крепи.

Прибор PMC-R постоянно собирает информацию о текущем состоянии механизированной крепи. Это осуществляется с помощью датчика передвижки конвейера и датчика давления. Данные с них непрерывно поступают на блок PMC-R, где обрабатываются и используются для корректировки. Таким образом, осуществляется обратная связь по давлению кровли и положению задвижки секции крепи.



1 – блок PMC-R, 2 - управляющая рейка, 3 - блок электрогидравлических клапанов

Рис 2. Система управления механизированной крепью в сборе

Для обучения и тестирования необходимо создать виртуальную механизированную модель крепи, которой можно будет управлять с помощью реального горношахтного оборудования. Для этого необходимо обеспечить выполнение следующих задач:

1. Создание устройства, в задачу которого входит отслеживание управляющих сигналов, поступающих из блока PMC-R.
2. В качестве сигнала обратной связи подавать на блок PMC-R имитированные показания датчиков.
3. Визуализация секции механизированной крепи на дисплее ПК.

Логика работы устройства заключается в следующем (рис. 3): в ответ на управляющие сигналы, поступающие из блока PMC-R – изменяются показания датчиков, посылаемые обратно в блок. То есть если устройство получает от PMC-R команду распора секции, то оно должно увеличить напряжение на соответствующем канале. Это воспримется контроллером PMC-R как увеличение показаний датчика давления. Дополнительно, по запросу, на ПК нужно отправлять данные о текущем состоянии имитированной крепи. Программное обеспечение, установленное на ПК, будет обрабатывать эти данные и выводить на экран 3D модель механизированной крепи, динамически изменяющуюся в зависимости от пришедших данных.

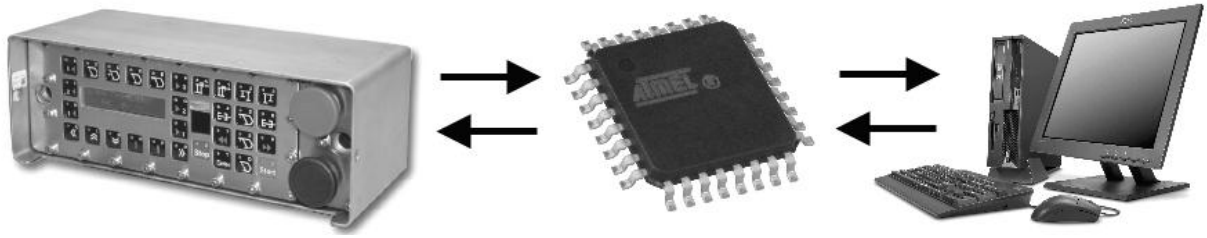


Рис.3. Принцип работы устройства имитации механизированных крепей

Исходя из задач, которые решаются устройством, наиболее рационально создать его на базе программируемого микроконтроллера. За основу взят контроллер **AVR ATmega16**, фирмы ATMEL. Он обладает низкой стоимостью и достаточной функциональностью. Программное обеспечение написано на языке низкого уровня «Ассемблер».

В условиях стенда имитируются сразу три механизированные крепи, которые в общей сложности имеют:

− 12 активных функций (по 4 на каждую). Это слив секции, распор секции, передвижка конвейера, передвижка секции вперед.

− Имитация работы 6 датчиков (по 2 датчика на каждую секцию крепи).

Отслеживание двенадцати дискретных сигналов реализуется периодическим сканированием входных портов на предмет наличия низкого логического уровня.

Имитация шести аналоговых датчиков, имеющих выходы по напряжению от 0,5 до 4,5 вольт, осуществляется с помощью контроллера, задающего различные напряжения в 6-ти каналах. Так как быстродействие и точность не требуются, то при реализации используется широтно-импульсная модуляция. Очевидный плюс данного решения – небольшие дополнительные аппаратные средства, а именно шесть интегрирующих цепей, состоящих из резистора и конденсатора и шесть операционных усилителей.

Визуализация механизированных крепей на дисплее ПК необходима для отображения динамики изменения положения крепи на экране монитора, в зависимости от текущих данных. Эта задача оказалась достаточно трудоемкой, поэтому была поделена на 2 подзадачи: отправка данных в ПК, отрисовка 3D моделей крепей.

− Отправка данных на ПК осуществляется по широко распространенному протоколу связи RS-232. Данные о текущих показаниях датчиков по запросу с ПК отправляются пакетом из микроконтроллера. Пакет включает в себя стартовый байт, указывающий на начало. Затем идут 6 байтов данных. И в конце – стоповый байт.

− 3D модель секций крепи создана в среде 3D MAX. Для работы с Com портом написана DLL библиотека на языке BASIC.

В итоге, все поставленные задачи успешно выполнены, обучающий стенд собран, настроен и испытан. Работа по созданию методических материалов для студентов, с помощью которых они смогут расширить свои знания в области автоматизации очистных работ в лаве, в настоящее время продолжается на кафедре электромеханики СибГИУ.

УДК 62-83:621.3.07; 531.3(075.8)

НЕЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ С ЭЛЕМЕНТМИ САМООРГАНИЗАЦИИ

Кунинина Д.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Возрастающие требования к качественным показателем управления не могут быть удовлетворены синтезом систем на основе линеаризованных в окрестности рабочей точки объектов. Система управления нелинейным объектом не гарантирует устойчивости системы во всем диапазоне изменения управляемых переменных. Решение этой проблемы с непрерывными нелинейностями, для которых существуют обратные функции, достигается введением компенсирующих нелинейностей в составе регуляторов. В приведенной постановке задача решается в том случае, если дифференциальными уравнениями описывается линейная часть, а нелинейные составляющие представлены безынерционными алгебраическими уравнениями. Для такого класса систем управления линейную часть представляют передаточными функциями и предварительный синтез регуляторов выполняют как для линейной системы. После этого выходной сигнал регулятора преобразуют нелинейным звеном с характери-

стикой, обратной нелинейности объекта управления. Поскольку инерционность звеньев, расположенных между выходом объекта и входом нелинейности в таком варианте не учитывается, в динамических режимах точная компенсация нелинейности объекта нарушается.

Не решает проблемы метод преобразования нелинейных дифференциальных уравнений в эквивалентные линейные [1], а также нашедший в последнее время широкое применение метод точной линеаризации нелинейного объекта нелинейной обратной связью [2, 3] с преобразованием координат и управлений. Более гибким представляется метод, основанный на каскадной модели объекта, предложенный в работе [3], в котором точная линеаризация последовательно соединенных каскадов достигается введением обратных связей с выхода на вход каждого каскада. Однако непосредственное применение метода существенно ограничивается тем, что **в технических системах, как правило, невозможно ввести обратную связь через физически недоступные внутренние переменные объекта.**

С целью получения аналитического решения выполняются эквивалентные преобразования в новых переменных с обратными преобразованиями к исходным переменным на завершающем этапе. Преобразование переменных приводит к неразрешимым проблемам при необходимости ограничения переменных объекта, поскольку обратные связи в методе [1] принципиально невозможны, а в [2, 3] они замыкаются не по переменным состояния, которые должны быть ограничены, а по производным от выходной переменной объекта.

Общим недостатком рассмотренных методов, является то, что они ориентированы на полностью определенные нелинейные объекты, с коэффициентами, не зависящими от переменных состояния объекта, а **задача решается в окрестности начала координат при нулевом входном сигнале, не определяя место приложения задающих воздействий. Не рассматриваются нелинейные объекты, описываемые системой нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка с нелинейными функциональными коэффициентами, неопределенно зависящими от переменных состояния. Не были обнаружены другие источники, в которых бы затрагивались подобные задачи.**

Решение указанных проблем может быть выполнено, если функции синтеза регуляторов и построения компенсирующих нелинейностей разделить. Причем, допускаются нелинейности и в дифференциальных уравнениях. Если в анализируемых источником идея точной линеаризации достигается преобразованием координат с последующим возвратом к исходным координатам, в результате чего характеристики объекта сохраняются неизменными, то в предлагаемом подходе ставится задача изменить характеристики объекта в желаемом направления, сохранив без изменения его исходные переменные. Это обеспечивает возможность за счет введения нелинейных обратных связей ограничение измеряемых переменных, если использовать по каскадную точную линеаризацию, вводя нелинейные обратные связи через входы источников энергии. Для решения этой задачи в состав объекта управления добавим источники информации о состоянии объекта (датчики контролируемых переменных) и интеллектуальный модуль, для преобразования информации о состоянии объекта, получаемое от датчиков, для изменения его свойств в желаемом направлении. Назовем такой расширенный объект, способный самостоятельно изменять свои характеристики, интеллектуальным. Структурная схема модели интеллектуального объекта с элементами самоорганизации приведена на рис. 1.

Теперь сформулируем то, в каком направлении интеллектуальный объект должен изменять свои свойства. Здесь напрашивается мысль придать объекту некоторые свойства самоорганизации, которые проводили бы объект через неустойчивое состояние к поведению, упрощающему процесс синтеза регуляторов. Как известно [4], неустойчивое поведение может быть обеспечено в системах с нелинейными обратными связями. Второе свойство, которым должен обладать интеллектуальный объект, это обеспечить возможность аналитического построения регуляторов. Естественно предположить, чтобы объект сохранял свойства самоорганизации, оставался нелинейным по отношению к выходной управляемой переменной, и включать в себя каскады, линейным по отношению к выходным переменным каскадов с

информационными нелинейными обратными связями. Таким образом, внутренние каскады с нелинейными обратными связями окажутся линейными по отношению к синтезируемым регуляторам переменных внутренних каскадов объекта. Изложенное обеспечит решение проблемы для объектов с алгебраическими нелинейностями. Чтобы компенсировать нелинейности, входящие в дифференциальные уравнения, как будет показано далее, потребуется введение компенсирующих обратных нелинейности.

Метод решения сформулированных проблем продемонстрируем на обобщенном электромеханическом объекте:

$$\dot{U}_b = (K_{ub}U_{ub} - U_b)/T_b, \quad (1)$$

$$\dot{\psi}(I_b) = U_b - R_b I_b, \quad (2)$$

$$\psi(I_b) = f_b(I_b), \quad (3)$$

$$\dot{U}_a = (K_{ua}U_{ua} - U_a)/T_a, \quad (4)$$

$$\dot{I}_a = (U_a - R_a I_a - c\psi(I_b)\omega)/L_a, \quad (5)$$

$$M = c\psi(I_b)I_a, \quad (6)$$

$$J\dot{\omega} = (M - M_c), \quad (7)$$

если $|U_a| \le U_m$, $\psi = \psi_m$, иначе $\psi < \psi_m$. (8)

Дифференциальные уравнения (1) и (4) описывают инерционные источники энергии, с выходами U_b, U_a, входами U_{ub}, U_{ua}, коэффициентами преобразования K_{ub} и K_{ua}, постоянными T_b, T_a. По количеству источников энергии объект (1)-(8) состоит из двух каналов управления

a) в составе (1), (2), (3) и

b) в составе (4), (5), (6), (7),

причем выходная переменная $\psi(I_b)$-магнитный поток канала **а** является второй входной величиной для канала **б,** реализуемой через нелинейное уравнение (6) в соответствии с логическим условием (8). Кроме того уравнения (3) и (6) имеют неопределенность, их функциональные зависимости неизвестны, причем переменная $\psi(I_b)$ не измеряемая. Нелинейное дифференциальное уравнение (2) описывает динамические процессы электромагнитной системы, в которой переменная состояния $\psi(I_b)$ является неопределенной нелинейной функцией (3) от переменной I_b – тока возбуждения. Нелинейное дифференциальное уравнение (5) отображает процесс I_a в катушке с постоянным параметром L_a, перемещающейся в переменном магнитном поле, что отображается нелинейным слагаемым $\psi(I_b)\omega$.

Уравнение (6) определяет момент, развиваемый катушкой с током, причем через переменную $\psi(I_b)$ осуществляется воздействие подсистемы **а**, на канал **b.** Уравнение (7) определяет скорость ω перемещения катушки в магнитном поле. В модели выделяем измеряемые ω, I_a, U_a, I_b, U_b и не измеряемые ψ, M, которые в отличие от измеряемых, невозможно измерить. Параметры J, L_a, R_a, R_b, и K_{ua}, K_{ub} – постоянные, а $L_b(I_b)$, $K(I_b)$ – переменные, зависящие от переменной I_b объекта. M_c – внешнее возмущение**.** Условие (8) определяет порядок взаимодействия каналов **а** и **б.**

Поскольку нелинейная функция (3) неопределенна и переменная $\psi(I_b)$ не поддается измерению невозможно выполнить моделирование уравнений (2), (3) и (6) объекта (1)-(8). Для нелинейного дифференциального уравнения (2) характерно то, что в него входит функция I_b и производная сложной функции $\psi(I_b)$, промежуточным аргументом которой является так же функция I_b, что дает возможность уравнение (2) представить в следующем эквивалентном виде:

$$\frac{d\psi(I_b)}{dI_b}\frac{dI_b}{dt} = U_b - R_b I_b \quad . \quad (9)$$

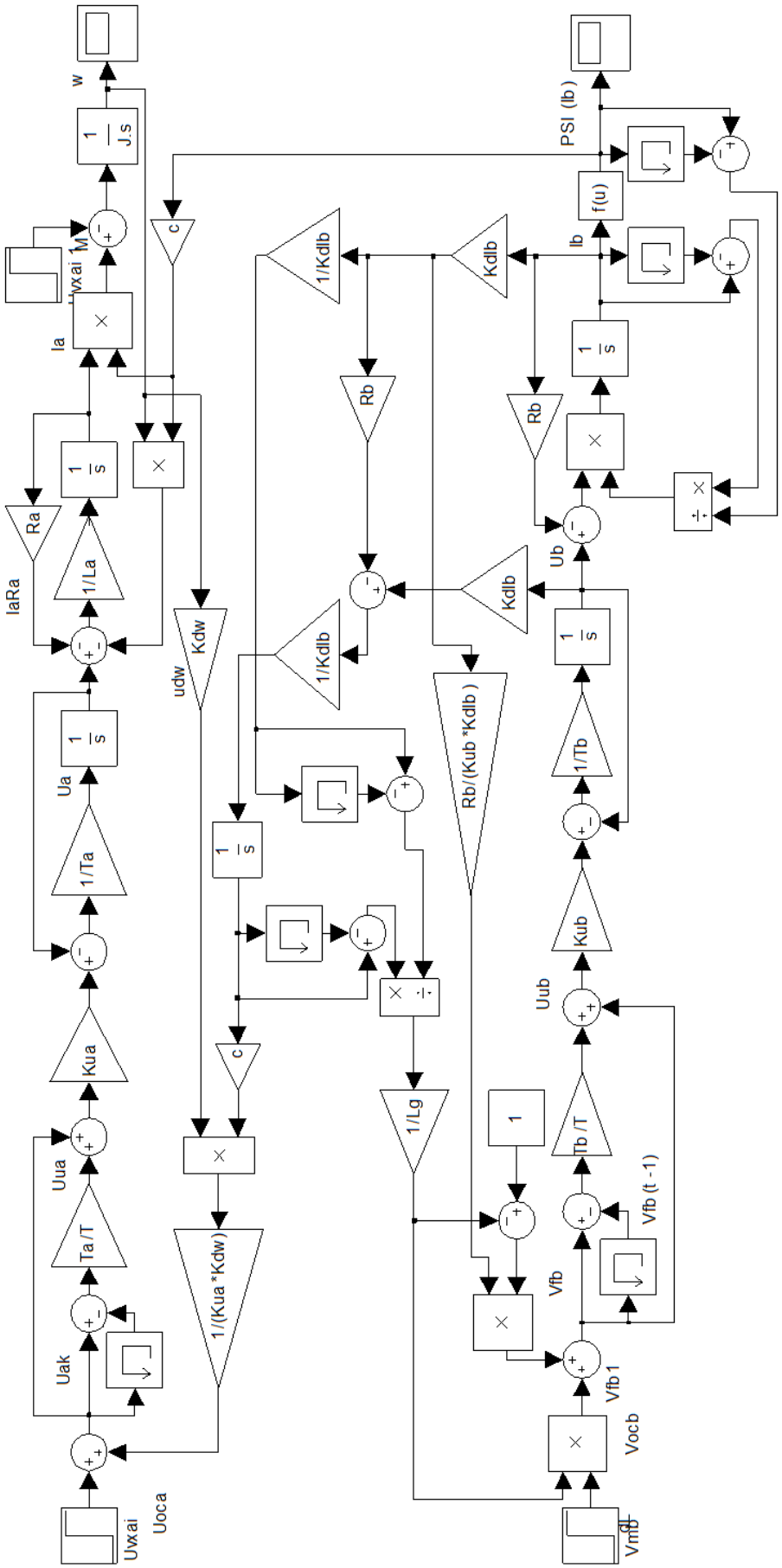


Рис. 1 - Структурная схема модели интеллектуального объекта с элементами самоорганизации

Выражение $d\psi(I_b)/dI_b$ имеет размерность индуктивности, обозначив его как

$$\frac{d\psi(I_b)}{dI_b} = L_b(I_b) \tag{10}$$

уравнение (9) приведем к форме:

$$\dot{I}_b = (U_b - R_b I_b)/L_b(I_b). \tag{11}$$

Для определения $L_b(I_b)$ воспользуемся уравнением (10) заменяя, в силу малости периода дискретизации, отношение дифференциалов отношением приращений:

$$L_b(I_b) = \frac{d\psi(I_b)}{dI_b} \cong \frac{\Delta\psi}{\Delta I_b} = \frac{\psi_T - \psi_p}{I_{bT} - I_{bp}}, \tag{12}$$

где $\psi_т$, ψ_p и I_{bT}, I_{bp} - значения переменных $\psi(I_b)$ и I_b соответственно на текущем и предыдущем интервалах дискретизации.

Уравнения (2), (12) обеспечивают возможность построения структурной схемы канала **а**, которая приведена на рис. 2. Поскольку объект нелинейный, на рис. 2 представлен переменными состояния, причем символом 1/s отображена операция интегрирования.

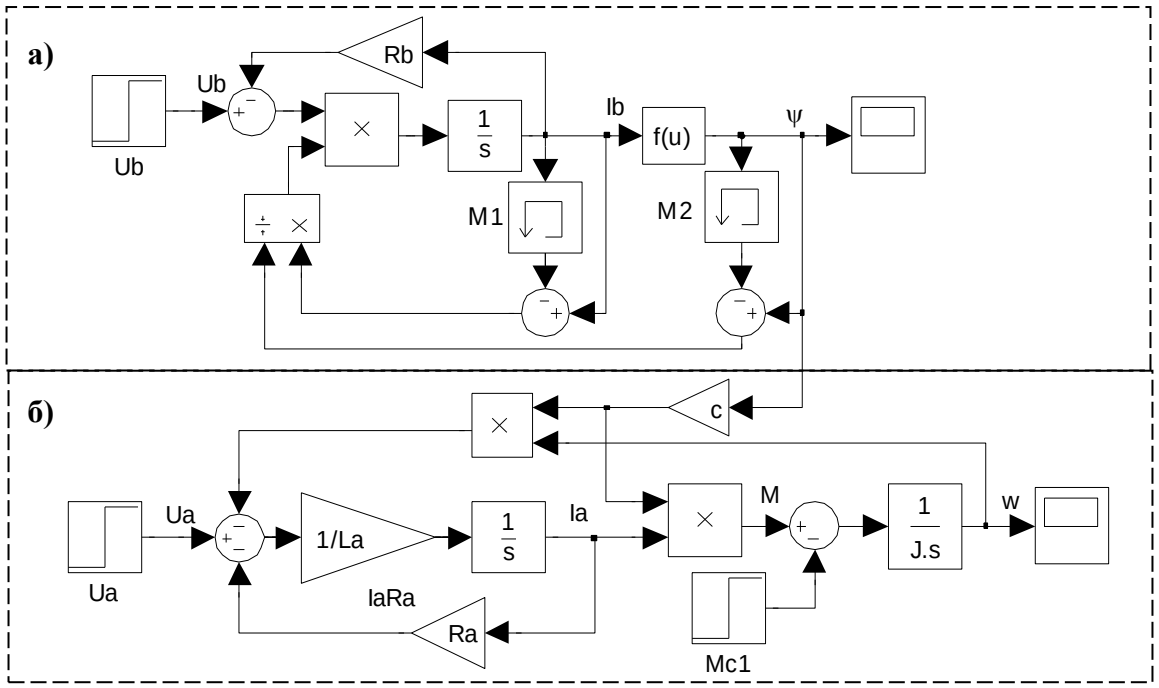


Рис. 2. Структурная схема объекта в уравнениях состояния

По уравнениям (5), (6) и (7) построена структурная схема модели канала b, которая приведена на рисунке 1,б. На рис. 3 показаны переходные функции тока I_b и скорости объекта. Причем напряжение источника энергии в канале **б** подано через 0.5с, когда установился ток в обмотке возбуждения, что необходимо для нормальной работы электромеханической системы. Из рисунка следует, что объект устойчивый по обоим каналам управления.

К уравнению (11), как к математической модели каскада [8], можно было бы применить принцип точной линеаризации обратной связью, если сигнал коррекции добавить к выходной переменной U_b источника энергии. Проблема в том, что добавить корректирующий сигнал к выходу источника **физически невозможно из-за несовместимости мощностей сигналов.** Для решения проблемы расширим объект микроконтроллерным интеллектуальным модулем (МКИМ) с помощью которого сформируем входной форсированный сигнал V_{ub} для инерционного источника энергии (1), компенсирующий искажающее влияние инерционности источника:

$$U_{ub} = T_b \dot{V}_{fb} + V_{fb}, \quad (13)$$

где V_{fb} – сигнал на входе форсирующего звена, T_b - постоянная времени инерционного источника энергии (1), Подстановка U_{ub} из (13) в уравнение источника энергии (1) дает:

$$T_b \dot{U}_b + U_b = K_{ub}(T_b V_{fb} + V_{fb}). \quad (14)$$

В уравнении (13) характеристические числа левой и правой частей совпадают, в силу чего дифференциальному уравнению (14) эквивалентно безынерционное уравнение

$$U_b = K_{ub} V_{fb}. \quad (15)$$

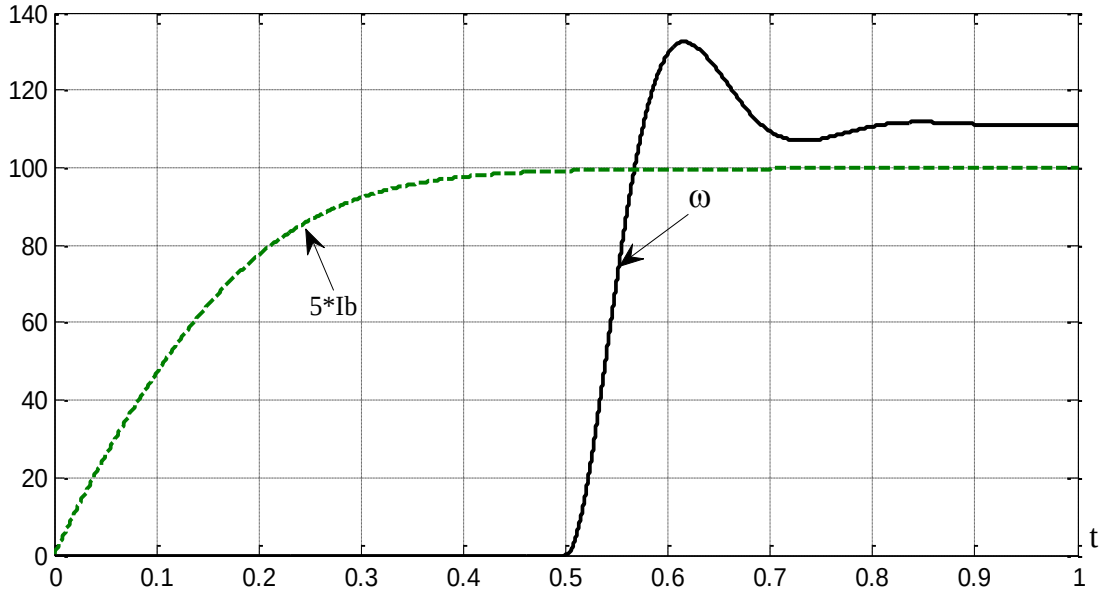


Рис. 3. Переходные функции I_b и ω объекта

Следует отметить, что для безынерционного источника энергии T_b=0 и уравнение (14) принимает вид (15) и форсирующее уравнение (13) не требуется.

Для придания объекту функций самоорганизации дополним объекта датчиками переменных I_b U_b, I_a и ω:

$$u_{dIb} = K_{dIb} I_b, \quad (16,а)$$

$$u_{dub} = K_{dIb} U_b, \quad (16,б)$$

$$u_{dIa} = K_{dIa} I_a, \quad (16,в)$$

$$u_{d\omega} = K_{d\omega} \omega, \quad (16,г)$$

где u_{dIb}, u_{dub}, u_{dIa}, u_{dIa} -выходные сигналы, а K_{dIb}, K_{dIb}, K_{dIa}, $K_{d\omega}$ -коэффициенты преобразования датчиков переменных I_b U_b, I_a и ω. Затем сформируем входной сигнал V_{fb} на входе форсирующего звена как сумму входного V_{fb1} и корректирующей обратной связи U_{ocb} сигналов:

$$V_{fb} = V_{fb1} + V_{ocb}. \quad (17)$$

Для синтеза алгоритма самоорганизации объекта выражение для V_{fb} подставим в уравнение источника энергии (15), а полученную формулу для U_b подставим в (11):

$$\dot{I}_b = K_{ub} V_{fb1} / L_b(I_b) + (K_{ub} V_{ocb} - R_b I_b) / L_b(I_b). \quad (18)$$

Мы не ставим целью создать алгоритм эквивалентного преобразования уравнения (18) с заменой переменных и сохраняя свойства объекта неизменными, как это делается в работах [2, 3, 4]. Наша цель – придать каскаду объекта способность самоорганизации с изменением его структуры и обеспечением свойств, отличных от свойств исходного объекта, сохраняя при этом исходные физические переменные, что важно для реализации ограничений пере-

менных и упрощения синтеза управляющей части (регуляторов). Поскольку каскад самоорганизующегося объекта в результате нелинейных обратных и прямых связей оставаясь нелинейным, линеаризируется по отношению к контролируемым переменным и должен описываться следующим желаемым линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами:

$$\dot{I}_b = K_{ub} V_{mb} / L_g - R_b I_b / L_g, \tag{19}$$

где V_{mb} - входной сигнал, L_g=const - желаемое значение $L_b(I_b)$ самоорганизующегося объекта. Решение поставленной задачи достигается выполнением условия равенства правых частей уравнений (18) и (19). Поскольку имеют место две неизвестные функции V_{fb1} и V_{ocb}, составляем два уравнения, потребовав, что бы были равными соответственно первые и вторые слагаемые правых частей уравнений (18) и (19):

$$K_{ub} V_{fb1} / L_b(I_b) = K_{ub} V_{mb} / L_g; \quad (K_{ub} V_{ocb} - R_b I_b) / L_b(I_b) = -R_b I_b / L_g.$$

Разрешая первое уравнение относительно V_{fb1}, а второе относительно V_{ocb}, найдем:

$$V_{fb1} = \frac{L_b(I_b)}{L_g} V_{mb} \tag{20}$$

$$V_{ocb} = \frac{R_b}{K_{ub}} \left(1 - \frac{L_b(I_b)}{L_g} \right) I_b, \tag{21}$$

В уравнениях (20) и (21) неопределенными являются текущие состояния переменной I_b и функционального коэффициента $L_b(I_b)$. Для определения переменной I_b воспользуемся данными, считываемые с датчика переменной I_b, подставляя выражение для I_b bp соотношением (16,а). В результате подстановки получим:

$$V_{fb1} = \frac{L_b(u_{dIb} / K_{dIb})}{L_g} V_{mb}, \tag{22}$$

$$V_{ocb} = \left(1 - \frac{L_b(u_{dIb} / K_{dIb})}{L_g} \right) \frac{R_b}{K_{ub} K_{dIb}} u_{dIb}. \tag{23}$$

Вычисление $L_b(I_b)$ выполним на основании уравнения (12) в котором для вычисления текущего значения ψ_T воспользуемся алгоритмом, вытекающим из соотношения (2), если переменные U_b и I_b в уравнениях (2) и (12) выразить через выходные сигналы соответствующих датчиков из (16,а) и (16,б). В результате уравнения (2) и (12) примут вид:

$$\dot{\psi}(I_b) = (u_{dub} - R_b u_{dIb}) / K_{dIb}, \tag{24}$$

$$L_b(I_b) = \frac{d\psi(I_b)}{dI_b} \cong \frac{\Delta\psi}{\Delta I_b} = K_{dIb} \frac{\psi_T - \psi_p}{u_{dIbT} - u_{dibP}}. \tag{25}$$

В состав канала **а** входит нелинейное звено (3), математическая модель которого неизвестна, причем переменная $\psi(I_b)$ не поддается измерению. В реальном объекте обеспечивается самоопределение действительных текущих значении переменной $\psi(I_b)$ на каждом шаге дискретизации. Но проблема остается не решенной при модельных исследованиях. Учитывая, что отклонение модельной кривой намагничивания от действительной не повлияет на процессы в реальном объекте, при модельных исследованиях достаточно упрощенной аппроксимации. В реальной системе ошибок не будет, поскольку используются не модельные, а действительные данные, полученные с помощью датчиков в режиме самоорганизации реального объекта. Характер кривой намагничивания близок к экспоненте, поэтому на модели уравнение (3) будем аппроксимировать экспоненциальной зависимостью $\psi(I_b) = f(I_b)$.

Определение параметров экспоненты выполним на основании номинальных значений тока возбуждения и потокосцепления. Эту операцию возложим на самоорганизующийся объект. Достаточно сохранить значение $\psi(I_{bH})$ при номинальном значении переменной $I_b=I_{bH}$, вычисляемое самоорганизующимся объектом.

Запишем выражение для экспоненты:

$$\psi = 1.2\psi_н(1-e^{-kI_b}), \quad (26)$$

где k – подлежащий определению коэффициент, обеспечивающий соответствие номинального тока номинальному значению потокосцепления. Для определения коэффициента k в соотношение (26) подставим номинальные значения потокосцепления $\psi_н$ и тока I_b и выполним преобразования. В результате получим:

$$k = -\ln(1-\psi_н / 1.2\psi_н)/I_{bн}. \quad (27)$$

Таким образом, имеем каскад (20), (17), (13), (1), (11), (26), (16,а), (23), (24) и (25) расширенного канала ‘а’ объекта с самоорганизацией.

Каскад (5) в канале **b** представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение с постоянным коэффициентом при производной. В таком каскаде компенсацию нелинейности $\psi(I_b)\omega$ в уравнении (5) предлагаем осуществлять замыканием обратной связи по переменной I_a через вход МКИМ. Искажающее влияние инерционности источника энергии (4) скомпенсируем, аналогично тому, как это сделано для источника канала **a**, включив на его вход форсирующее звено

$$U_{ua} = T_a\dot{U}_{ak} + U_{ak}, \quad (28)$$

Подстановка U_{ua} из (28) в уравнение источника энергии (4) дает:

$$T_a\dot{U}_a + U_a = K_{ab}(T_a\dot{U}_{ak} + U_{ak}), \text{ или} \quad (29)$$

$$U_a = K_{ua}U_{ak}. \quad (30)$$

По той же аналогии

$$U_{ak} = U_{ma} + U_{oca}. \quad (31)$$

С целью синтеза нелинейной функции обратной связи, формирующей сигнал U_{oca}, воспользуемся уравнением (30), в которое подставим выражение для U_{ak} из (31):

$$U_a = K_{ua}(U_{вхai} + U_{oca}).$$

Подстановка U_a в уравнение (5) преобразует его к виду:

$$L_a\dot{I}_a = K_{ua}(U_{вхai} + U_{oca}) - R_aI_a - \psi(I_b)\omega, \quad (32)$$

из которого следует, что для компенсации нелинейности $\psi(I_b)\omega$ достаточно обеспечить выполнения равенства:

$$U_{oca} = \psi(I_b)\omega / K_{ua}, \quad (33)$$

причем подстановка U_{oca} из (33) в (32) дает

$$L_a\dot{I}_a = K_{ua}U_{вхai} - R_aI_a \quad (34)$$

- линейное дифференциальное уравнение первого порядка с постоянными коэффициентами, для выполнения которого необходимо реализовать обратную связь на вход МКИМ в соответствии с (31).

Нелинейное уравнение (6) канала **b** обеспечивает нелинейное преобразование переменной I_a в переменную М посредством перекрестной связи через переменную $\psi(I_b)$ канала **a**, нелинейно зависящую от переменной I_b. Компенсировать эту нелинейность не предоставляется возможным, поскольку через переменную $\psi(I_b)$ и нелинейную функцию умножения $=\psi(I_b)I_a$ передается внутреннее управляющее воздействие из канала **a** в канал **b**. Уравнение (7) линейное и его реализация выполняется стандартными методами.

Для реализации расширенной части используем МКИМ и сигнал датчика переменной ω в соответствии с функциями (15,в), при этом уравнение (33) принимает вид:

$$U_{oca} = \psi(I_b)u_{d\omega} / (K_{d\omega}K_{ua}). \quad (35)$$

Нелинейное уравнение (6) канала **b** обеспечивает нелинейное преобразование переменной I_a в переменную M посредством перекрестной связи через переменную $\psi(I_b)$ канала **a**, нелинейно зависящую от переменной I_b. Компенсировать эту нелинейность не предоставляется возможным, поскольку через переменную $\psi(I_b)$ и нелинейную функцию умножения $=\psi(I_b)I_a$ передается внутреннее управляющее воздействие из канала **a** в канал **b**. Уравнение (7) линейное и его реализация выполняется стандартными методами.

Таким образом, расширенный канал **b** состоит из каскадов (4), (5), (6), (7) и расширяющей канал части, в состав которой входят уравнения (31), (30), (28) и (35).

На рис. 4 приведены переходные функции потока и скорости интеллектуальной системы с элементами самоорганизации, структура модели которой приведена на рисунки в приложении. Пуск канала скорости выполняется в 0.6с. Процесс не устойчивый, что свидетельствует о том, что объект обладает может обладать свойствами самоорганизации по отношению к внешней переменной ω с нелинейностью (6) в разомкнутом контуре.

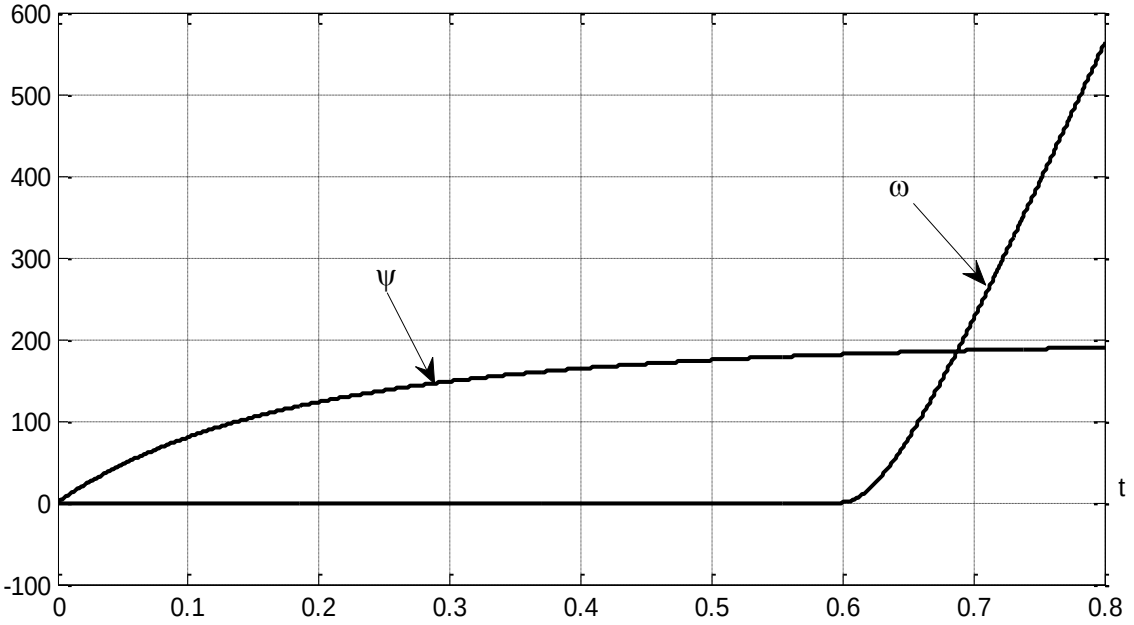


Рис. 4. Переходные процессы скорости ω и магнитного потока в интеллектуальном объекте с самоорганизацией

Список литературы

1. Беркович Л.М. Факторизация и преобразования дифференциальных уравненийю Методы и приложения [Текст] / Л.М. Беркович. – М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 464 с.

2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы [Текст]: учебн. пособие, Д.П. Ким. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.

3. Мирошник И..В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы [Текст] / И.В. Мирошник. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.

4. Пупков К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления; под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова [текст] / К.А. Пупков и др. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 784 с.

УДК 550.834

ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Тайлаков О.В., Макеев М.П., Соколов С.В., Уткаев Е.А.
Институт угля СО РАН, г. Кемерово

Сложное строение пород кровли угольного пласта зачастую весьма затрудняет процесс угледобычи. Так, например, выемка угля в условиях неустойчивой кровли предполагает применение технологий упрочнения зон вмещающих пород с высокой анизотропией крепости с применением специальных растворов, машин и механизмов, что приводит к простоям очистных забоев и существенному снижению объемов добычи угля.

С целью изучения состояния пород кровли в условиях угольных шахт Кузбасса проведено поверхностное сейсмоакустическое профилирование. Для исследований выбрано угледобывающее предприятие, горно-геологические условия которого характеризуются пологим залеганием угольных пластов в породах песчаников, алевролитов и аргиллитов, с редкими включениями окислов железа ближе к поверхности. Для проведения сейсморазведки на поверхности были определены пять сейсмических профилей, общая протяженность которых составила 1150 метров. Расстояние между профилями выбрано 5 м, исходя из характерных размеров зон неустойчивости кровли 10 м, при которых необходимо применение технологических мероприятий по их упрочнению.

Исследования проводились в следующем порядке. Первоначально проводилась привязка к поверхности на основании составленной схемы расположения сейсмических профилей. После планирования профилей на поверхности была выполнена расстановка полевого сейсмического оборудования и определено место установки сейсмоприемников, в соответствии с расположением профилей. Затем по намеченным геофизическим профилям раскладывались сейсмокосы, которые подключались к мобильному 48 – канальному сейсморегистрирующему комплексу, состоящему из двух станций «Лакколит – 24М3». Измерения проводились для двух типов волн: продольных и поперечных [1], инициируемых импульсным и механическим ударным источниками колебаний.

Сейсмическая разведка проводилась методом общей глубинной точки (МОГТ) [2] на 48 активных каналах, с усилением до 60 дБ. Шаг между пунктами приема и возбуждения колебаний был выбран 5 м, исходя из предполагаемых размеров зон неустойчивой кровли и разрешающей способности применяемого оборудования. Регистрация поперечных волн проведена с четырехкратным накоплением в обе стороны. Полученные в результате выполненного сейсмоакустического профилирования исходные волновые картины обрабатывались с использованием специализированного программного пакета RadexProPlusBasic 3.96, разработанного в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова.

По результатам анализа скоростей распространения отраженных волн после проведения процедуры суммирования получены временные сейсмические разрезы, на которых зарегистрированы оси синфазности, определенные как рабочий угольный пласт. Используя местоположение угольного пласта, к области, соответствующей породам его кровли, была применена процедура сейсмического анализа атрибутов, в которой рассчитывались атрибуты сейсмических трасс в окне вдоль заданного горизонта. При этом наибольшая контрастность была установлена для максимальных абсолютных значений амплитуд (рис. 1).

Коэффициент затухания сейсмических колебаний возрастает при распространении волны в пустотных областях и зонах, содержащих разрыхленные породы. На основе этого предположения в результате анализа значений амплитуд на сейсмических разрезах были определены зоны с низкими максимальными значениями абсолютных амплитуд, которые были охарактеризованы как области, содержащие породы с малой связностью, в пределах которых с большой вероятностью содержатся участки неустойчивой кровли (рис. 2). Также

были выявлены участки с невысокими максимальными значениями абсолютных амплитуд, которые могут являться областями, содержащими породы в переходном состоянии.

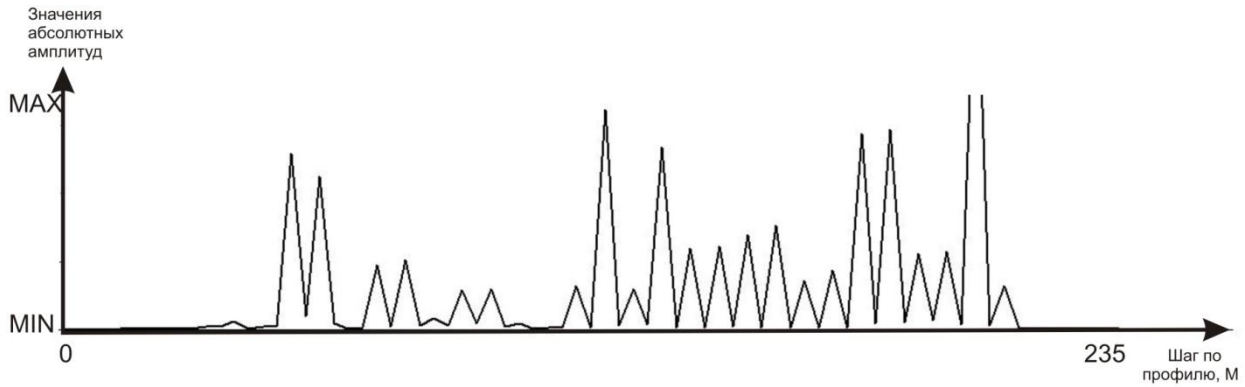
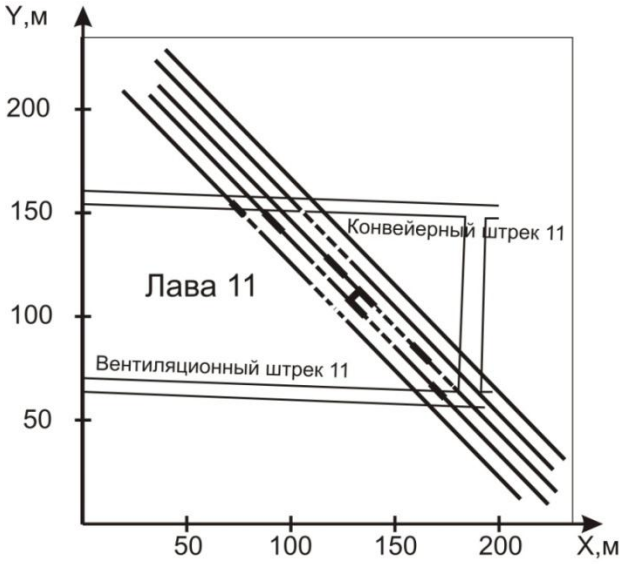


Рис. 1. Амплитудный анализ области кровли профиля 1



пунктирная линия - зоны с экстремально низкими максимальными значениями абсолютных амплитуд, утолщенная линия - участки с невысокими максимальными значениями абсолютных амплитуд

Рис. 2. Результаты амплитудного анализа пород кровли угольного пласта

Полученные результаты были использованы для планирования технологических мероприятий, направленных на повышение производительности угледобывающего предприятия путем упрочнения зон с нарушением устойчивости кровли и повышения эффективности угледобычи.

Список литературы

1. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмики. - М., Изд-во МГУ, 1981.- 176 с.
2. Туманов В.В., Компанец А.И., Сухинина Е.В., Савченко А.В., Пакин Ю.В. «Исследование аномальных зон подработанного массива горных пород комплексом наземных геофизических методов»// Наукові праці УкрНДМІ НАН України, № 3, 2008. – С. 61-79.

УДК 661.66-405.8

АДСОРБЦИЯ МЕТАНА НА НАНОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ ИЗ УГЛЯ, КОКСОВ И СОЕДИНЕНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ИХ СТРУКТУРУ

[1]Самаров А.В., [1]Барнаков Ч.Н., [1]Козлов А.П., [1,2]Исмагилов З.Р.
1 - Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, г. Кемерово,
2 - Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск

Введение

В последнее время все больше внимания уделяется пористым материалам на основе углерода, пригодным для хранения метана при невысоких давлениях. Основными требованиями, предъявляемыми к этим материалам, является наличие у них высокой удельной поверхности и развитой микропористости. Согласно требованиям, установленным Департаментом энергии США, такие материалы, пригодные для хранения метана на борту автотранспортного средства, должны быть способны поглощать не менее 25 % масс., а отношение объема поглощенного метана к объему углеродного материала должно быть не ниже 150. Метан рассматривается как альтернативное моторное топливо и источник водорода для топливных ячеек. Поэтому, адсорбционное хранение метана при умеренных давлениях рассматривается как важная проблема [1-6]. В данной работе были получены образцы наноразмерного углеродного материала (НУМ) путем карбонизации с избытком щелочи по методике, приведенной в [7], предварительно окисленного углеродного материала. В качестве предшественников использовались нефтяной кокс и органические соединения, пиролиз (карбонизация) которых моделирует структуру кокса.

Основной целью проведенной работы являлось разработка способа синтеза углеродных материалов, способных адсорбировать не менее 15 % масс. метана и исследование влияния гетероатомов (азота) на свойства углеродной поверхности для повышения ее адсорбционных свойств, используя для этого методику [8].

Основная часть

В настоящей работе высокопористые (нанопористые) углеродные материалы (НУМ) синтезированы из индивидуальных органических соединений различной степени ароматичности. В качестве предшественника использовались фенол, 8-оксихинолин, гидрохинон, *о*-нитроанилин, хиноловый эфир, *п*-бензохинондиоксим. Методика синтеза аналогична используемой при синтезе образцов из природных и азотсодержащих углеродистых материалов и описана в патентах [7, 8].

Текстурные характеристики полученных образцов микропористых материалов определялись из изотерм адсорбции азота при 77 К, снятых на установке ASAP-2400 Micrometrics. В качестве примера на рис.1 представлены изотермы адсорбции/десорбции азота для образцов полученных из фенола, 8-оксихинолина, гидрохинона, о-нитроанилина и *п*-бензохинондиоксима. Для остальных образцов изотермы адсорбции азота имеют подобный вид и все они соответствуют типу I, что так же подтверждает наличие развитой микропористости. По данным низкотемпературной адсорбции азота определены характеристики пористости образцов. Результаты сведены в табл. 1.

Для синтеза НУМ, содержащих только углерод, использовался *п*-гидрохинон, марки Ч, из которого были получены НУМ под маркировкой ГХ 1,2,3. Хотелось бы отметить, что для *п*-гидрохинона можно представить достаточное разнообразие промежуточных соединений, из которых могут образоваться углеродные структуры, карбонизация которых может привести к графитоподобным структурам, имеющим наноразмерность. Это позволяло рассчитывать на достаточно хорошую адсорбцию метана и, возможно, водорода за счет интеркаляции. Практически, адсорбция водорода на всех образцах примерно одинакова и очень низкая. Мы получили НУМ, которые по текстурным характеристикам очень близки к образ-

цам из производных анилина, т.е. имеем высокоорганизованные углеродные соединения нестехиометрического состава, находящиеся в метастабильном состоянии. Выход ГХ1 составил 25,5 % масс., выход ГХ2 составил 28 % масс., которые также были получены с использованием "затравки", в качестве которой использовался НУМ, полученный из *п*-гидрохинона. При получении ГХ3, который также получался с использованием "затравки", произошло закоксовывание образца (адсорбция бензола была меньше 1). Но после повторной карбонизации, текстурные характеристики почти восстановились, при небольшом снижении адсорбция метана.

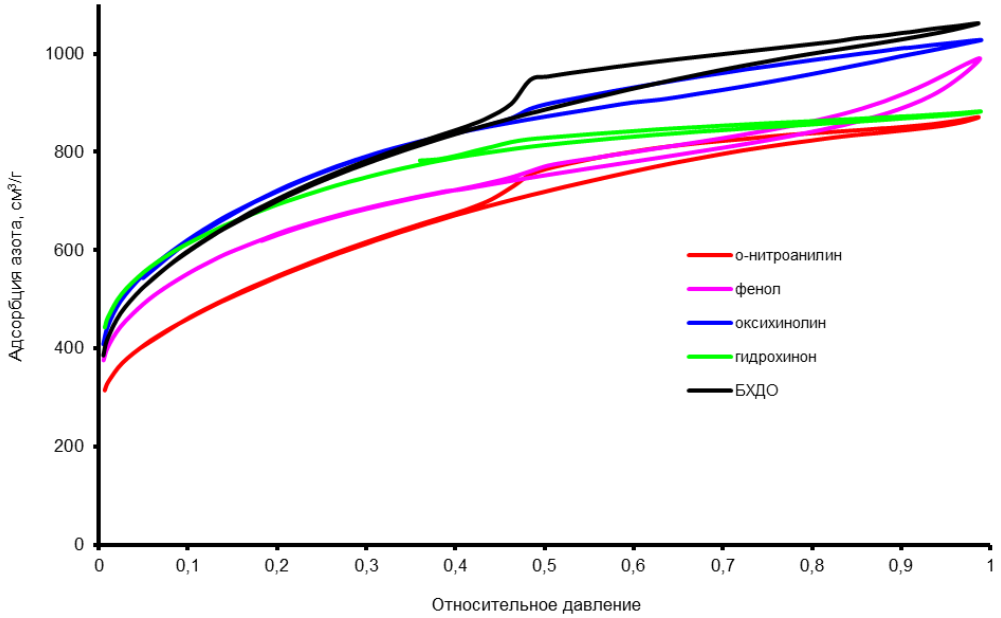


Рис.1. Изотермы адсорбции/десорбции азота на образцах НУМ

Таблица 1

Текстурные характеристики* высокопористых углеродных материалов

№	Обозначение	Предшественник	$A_{БЭТ}$, $м^2/г$	A_{ME}, $м^2/г$	V_S, $см^3/г$	V_μ, $см^3/г$
1	НФ	фенол	2240	370	1,53	0,98
2	НОХ	8-оксихинолин	2550	310	1,59	1,21
3	НГХ	гидрохинон	2450	110	1,36	1,22
4	НК	нефтяной кокс	3330	180	1,84	1,28
5	ОНА1К	о-нитроанилин $К^+$	1670	60	0,87	0,79
6	ОНА2К	о-нитроацетонилид $К^+$	1690	30	0,85	0,80
7	ОНА1Na	о-нитроанилин Na^+	1920	240	1,34	1,05
8	ОНА2Na	о-нитроанилин Na^+	2560	390	1,74	1,25
9	ОНА3Na	о-нитроанилин Na^+	2510	160	1,51	1,31
10	ГХ1	гидрохинон $К^+$	2700	100	1,50	1,38
11	ГХ2	гидрохинон $К^+$	2840	170	1,70	1,50
12	ГХ3	гидрохинон $К^+$	2760	170	1,64	1,43
13	БХДО1	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	2470	304	1,64	1,27
14	БХДО2	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	2620	824	2,14	1,07
15	БХДО3	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	2770	499	1,92	1,29
16	ЭХ-10	эфир хиноловый	2360	95	1,25	1,10

* В этой таблице и далее обозначены:
$A_{БЭТ}$ – суммарная удельная поверхность, определенная по методу БЭТ;
A_{ME} – удельная поверхность мезопор;
V_S – суммарный объем пор;
V_μ – объем микропор.

Из представленных в табл. 1 данных видно, что тип предшественника оказывает существенное влияние на текстурные характеристики получаемого НУМ. Обращает внимание факт, что наибольшую удельную поверхность имеет НУМ, полученный из нефтяного кокса, при том, что объем микропор этого образца меньше, чем у НУМ полученных из индивидуальных соединений. То есть, объем микропор у НУМ из *n*-гидрохинона намного больше, чем объем микропор у НУМ из нефтяного кокса. Это объясняется тем, что при таких больших значениях удельной поверхности физический смысл имеет только объем микропор.

Изучение адсорбции метана и водорода проводили на специально собранной статической волюметрической установке высокого давления, схема которой показана на рис. 2. Установка изготовлена из нержавеющей стали и включает: электрический соленоид, вентили высокого давления V1-V7, ампулу-адсорбер для образца с объемом V_0 (между вентилями V2 и V3), образцовый объем V_{cal} (между вентилями V1 и V2), электрический манометр и расходомер. Установка была соединена с вакуум-насосом, линией, подачи атмосферного воздуха и баллонами высокого давления, содержащими водород, метан и гелий, последний использовался для калибровки. Объемы V_{cal} и V_0 равны 2,45 и 25,8 мл соответственно, что позволяет исследовать образцы, полученные в лабораторных условиях.

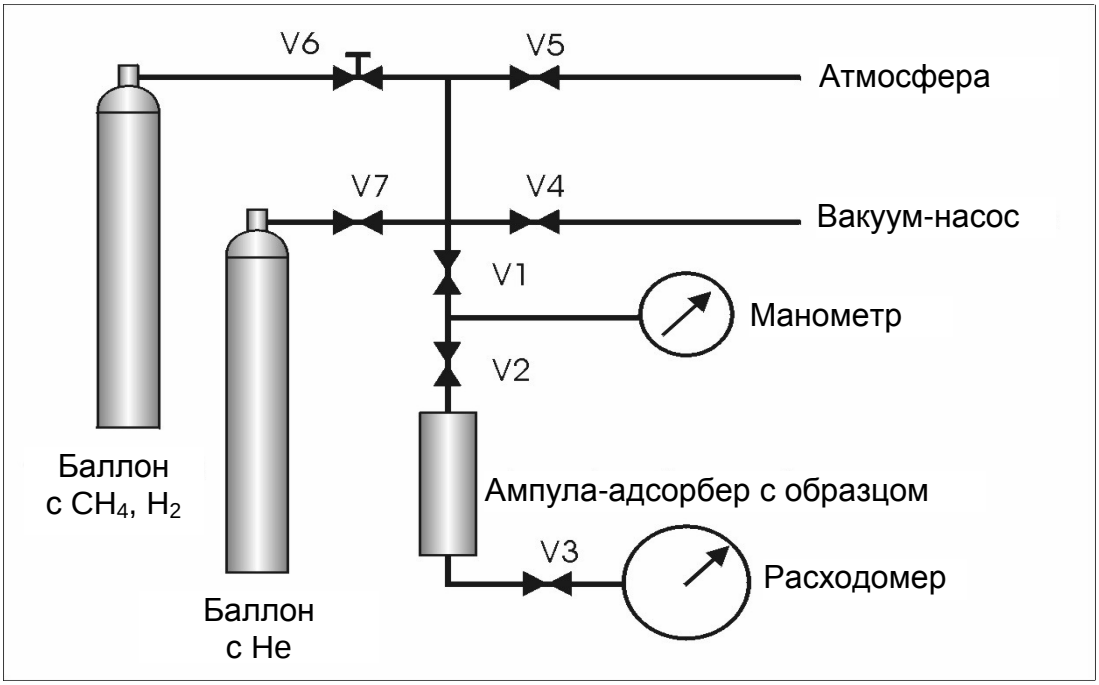


Рис. 2. Схема волюметрической установки высокого давления

Данные табл. 2 показывают, что наибольшей адсорбционной емкостью по метану обладает ПУМ, полученный из ЭХ-10, при относительно небольшой емкости микропор. Следует обратить внимание, что эти значения получены при относительно небольшой навеске, когда проявляется наибольшая погрешность в определении объема за счет «натекания» установки.

В табл. 2 приведены данные по активации *о*-нитроанилина в разных щелочных средах (КОН и NaOH), из которых следует, что активация в NaOH увеличивает поверхность и объем

пор и мезопор. Однако для других серий такие сравнительные данные не получены. Тем не менее, возможность регулирования текстурных и адсорбционных свойств нефтяного кокса путем направленного изменения его состава и условий активации представляется достаточно очевидной.

На рис. 3 приведены изотермы адсорбции метана на основной части исследованных высокопористых углеродных материалов, а в табл. 2 численные значения адсорбции водорода и метана при давлении 60 атм.

Особые надежды возлагались на азотсодержащие модельные предшественники, где предполагалось, что связанный азот может модифицировать природу поверхности и при равном объеме микропор повысить адсорбцию водорода и метана. Однако, этого в наших экспериментах не отмечено.

Таблица 2

Адсорбция метана и водорода на образцах ПУМ

№	Обозначение	Предшественник	Масса образца, г	Адсорбция при 60 атм., % масс.	
				CH_4	H_2
1	НФ	фенол	-	16,67	0,52
2	НОХ	8-оксихинолин	-	16,7	0,57
3	НГХ	гидрохинон	-	17,5	0,56
4	НК	нефтяной кокс	-	19,6	1,28
5	ОНА1К	о-нитроанилин K^+	-	11,8	0,46
6	ОНА2К	о-нитроацетонилид K^+	-	12,2	0,63
7	ОНА1Na	о-нитроанилин Na^+	1,15	14,5	0,64
8	ОНА2Na	о-нитроанилин Na^+	1,83	18,9	0,62
9	ОНА3Na	о-нитроанилин Na^+	1,22	17,9	0,75
10	ГХ1	гидрохинон K^+	1,45	21,8	0,91
11	ГХ2	гидрохинон K^+	2,4	23,0	1,2
12	ГХ3	гидрохинон K^+	2,33	20,1	0,9
13	БХДО1	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	1,14	19,3	-
14	БХДО2	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	1,41	18,8	-
15	БХДО3	*п*-бензохинондиоксим *п*-гидрохинон (1:2)	1,77	17,7	-
16	ЭХ-10	эфир хиноловый	0,60	25,0	-

Наибольшей адсорбционной емкостью по метану в исследованных условиях обладают образцы, синтезированные из гидрохинона (№№ 10-12), которые при 60-80 атм поглощают более 20 % масс. метана. Адсорбция водорода при давлении до 60-80 атм на всех исследованных образцах этой серии не превышала 1,0-1,5 % масс.

В табл. 3 приведены некоторые оценки для сопоставления величин адсорбции водорода и метана на исследованных образцах ПУМ. Для таких сопоставлений величины адсорбции метана, полученные при давлении 60 атм., отнесены к объему микропор и выражены в г/см^3 микропор. Величины адсорбции водорода при том же давлении отнесены к значениям суммарной удельной поверхности $A_{БЭТ}$ и выражены в 10^{-6} г H_2/м^2 (микрограмм/м^2). Кроме того, в двух последних колонках таблицы даны соотношения величин адсорбции метана и водорода, выраженные в (г CH_4)/(г H_2)и (моль CH_4)/ (моль H_2).

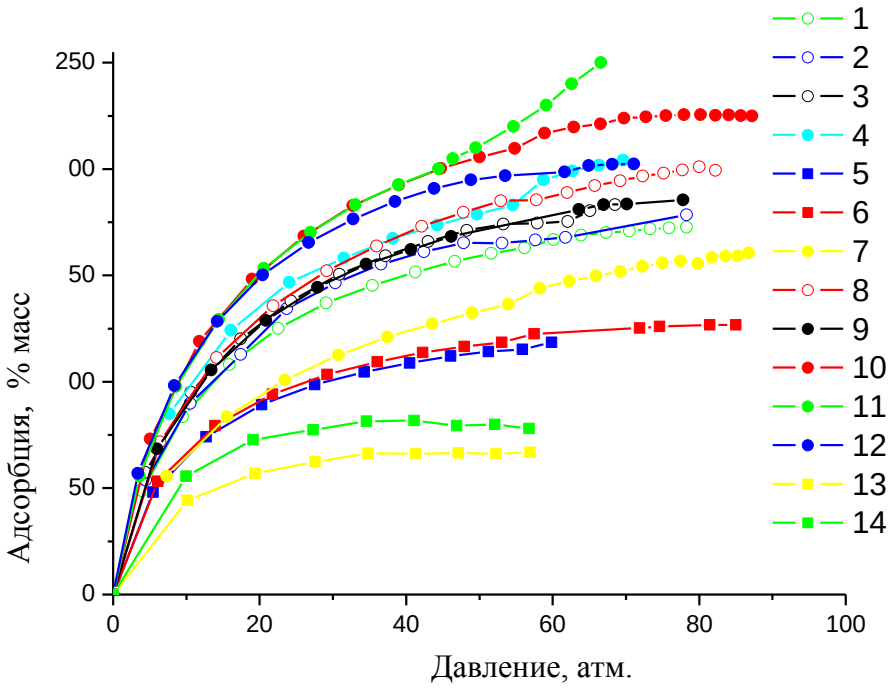


Рис.3. Изотермы адсорбции метана на образцах ПУМ (при Т=297 К)

Таблица 3

Сравнительные данные по адсорбции метана и водорода на образцах ПУМ

№	Обозначение	Предшественник	$A_{БЭТ}$, $м^2/г$	V_{μ}, $см^3/г$	Адс CH_4 $г/см^3$	Адс H_2 $мкг/м^2$	Относит. адсорбция CH_4/H_2 (при 60 атм.)	
							г/г	моль/моль
1	НФ	Фенол	2240	0,98	0,170	2,32	32,0	4,0
2	НОХ	8-оксихинолин	2550	1,21	0,138	2,23	29.3	3,7
3	НГХ	Гидрохинон	2450	1,22	0,143	2,28	31.2	3,9
4	НК	Нефтяной кокс	3330	1,28	0,153	3,84	15,3	1,9
5	ОНА1К	о-нитроанилин $К^+$	1670	0,79	0,150	2,75	25,6	3,2
6	ОНА2К	о-нитроацетонилид$К^+$	1690	0,80	0,152	3,72	19,3	2,4
7	ОНА1Na	о-нитроанилин Na^+	1920	1,05	0,138	3,33	22,6	2,8
8	ОНА2Na	о-нитроанилин Na^+	2560	1,25	0,151	2,42	30,5	3,8
9	ОНА3Na	о-нитроанилин Na^+	2510	1,31	0,137	2,99	23,8	2,8
10	ГХ1	Гидрохинон $К^+$	2700	1,38	0,158	3,37	23,9	3,0
11	ГХ2	Гидрохинон $К^+$	2840	1,50	0,153.	4,23	19,1	2,4
12	ГХ3	Гидрохинон $К^+$	2760	1,43	0,140	3,25	22,3	2,8

Видно, что значения адсорбции метана для всех исследованных образцов имеют некоторый разброс около средней величины 146 ± 20 мг$CH_4/см^3$ микропор. Для водорода, соответственно, величина адсорбции составила 6,2 ± 1,5 мг $H_2/см^3$ микропор или 2,8 ± 1,0 мкг $H_2/м^2$ суммарной поверхности. Какие-либо сильные отличия, обусловленные размером микропор или модификацией природы углеродной поверхности, например, из-за введения связанного азота, отсутствуют. Близкие значения аналогично рассчитанной удельной плотности метана в микропорах следуют и из анализа литературных данных [10, 11]. Это позволяет сделать вывод о том, что адсорбция и метана и водорода на микропористых углеродных системах пропорциональна объему микропор или удельной поверхности, т.е. обусловлена классическими механизмами чисто физической адсорбции.

В подтверждение этого на рис. 4 показана графическая корреляция между величинами адсорбции метана при 60 атм. и объемом микропор V_μ, измеренным по адсорбции азота. Величина адсорбции, выраженная в массовых процентах, описываются с коэффициентом корреляции 0,95 линейной зависимостью

$$A = 0{,}79 + 14{,}17V_\mu,$$

где V_μ - объем микропор, $см^3/г$.

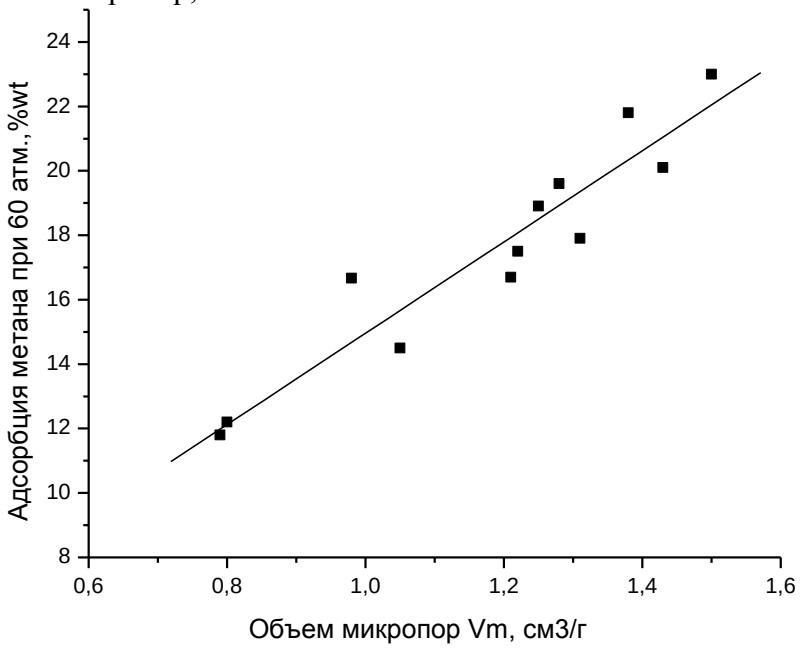


Рис. 4. Зависимость величины адсорбции метана на образцах ПУМ при давлении 60 атм. и температуре 297 К от объема микропор

Вывод об идентичности механизмов адсорбции метана и водорода на исследованных микропористых углеродных системах следует и из оценок соотношения величин адсорбции метана и водорода. Данные, приведенные в двух последних колонках табл. 3 и на рис.5 показывают, что для большинства исследованных образцов наблюдается пропорциональная зависимость между величинами адсорбции метана и водорода при одном и том же давлении 60 атм.

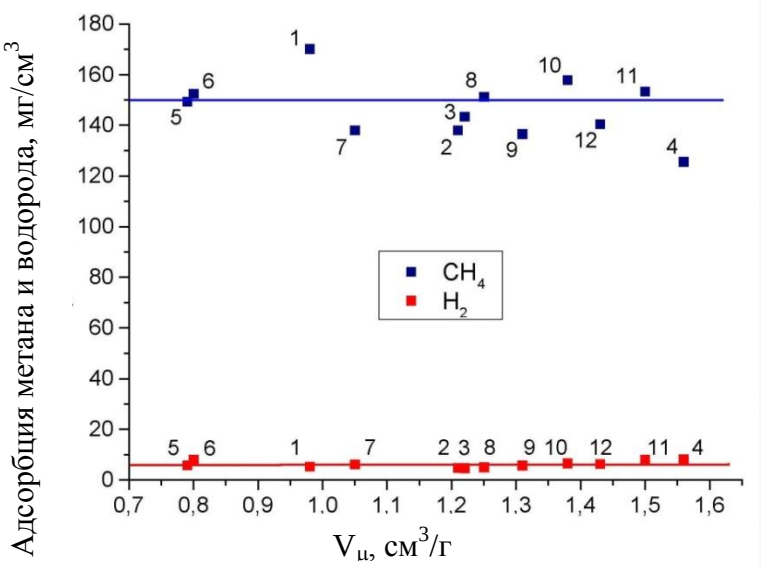


Рис.5. Зависимость удельной адсорбции CH_4 и H_2 от объема микропор $V\mu$

Адсорбция метана в большинстве случаев в 20-30 раз больше, чем водорода (оценка по соотношению масс), а мольное соотношение адсорбции CH_4/H_2 ~ 2,5 ÷ 3,5. Относительно

высокая адсорбция метана объясняется повышенным межмолекулярным взаимодействием метан/углерод и метан/метан. Малые вариации этого соотношения могут объясняться тем, что оба газа адсорбируются на одних и тех же центрах по механизму физической адсорбции.

Список литературы

1. Tan Z. and Gubbins K.E., J. Phys. Chem. B, 1990, V.94, P.6061.

2. Lozano-Castello D., Cazorla-Amorós D., Lineras-Solano A., and Quinn D.F., J. Phys. Chem. B, 2002, V.106, P.9372.

3. Lozano-Castello D., Alcañiz-Monge J., de la Casa-Lillo M.A., Cazorla-Amorós D., and Lineras-Solano A., Fuel, 2002, V.81, P.1777.

4. Quinn D.F., McDonald J.A., Carbon, 1992, V.30, P.1097.

5. Barton S.S., Evans M.I.B., Carbon, 1991, V.29, P.1099.

6. Alcañiz-Monge J., De la Casa-Lillo M. A., Cazorla-Amorós D., Linares-Solano A., Carbon, 1997, V.35, P.291.

7. Патент РФ № 2206394 Способ получения наноструктурированного углеродного материала / Барнаков Ч.Н., Сеит-Аблаева С.К., Козлов А.П., Рокосов Ю.В., Фенелонов В.Б., Пармон В.Н. Опубл. 20.06.2003. Бюл. № 17.

8. Патент РФ № 2307069 Способ получения азотсодержащего пористого углеродного материала. / Барнаков Ч.Н., Сеит-Аблаева С.К., Козлов А.П., Керженцев М.А., Шикина Н.В., Исмагилов З.Р., ПармонВ.Н. Опубл. 27.09.2007. Бюл. № 27.

9. Soave G., Chem. Eng. Sci., 1972, V.27, P.1197.

10. Matranga K.R., Myers A.L., Glandt E.D. Chem.Eng.Sci. 1992. V. 47. P. 569.

11. Tan Z., Gabbins K.E. J. Phys. Chem. 1992. V. 94. P. 6061).

УДК 543:553

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ, АНАЛИЗ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ, ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ

Вяткин В.П.,
Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск

Термический анализ природных минералов и геологических образований, искусственных минералов, смесей позволяет изучать:

- поведение минералов при разложении;
- анализ фазовых переходов;
- составы выделяющихся газовых образований и смесей, изучение газовых включений в минералах;
- качественное и количественное определение отдельных минералов в различных типах геологических образований;
- изучение структурного состояния воды и других веществ в минералах, их поведение при нагревании;
- исследование процессов образования новых минералов при высоких температурах и давлениях.

Для термического анализа природных минералов использовались системы STA 449 (Синхронный Термический Анализ, далее СТА) фирмы NETZSCH. Особенности приборов: высокая чувствительность по массе (в приборах STA 449 F1 разрешение прибора составляет 25 нг при навеске 5 г и при диапазоне измерений изменения массы 0…5 г), возможность подключения двух газовых анализаторов одновременно (ИК-Фурье спектрометр и квадрупольный масс-спектрометр), широкий диапазон температур (от -150 до 2400^{o}C), высокая

воспроизводимость измерений, точность измерения удельной теплоемкости ±2%, дрейф прибора по массе не превышает 1 мкг/час. Измерения возможны в различных газовых атмосферах, переключаемых программно, а также в вакууме.

Преимущество методов СТА-Фурье-ИК и/или СТА-масс-спектроскопии состоит в том, что они позволяют одновременно регистрировать выделяющиеся газы, фиксировать изменение массы и термические эффекты, происходящие в испытуемом образце. Они идеально подходят для анализа выделенных газов, в состоянии точно разделять следующие друг за другом ступени разложения и химически их идентифицировать. Метод СТА-Фурье-ИК может быть использован для разделения изомеров и даже для идентификации газов в комплексных смесях. Идентификация существенно облегчается при использовании информативных баз данных. Метод СТА-Фурье-ИК может быть использован для обнаружения почти всех газов за исключением гомоядерных двухатомных газов и инертных газов.

Масс-спектрометрия определяет отношение массы к заряду молекулярных фрагментов. Вследствие этого изотопы могут быть разделены и идентифицированы как атомы, так же как и симметричные молекулы. Для облегчения интерпретации используются базы данных спектров. Количественные расчеты данных Фурье-ИК- и масс-спектроскопии реализованы в импульсном термическом анализе с помощью системы NETZSCH PulseTA®. Этот метод основывается на впрыске определенного количества подобранного газа в поток продувочного газа, проходящего над образцом. Это приводит к реакциям, которые сопровождаются изменением массы и энтальпии исследуемого материала и к соответствующему изменению состава продувочного газа.

Большинство термоаналитических испытаний с заданной газовой атмосферой проводятся при атмосферном давлении в измерительной камере прибора. Выделяющиеся газовые образования пропускаются по транспортной линии к газовому детектору Фурье-спектрометра или соответственно через капилляр (или Skimmer-соединение) к масс-спектрометру. Поскольку квадрупольный масс-спектрометр работает при давлениях ниже 10^4 мбар, давление в системе сопряжения должно быть соответственно понижено. Высокую чувствительность и точность анализа выделенных газов можно получить, когда порция газа из атмосферы пробы без изменений будет доставлена к газовому анализатору. Проблемы конденсации и разделения газов (например, из-за десорбции, различной подвижности молекул и молекулярных фрагментов) в системах NETZSCH устранены благодаря оптимальной конструкции и обогреваемых путей подвода газа

Баритовая руда KAL 41. На рис. 1 приведены температурные зависимости изменения массы, скорости теплового потока (ДСК сигнал) и расчетного ДТА сигнала (с помощью программного обеспечения) для образца KAL41.

Данные ТГ и Фурье-ИК анализа для баритовой руды KAL-41 представлены на рис. 2. Различным цветом выделены скомпилированные по температуре и времени данные регистрации выделяющихся газовых образований Фурье-ИК спектрометром фирмы BRUKER. Передача газовых образований из камеры печи термического анализатора в термокювету ИК-спектрометра проводилась по нагреваемой до 230^{o}C линии подачи газов.

На рис. 3 а,б показано разложение доломита (двойной карбонат магния и кальция), которое является двухстадийным процессом, до оксидов магния и кальция. В атмосфере азота эти стадии разрешаются не полностью. Первая стадия – разложение карбоната магния, вторая – разложение карбоната кальция. Условия измерения: поток азота 20 мл/мин., платиновые тигли, масса образца 24,8 мг (рис. 3а).

Проведение измерений в атмосфере CO_2 приводит к полному разделению стадий разложения доломита. Вторая стадия - разложение карбоната кальция, сильно сдвигается в область более высоких температур при CO_2 атмосфере (рис. 3б).

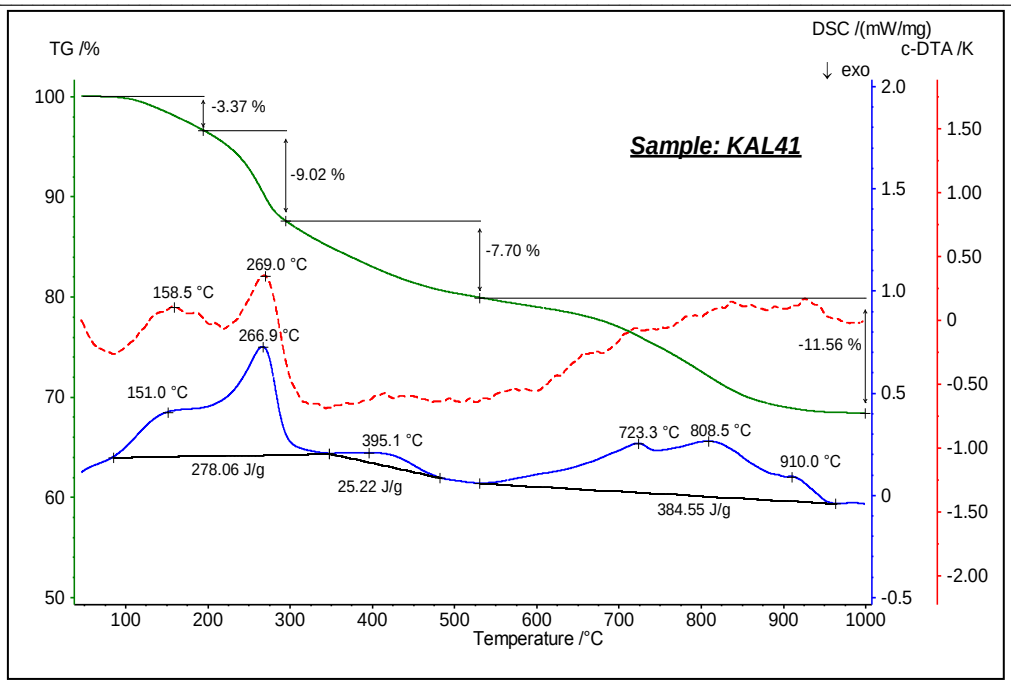


Рис. 1. Температурные зависимости изменения массы, скорости теплового потока и расчетного ДТА сигнала для образца KAL41

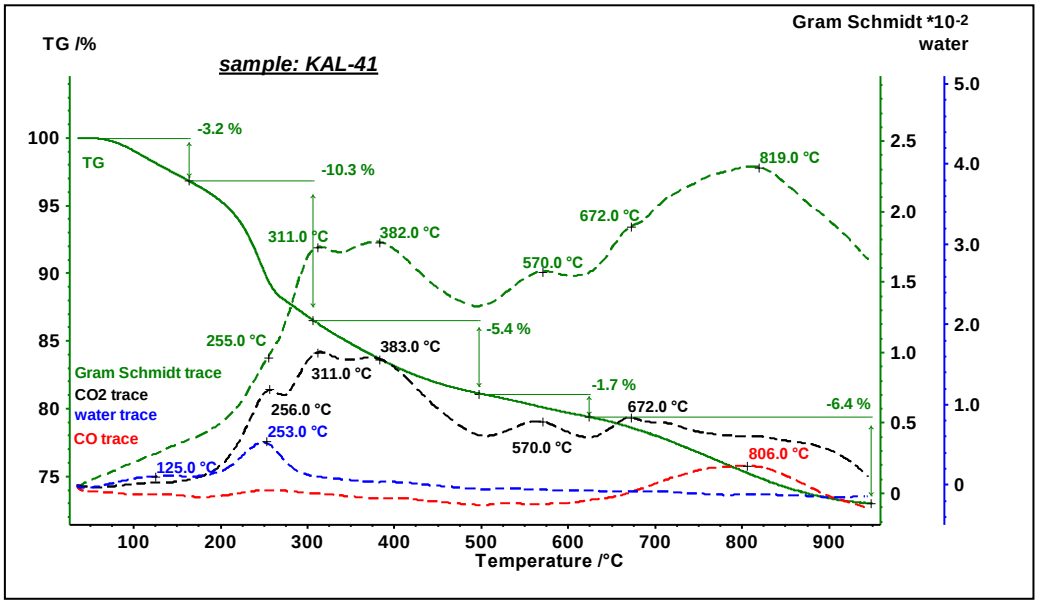
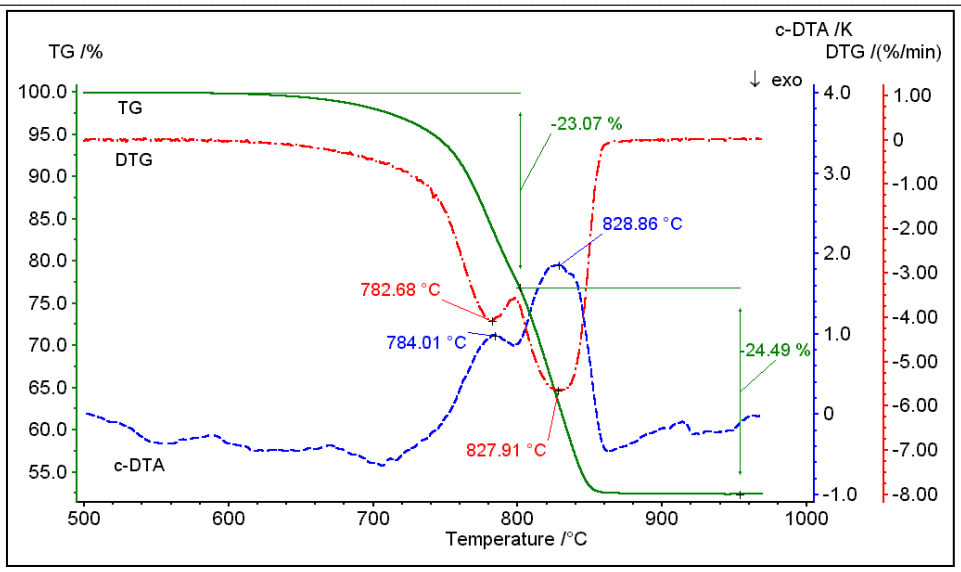


Рис. 2. Данные ТГ и Фурье-ИК анализа для баритовой руды KAL-41

Сравнения кривых ТГ (потери массы) показывает влияние атмосферы CO_2 на разложение доломита очень отчетливо: при реакции разложения выделяется CO_2, поэтому внешняя CO_2 атмосфера задерживает разложение более чем на 100°C. Интересно также, что второй этап разложения - разложение карбоната кальция, гораздо больше зависит от CO_2, чем первая стадия разложения - разложение карбоната магния. Подобный эффект может быть достигнут, когда более высокое парциальное давление CO_2 создается самим образцом - большое количество образца, зависимость от структуры, толщины и плотности образца, уровня нагрева и т.д. Если диффузия CO_2 в начале разложения затруднена, то при более высоких температурах диффузия CO_2 приводит к сдвигу второй стадии разложения к более высоким температурам.

а)



б)

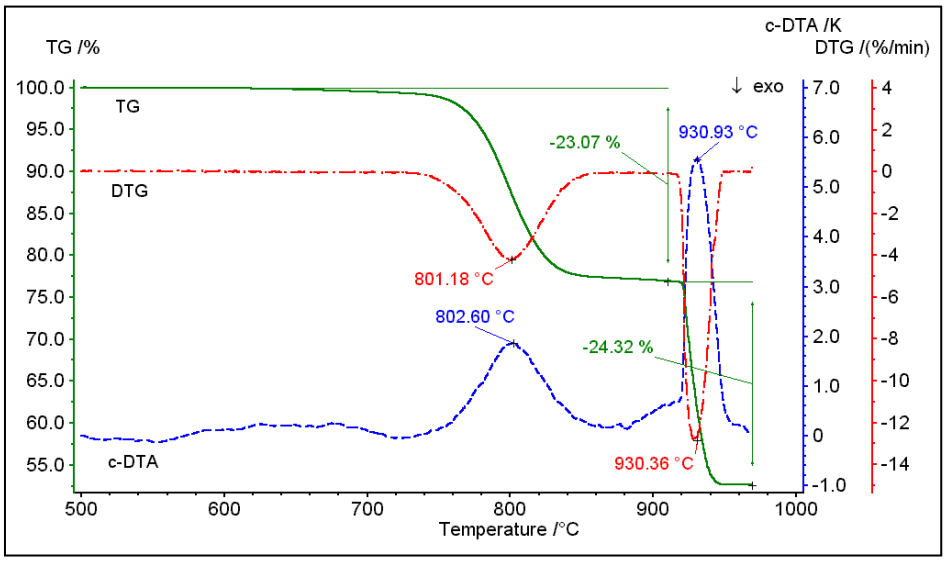


Рис. 3. Разложение доломита до оксидов магния и кальция: а- в атмосфере азота; б – в атмосфере CO_2

Для сравнения влияния атмосферы на изменение массы образца на рис. 4 представлены ТГ – кривые разложения доломита в различных атмосферах.

Монтмориллонит является алюмосиликатом, который содержится, например, в глинах. На рис. 5 можно наблюдать три эндотермических эффекта: первый интенсивный, низкотемпературный эффект, отвечает выделению адсорбционной и межпакетной воды, два последующих удалению структурной гидроксильной группы.

Во время второго эндотермического эффекта выделяется основная порция структурной воды и происходит частичная аморфизация вещества, а третий обусловлен выделением незначительного количества оставшейся структурной воды 1% и сопровождается полным разрушением структуры монтмориллонита, при 950-1100^{o}C происходит кристаллизация новых фаз – образование шпинели.

Применение уникальных по точности приборов для термического анализа фирмы NETZSCH позволяет проводить прецизионные измерения при высоких температурах и очень высоким разрешением пиков теплофизических процессов. Наиболее точные результаты можно получить, применяя специализированные приборы и расширенное программное обеспечение.

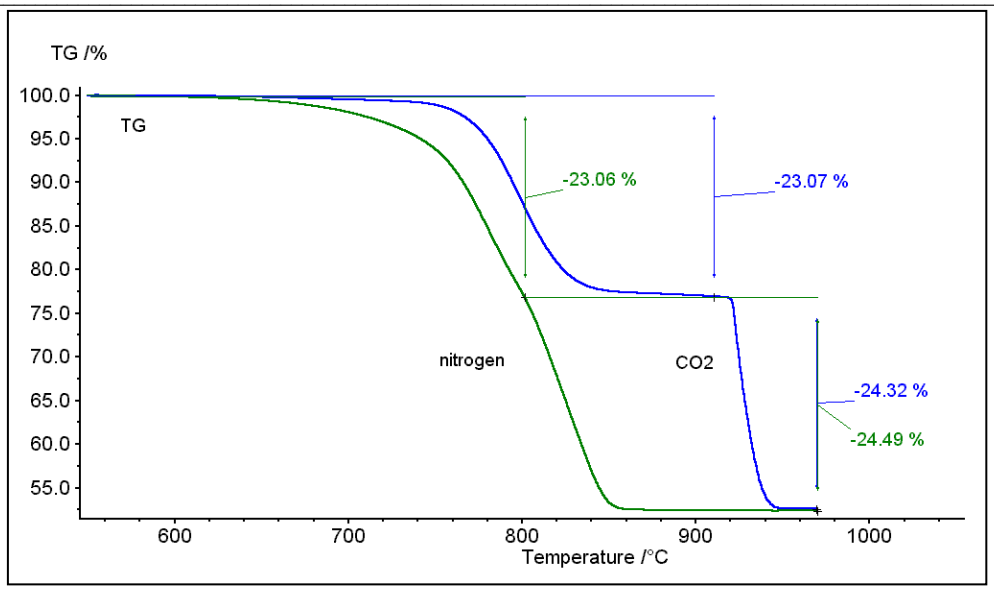


Рис. 4. Термогравиметрические кривые разложения доломита в различных атмосферах

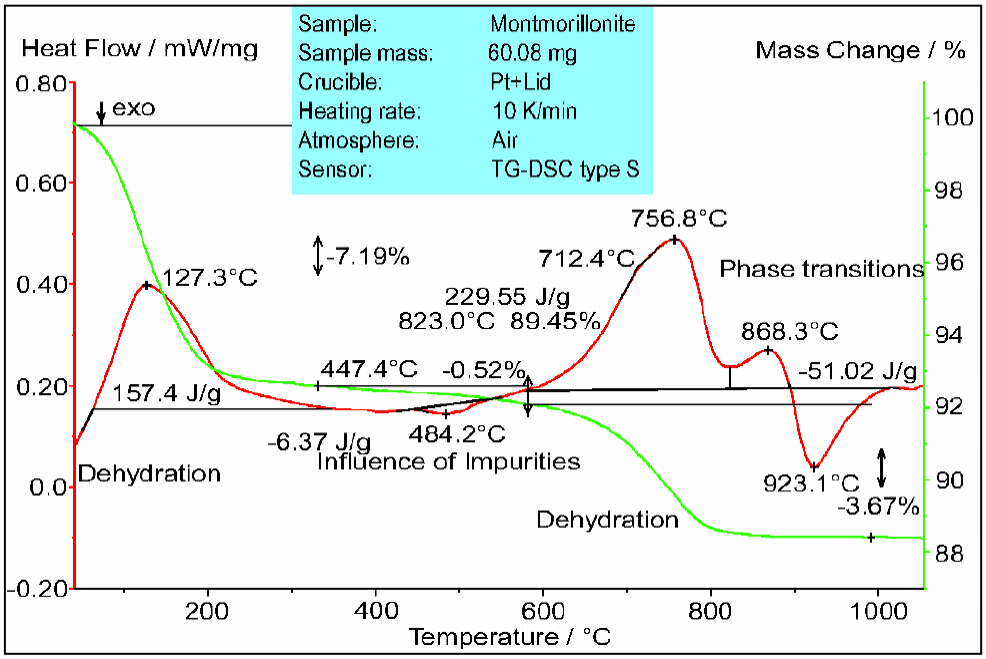


Рис. 5. Монтмориллонит, измерения на приборе STA 449 F3

Измерения α-β перехода в кварце, применяя микротермовесы TG 209 F1 с возможностью измерения в режиме c-DTA (расчетный ДТА), приведены на рис. 6. Образец: 50,3 мг, Pt-тигли, скорость нагревания 20 K/мин, поток воздуха 20 мл/мин. Показано, что α-β переход в чистом кристаллическом кварце четко обнаруживается с началом при около 540°C, а пик при 573°C. Медленный старт при достаточно низких температурах является типичным для этого "лямбда-типа" перехода. Хорошо видно, что в применяемом диапазоне температур не происходит изменение массы образца.

Более точно определить температуры α-β перехода в кварце можно, применяя дифференциальный сканирующий калориметр исследовательского класса DSC 204 F1 NETZSCH (рис. 7). При этом, используя возможность контролируемого охлаждения, можно получить очень хорошее разделение близко расположенных пиков и точно определить температуры переходов.

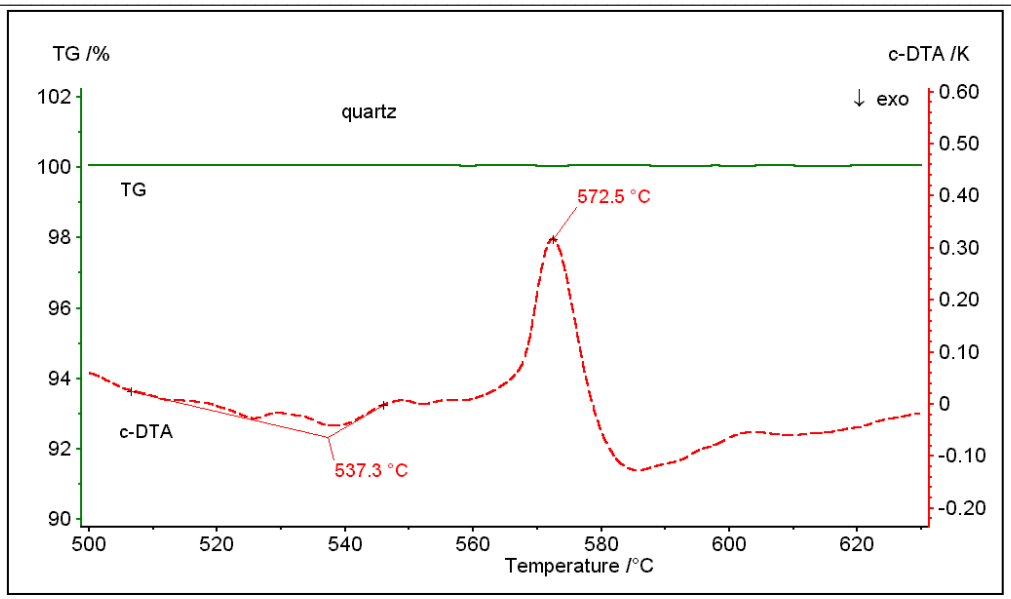


Рис. 6. Измерения α-β перехода в кварце (микротермовесы TG 209 F1)

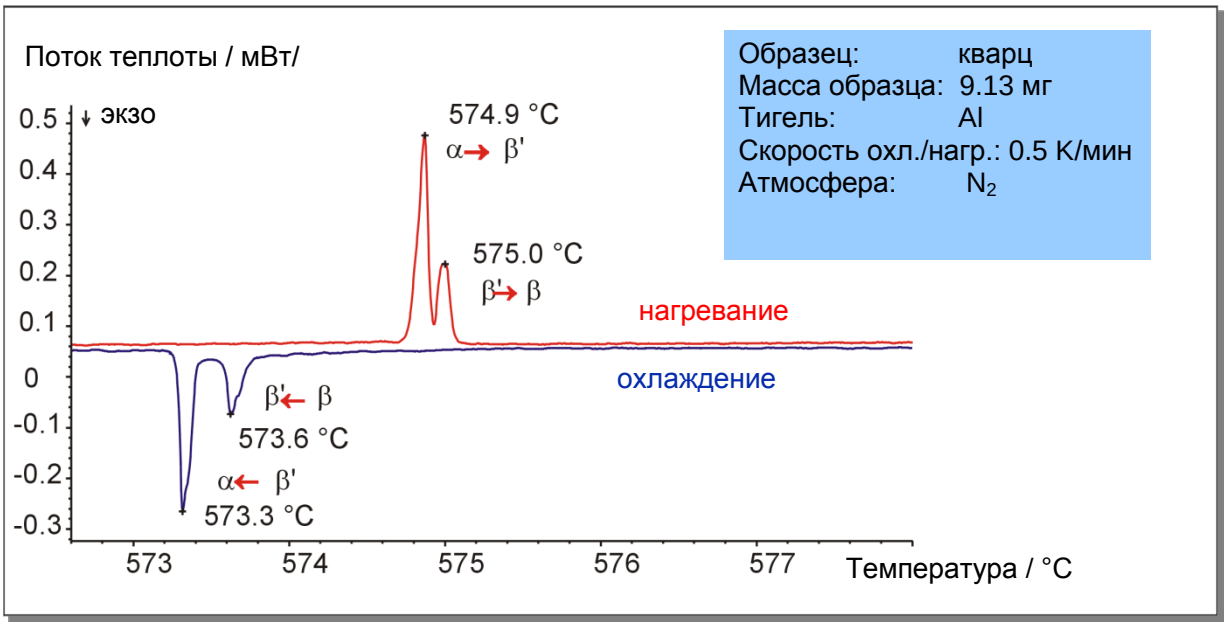


Рис. 7. Измерения α-β перехода в кварце (дифференциальный сканирующий калориметр DSC 204 F1 NETZSCH)

УДК 622.831.245:622.281.274

ДЕГАЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Анаев И.В., Ремезов А.В.
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Развитие угольной промышленности в последние годы характеризуется ростом эффективности производства, сопровождающимся существенным усложнением условий труда. Несмотря на значительный рост уровня механизации производственных процессов, угольная промышленность остается одной из наиболее трудоемких и опасных отраслей производства. Применение высокопроизводительной техники позволило кардинально увеличить нагрузку на очистные забои за последние десятилетие (в 2008г. она превысила 3000т/сут), что, однако,

в несколько раз меньше достигнутой передовыми угледобывающими странами. Частично это объясняется более высокой газоносностью угольных пластов. Современный уровень применяемой техники, позволяет обеспечивать нагрузки на очистные забои в 10000÷15000 и более тонн в сутки. При таких нагрузках даже в шахтах III категории газовыделение добычного участка может достигать 30-40 и более $м^2$ /мин, в этих условиях возможности вентиляции практически исчерпаны. Метан, выделяющийся в горные выработки, сдерживает темпы добычи угля, повышает его себестоимость и снижает уровень безопасности труда шахтеров. Основная проблема угольного метана – метанобезопасность угольных шахт. За постсоветский период (1991-2009 гг.) на шахтах России произошло более 200 взрывов, число пострадавших составило более 1400 человека. Взрывы и вспышки метана инициируют взрывы угольной пыли, сопровождаются тяжелым материальным ущербом и большим числом человеческих жертв. В этих условиях обеспечение эффективного управления метановыделением разрабатываемого пласта при высокопроизводительной отработке газоносных угольных пластов на основе комплексной дегазации является актуальной научной задачей. В настоящее время дегазация является неотъемлемым элементом технологии разработки газоносных угольных пластов, направленным на обеспечение безопасности труда горняков и повышение эффективности горного производства.

Выбор способов дегазации производится на основе данных о структуре газового баланса выработки и с учетом возможных конкретных условиях коэффициентов дегазации. В первую очередь следует дегазировать источник, дегазация которого обеспечит наибольшее снижение газообильности выработки. Текущий контроль эффективности дегазации выбросоопасного пласта осуществляется в соответствии с "Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, склонных к внезапным выбросам угля, породы и газа". Дегазацию разрабатываемого пласта скважинами, пробуренными из горных выработок, целесообразно применять при метаноносности пласта более 15 $м^3$/т на тонких пластах и более 10 $м^3$/т на пластах средней мощности и мощных. На пластах с низкой отдачей газа в скважины необходимо применять способы интенсификации дегазации, основанные на искусственном образовании в угольном массиве дополнительной сети трещин и последующем проведении в обработанной зоне дегазационных скважин. Интенсификация процесса дегазации разрабатываемого пласта осуществляется путем гидродинамического воздействия на угольный массив через скважины в режиме статического или импульсного нагнетания жидкости. Дегазацию выработанного пространства на выемочных участках следует применять в тех случаях, когда способами дегазации сближенных и разрабатываемого пластов не удается снизить газообильность очистного участка до допустимого по фактору вентиляции уровня. Комплексная дегазация-это комбинация способов дегазации источников метановыделения. Она применяется в условиях, когда метанообильность выемочного участка или поля не удается снизить до допустимого уровня. Контроль эффективности применяемых на шахте способов (схем) дегазации осуществляется путем замера дебитов метана на скважинах, расчета фактических коэффициентов дегазации источников метановыделения и сравнения их с проектными значениями. Периодичность контроля эффективности дегазации на участках составляет: не реже одного раза в неделю при предварительной дегазации разрабатываемых пластов и при дегазации сближенных пластов скважинами, пробуренными из горных выработок; не реже двух раз в неделю при дегазации пласта барьерными скважинами и скважинами, функционирующими вблизи очистного забоя, а также при дегазации сближенных пластов и выработанного пространства скважинами, пробуренными навстречу очистному забою из погашаемых за лавой выработок. Контроль работы вакуум-насосных станций (стационарных, временных, передвижных) осуществляется дежурным машинистом не реже трех раз в смену. Контролируются разрежение на вакуум-насосах, давление на нагнетательном газопроводе, концентрация метана в отсасываемой смеси, температура отсасываемой газовоздушной смеси и воды, подаваемой для охлаждения вакуум-насосов. Расходы каптируемой газовой смеси и метана рассчитываются на основе измеренных величин давления и температуры газа в нагнетатель-

ном газопроводе (или свече), перепада давлений на диафрагме и концентрации метана в смеси.

Дегазацию при проведении капитальных и подготовительных выработок необходимо применять в тех случаях, когда средствами вентиляции невозможно разбавить содержание метана до допустимых ПБ норм. Для снижения газообильности выработок может применяться предварительная дегазация пласта угля, осуществляемая до проведения выработки, или дегазация горного массива в период проведения выработки. Наиболее эффективным способом снижения метановыделения в подготовительные выработки является предварительная дегазация угольного массива восстающими, горизонтальными или нисходящими скважинами. Срок предварительного каптажа газа до начала проходческих работ на подготавливаемом участке должен приниматься не менее 6 и 12 месяцев соответственно для восстающих (горизонтальных) и нисходящих скважин. В целях сокращения указанных сроков следует применять предварительную дегазацию в сочетании с гидроразрывом пласта. При проведении выработок дегазация пласта осуществляется через скважины, пробуренные с опережением забоя выработки, и скважины, расположенные в ее боках. На пластах с невыдержанной гипсометрией дегазацию пласта целесообразно проводить через короткие скважины или шпуры. Устья скважин герметизируются на 3-5 м, шпуров - на 1,5-2 м. Барьерные скважины, расположенные на расстоянии 300-400 м от забоя выработки, могут быть отключены от дегазационной сети.

При проведении вертикальных выработок (стволов, шурфов, гезенков) дегазация осуществляется скважинами, пробуренными с поверхности (рис. 1а) или из буровых камер (рис. 1б). Скважины располагаются параллельно выработке на расстоянии 2,5-3 м от ее стенок. Длина скважин 30-100 м, диаметр 80-100 мм. Величина неснижаемого опережения скважинами забоя выработки должна быть не менее 10 м. Газоносный угольный пласт или слой газосодержащей породы перебуривается полностью.

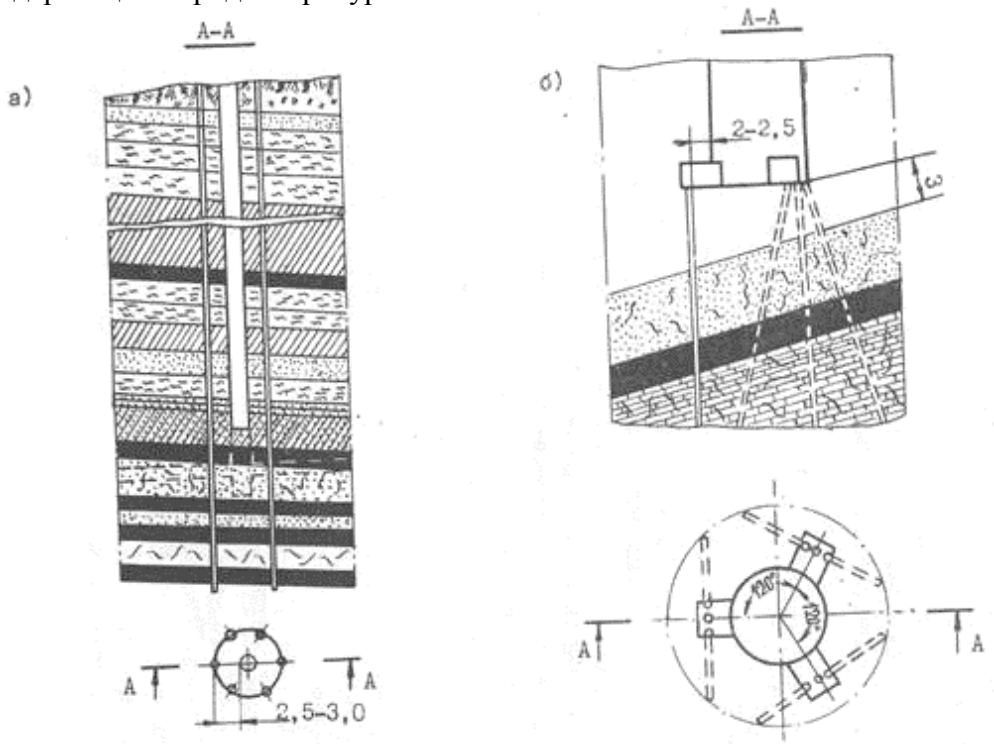


Рис. 1. – Дегазация при проведении вертикальных выработок: а - бурение скважин с дневной поверхности; б - бурение скважин из специальных камер

При проведении квершлагов дегазация осуществляется скважинами, пробуренными из камер (рис. 2, *а*). Бурение скважин начинают до подхода забоя квершлага к угольному пласту или газосодержащему слою породы не ближе 5 м. Длина скважин не менее 30 м, диа-

метр 80-100 мм, количество скважин, пробуренных из одной камеры, в пределах 2-5, Направление бурения скважин выбирается исходя из условия, чтобы скважины пересекли газоносный слой или пласт по окружности диаметром от 1,5 до 3 диаметров выработки.

При проведении полевых выработок вблизи метаноносных угольных пластов и пород скважины располагаются по схеме, приведенной на (рис. 2, *б* - при проведении полевой выработки под пластом; *в* - при проведении полевой выработки над пластом).

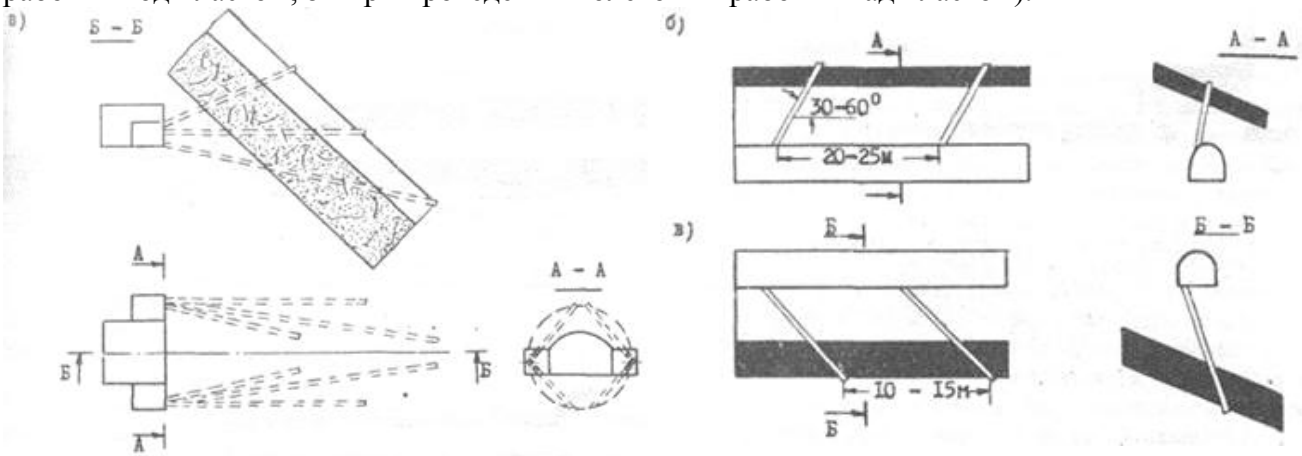


Рис. 2. – Дегазация при проведении квершлагов: *а*- пересечение скважин квершлагом; *б* - проведение полевой выработки под пластом; *в* - проведение полевой выработки над пластом

Длина скважин определяется в зависимости от расстояния до источника газовыделения, диаметр 80-100 мм. Бурение и оборудование скважин должно быть завершено до начала разгрузки сближенного пласта.

При проведении подготовительной выработки по газоносному угольному пласту дегазацию рекомендуется осуществлять с помощью барьерных (ограждающих, законтурных) скважин. На пологих и наклонных пластах барьерные скважины бурятся из камер параллельно или под некоторым углом к оси выработки (рис. 3, *а* - при проведении одиночных выработок; *б* - при проведении парных выработок). Длина скважин до 100-150 м, диаметр 60-100 мм. Расстояние между камерами на 15-20 м меньше длины скважин. При длине подготовительных выработок до 200 м барьерные скважины бурятся на всю Длину будущей выработки.

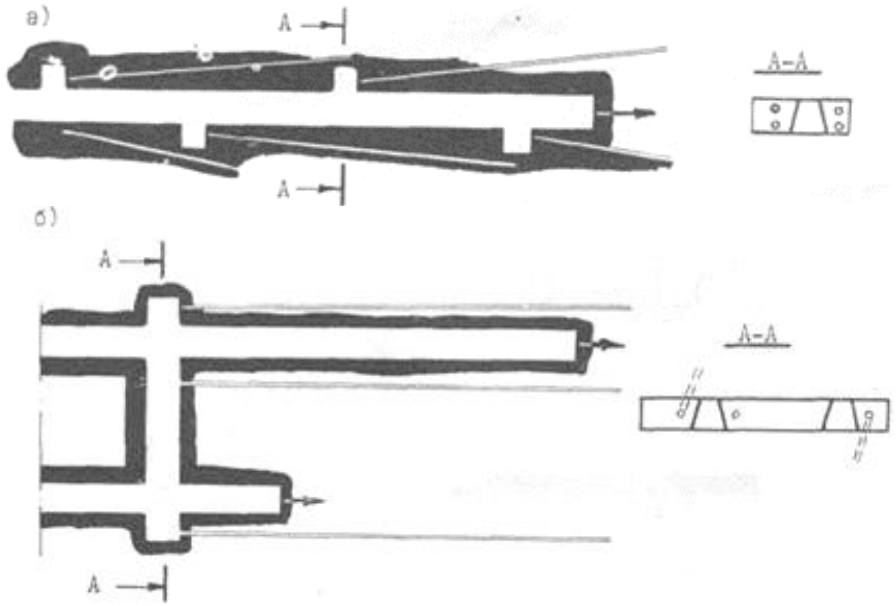


Рис. 3. - Дегазация при проведении подготовительной выработки по газоносному угольному пласту: *а* - одиночная выработка; *б* - парные выработки

При проведении выработки по крутым угольным пластам дегазация осуществляется барьерными скважинами, расположенными над выработкой на расстоянии 2-4 м от нее (рис. 4, *а* - пластовыми скважинами). Если мощность пласта превышает ширину выработки в 2 раза и более, то барьерные скважины располагаются еще и сбоку выработки. Количество скважин принимается в зависимости от мощности пласта (на каждые 1,5-2 м мощности по одной скважине). Если вблизи проводимой выработки (не далее 30 м) имеется полевой штрек или выработка по сближенному пласту, то дегазация осуществляется барьерными скважинами, пробуренными вкрест простирания пластов (рис. 4, *б* - скважинами, пробуренными вкрест простирания пласта).

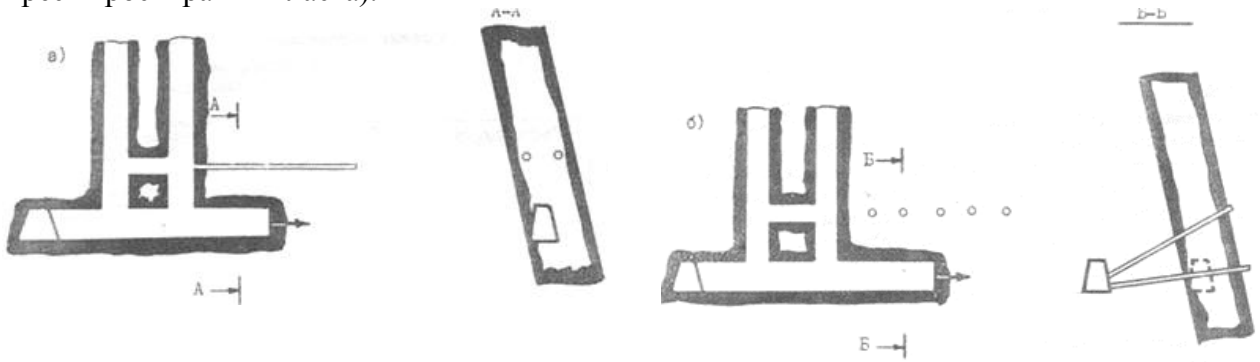
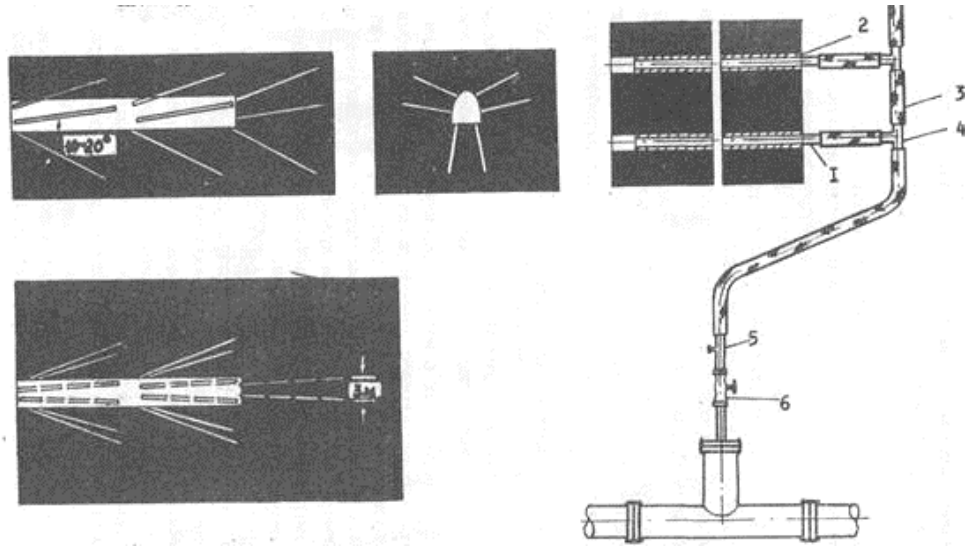


Рис. 4. - Дегазация при проведении выработки по крутым угольным пластам: *а* - пластовыми скважинами; *б* - скважинами, пробуренными вкрест простирания пласта

Скважины бурятся из полевого штрека таким образом, чтобы один ряд скважин располагался на 2-4 м выше будущей выработки, а другой ряд - вблизи оси выработки.

При проведении выработок по пластам с невыдержанной гипсометрией дегазация осуществляется с помощью коротких скважин или шпуров, пробуренных в окружающий выработку угольный массив (рис. 5). Короткие скважины или шпуры бурятся под углом до 30° к оси выработки с таким расчетом, чтобы их забои находились на расстоянии до 5-6 м от стенок выработки. Скважины располагаются через 5-10 м по длине выработки с отставанием от ее забоя не более 5 м.



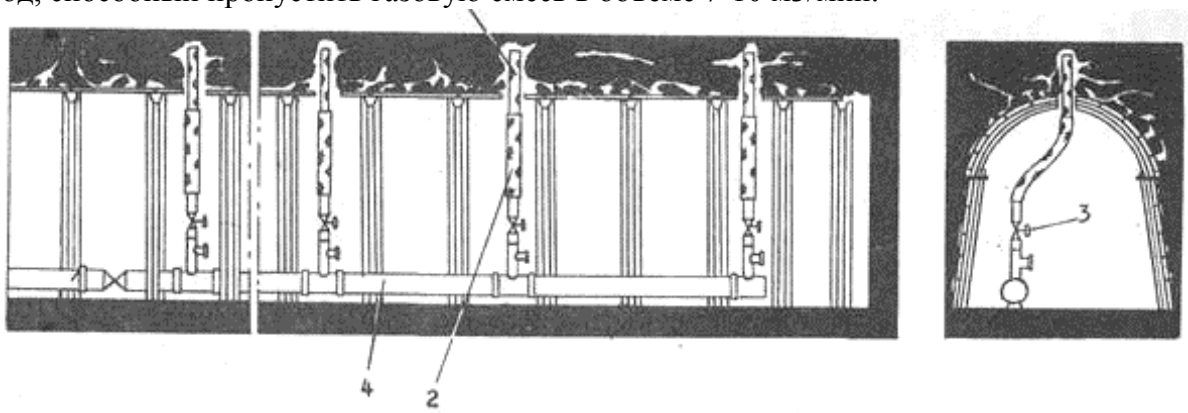
1-обсадная труба; 2-уплотнитель; 3-резиновый шланг; 4-тройник; 5- измерительный штуцер; 6-вентиль

Рис. 5 - Дегазация при проведении выработок по пластам с невыдержанной гипсометрией

.

В выработках с метановыделением более 5 м3/мин в качестве дополнительного способа дегазации рекомендуется применять изолированный отвод метана (рис.6). Сущность

метода заключается в отводе метана, выделяющегося из обнаженных поверхностей пласта и скапливающегося за крепью выработки. Для отвода газа по выработке прокладывают газопровод, способный пропустить газовую смесь в объеме 7-10 м3/мин.



1 - газоотводная трубка; 2 - резиновый шланг; 3 - вентиль; 4 - газопровод
Рис. 6. - Изолированный отвод метана

В случае низкой продуктивности барьерных скважин рекомендуется производить гидроразрыв угольного массива. Скважины гидроразрыва (рис. 7, а - барьерные скважины; б - скважины гидроразрыва) бурятся в одной из боковых стенок выработки с таким направлением, чтобы концы обсадных труб не выходили на контур будущей выработки. Бурение барьерных скважин осуществляется после гидроразрыва пласта.

а *б*

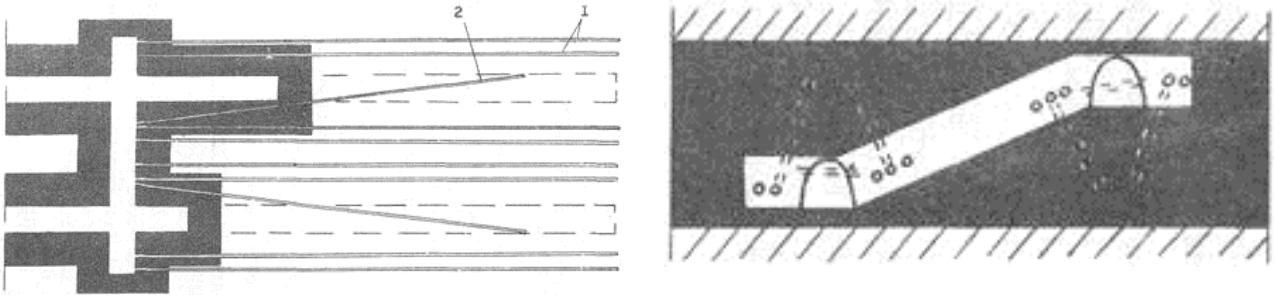
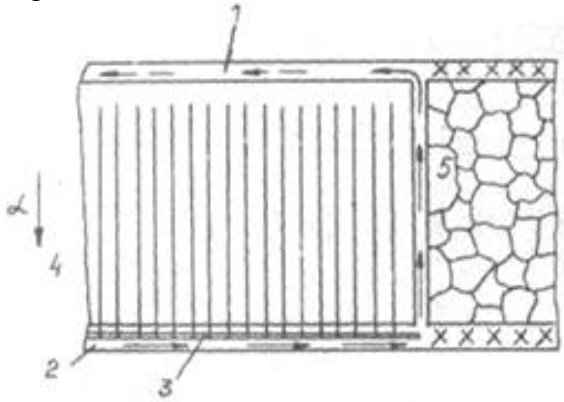
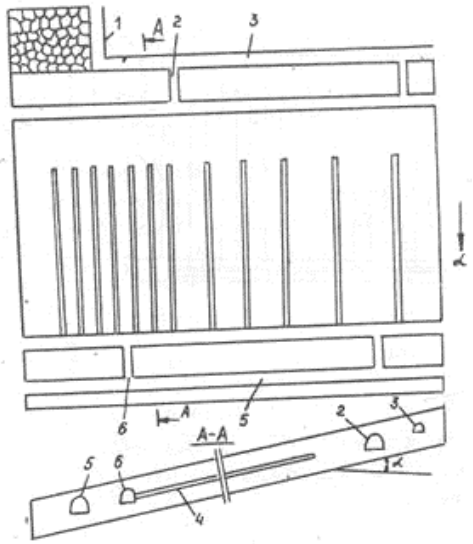


Рис. 7. - Гидроразрыв угольного массива: а - барьерные скважины; б - скважины гидроразрыва

Участки пласта, отрабатываемые короткими и средней длины лавами, дегазируются по схемам, приведенным на рис. 8-13.

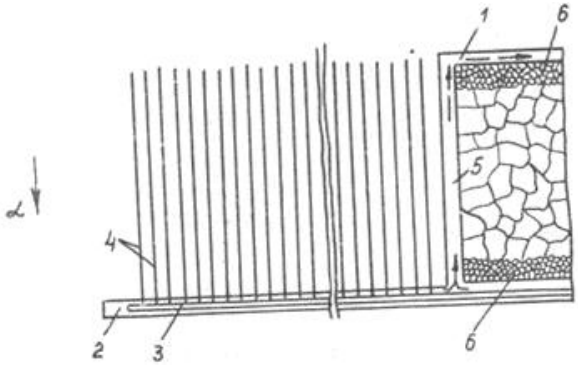


1 - вентиляционный штрек; 2 - откаточный штрек-3 - газопровод; 4 - дегазационные скважины; 5 - очистной забой
Рис. 8. Схема дегазации разрабатываемого пласта скважинами, пробуренными по восстанию из откаточного штрека при столбовой системе разработки



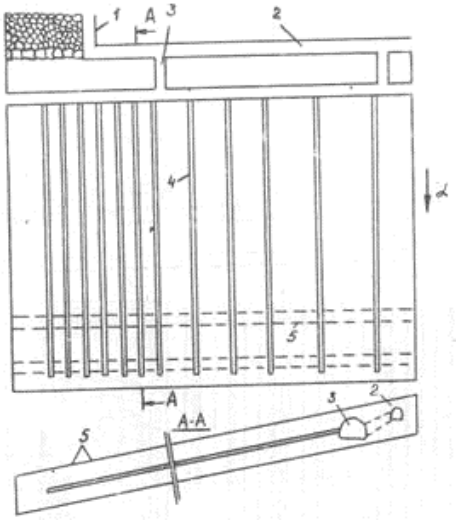
1 - лава; 2, 3 - соответственно откаточный и конвейерный штреки действующего горизонта; 4 - дегазационные скважины; 5, 6 - соответственно откаточный и конвейерный штреки подготавливаемого горизонта

Рис. 9. Схема дегазации мощного пласта восстающими скважинами



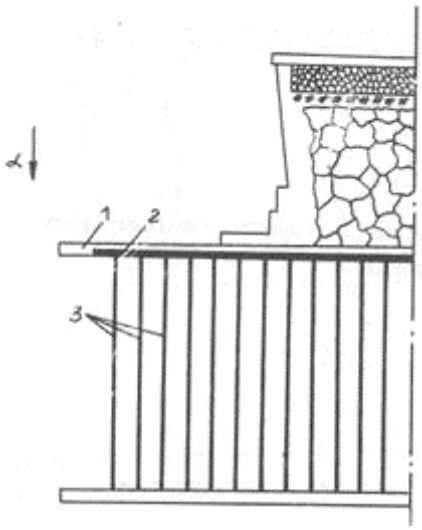
1 - вентиляционный штрек; 2 - откаточный штрек; 3 - газопровод; 4 -дегазационные скважины; 5 - очистной забой; 6 - бутовая полоса

Рис. 10. Схема дегазации разрабатываемого пласта восстающими скважинами из опережающей части откаточного штрека при сплошной системе разработки



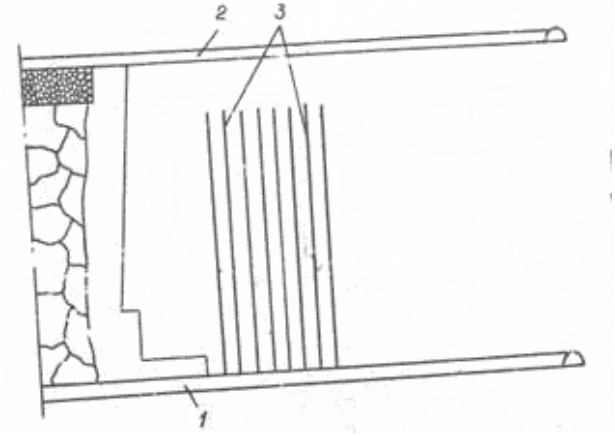
1 - лава; 2, 3 - соответственно конвейерный и откаточный штрек действующего горизонта; 4 - нисходящие скважины; 5 - будущие откаточный и конвейерный штреки

Рис. 11. Схема дегазации мощного пологого пласта нисходящими скважинами



1 - откаточный штрек; 2 - газопровод; 3 - дегазационные скважины

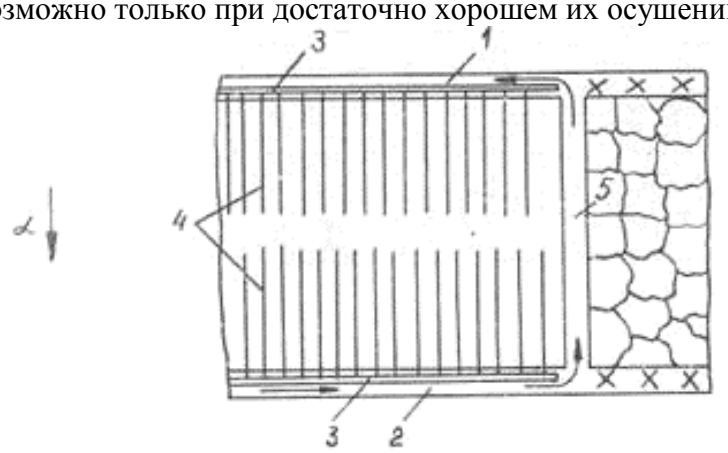
Рис. 12. Схема дегазации разрабатываемого крутого пласта сквозными нисходящими скважинами, пробуренными из откаточного штрека действующего горизонта



1 - откаточный штрек; 2 - вентиляционный штрек; 3 - восстающие скважины

Рис. 13. Схема дегазации разрабатываемого крутого пласта восставшими скважинами при столбовой системе разработки

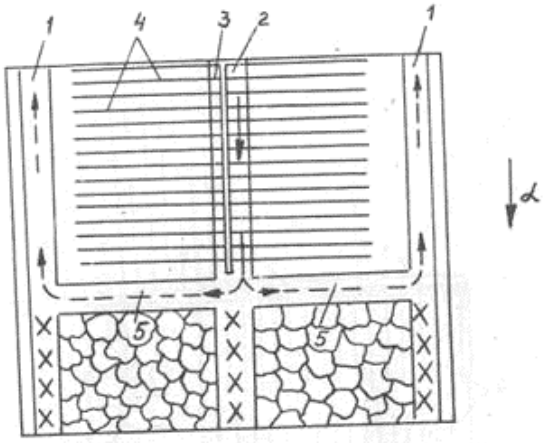
При большой длине лавы (свыше 250 м) дегазация угольного пласта должна производиться восстающими и нисходящими скважинами (рис. 14). Эффективное применение нисходящих скважин возможно только при достаточно хорошем их осушении.



1 - вентиляционный штрек; 2 - откаточный штрек; 3 - газопровод; 4 - дегазационные скважины; 5 - очистной забой

Рис. 14 - Дегазация угольного пласта при большой длине лавы

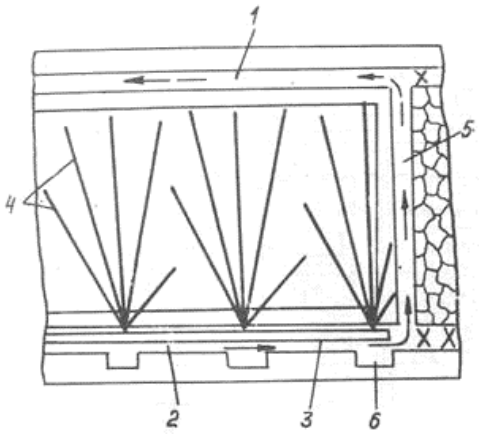
При столбовых системах разработки с выемкой по восстанию или падению скважины бурятся из наклонных выработок по простиранию пласта (рис. 15).



1 - бортовые вентиляционные выработки; 2 - сборная конвейерная выработка; 3 - газопровод;.4 - дегазационные скважины; 5 - очистной забой

Рис. 15 - Дегазация при столбовых системах разработки

На рис. 16 приведена схема дегазации веерными восстающими скважинами, пробуренными в плоскости пласта. Скважины бурятся по восстанию пласта, чтобы обеспечить быстрое осушение скважин.



1 - вентиляционный штрек; 2 - откаточный штрек; 3 - газопровод; 4 — дегазационные скважины; 5 - очистной забой; 6 - камера

Рис. 16 - Схема дегазации веерными восстающими скважинами

Представленные схемы это лишь часть способов дегазации угольных пластов. Развитие технологии облегчило задачу дегазации угольных шахт. В зависимости от геологических особенностей пластов дегазация может проводиться посредством бурения вертикальных скважин в неотработанные и отработанные участки или горизонтальных и наклонных скважин из шахтного пространства.

Накопленный опыт в изучении метаноносных пластов позволил лучше адаптировать систему дегазации к конкретному резервуару и повысить эффективность производимых операций.

Список литературы

1. Руководство по дегазации угольных шахт. - М.: Недра, 1990. - 186 с.
2. Колмаков, В. А. Метановыделение и борьба с ним в шахтах. - М.: Недра, 1981. -134с.
3. Ножкин, Н. В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений. - М.: Недра, 1979. - 48 с.

УДК 622.817.47.

ПРОБЛЕМА ШАХТНОГО МЕТАНА В РОССИИ

Лемзяков О.Н., Ремезов А.В.
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

В Российской Федерации около 50% каменного угля добывается подземным способом, месторождения угля являются самыми метаноносными - 11,6 м^3/т. Фактические объемы метановыделения при подземной добыче угля в России составляют в среднем 18,6 м^3/т. Шахтами РФ выделяется от 1,2 до 1,35 млрд м^3 шахтного метана в год, при этом менее 4% его утилизируется, остальной объем извлекаемых метановоздушных смесей (МВС) выбрасывается в атмосферу Земли. Метанообильность ряда шахт РФ при объеме добычи угля до 3-4 млн тонн в год достигает 150-200 м^3/мин. Поэтому для угольной отрасли России, разрабатывающей наиболее метаноносные в мире пласты угля с содержанием метана в среднем 8,3кг/т угля против среднемирового показателя, равного 4,9кг/т, крайне актуальным является устранение отрицательного влияния «газового фактора» и достижение следующих значимых целей:

- предотвращения катастрофических аварий по фактору взрывов и вспышек метанопылевоздушных смесей в российских шахтах. За 13 лет (1997-2010 гг.) на шахтах РФ только в крупных авариях по данному фактору, таких, в частности, как аварии на шахтах «Ульяновская», «Юбилейная», (2007г.), «Распадская» (2010г), погибли 480 человек;

- интенсификация горных работ и повышение нагрузки на очистной забой за счет снятия так называемого «газового барьера» в метанообильных шахтах. При прочих равных условиях (в отсутствии дегазации) из-за высокой метанообильности производительность очистных забоев на шахтах с газообильностью более 7-10 м^3 на 1 т добычи угля в 2-3 раза выше, чем в забоях шахт с газообильностью более 20 м^3 /т добычи угля;

- комплексное использование энергетического потенциала разрабатываемых метаносодержащих угольных пластов и вовлечении в хозяйственный оборот ресурсов шахтного метана. Геологические ресурсы шахтного метана на горных отводах действующих шахтах составляют минимально 7,84 млрд м^3 в Печерском угольном бассейне и 25,3 млрд м^3 в Кузбассе при современных объемах угледобычи. Однако извлекаемый шахтный метан не имеет статуса попутного полезного ископаемого, что является одним из сдерживающих факторов для его извлечения и утилизации.

Основным мотивирующим фактором извлечения шахтного метана при подземной добыче угля в России является обеспечение безопасности горных работ по газовому фактору. Необходимо указать на следующие основные причины, обусловившие остроту проблемы «газового фактора» в период 1996-2010гг.:

- действие устаревших нормативно-методических документов - ключевые инструкции для обеспечения безопасности по газовому фактору, такие как, «Руководство по проектирования вентиляции» и «Руководство по дегазации угольных шахт», были приняты в конце 1980-х гг., когда производительность очистных забоев была на порядок ниже достигнутой в настоящее время. Тем не менее 1-ый документ действителен до настоящего времени- ведется разработка его новой версии, действие 2-го отменено только в 2007г.;

- резкий рост концентрации и интенсификации горных работ, необходимостью обеспечения конкурентоспособности подземного способа добычи в России. Средняя производительность очистных забоев в Кузбассе за указанный период возросла более чем в 5 раз;

- низкий технико-технологический уровень либо полное отсутствие шахтных дегазационных систем на большинстве (более 50%) метанообильных шахт. Применение так называемых схем газоотсоса с использованием центробежных вентиляторов, приводящих к извлечению метановоздушной смеси с концентрацией метана 25%, утилизация которых запрещена российскими нормами, с одной стороны, и формирующих условия для возникновения масштабных аварий по газовому фактору, с другой стороны.

Анализ технологического процесса дегазации показал, что коэффициент извлечения шахтного метана на угольных шахтах РФ средствами дегазации не превышает 0,27-0,30, при этом в Печерском бассейне -0,39-0,43, тогда как в Кузнецком бассейне-0,15-0,17, на шахтах с дегазацией 0,23-0,26. Причинами низкого уровня процессов каптажа и утилизации шахтного метана, препятствующими масштабному коммерческому использованию этих ресурсов, являлись также до 2009г.:

- отсутствие апробированных в промышленных масштабах в России технологий утилизации шахтного метана, соответствующих требованиям Киотского протокола, за исключением сжигания МВС с концентрацией метана более 25% для производства тепловой энергии на некоторых предприятиях в Печерском бассейне;

- отсутствие экономических стимулов извлечения и утилизации кондиционных МВС в условиях низких цен за природный газ и отечественной нормативной базы реализации единиц сокращенных выбросов парниковых газов.

Следует выделить 3 основных аспекта решения проблемы шахтного метана в угольной промышленности России:

1. Формирование современной нормативно-методической базы процесса дегазации при разработке высокогазоносных угольных пластов.

Авария на шахте «Распадская» определила необходимость законодательного закрепления в современных условиях угольной промышленности России обязанности процесса дегазации шахт при разработке угольных пластов с природной газоносностью более 13 $м^3$/т с.б.м. при невозможности обеспечения концентрации метана в рудничной атмосфере менее 1%. 26 июля Президентом РФ Медведевым был подписан Федеральный закон №186, которым, в том числе, вносились изменения в статью 14 «Государственное регулирование безопасного ведения горных работ по добычи угля Федерального закона №81 «О государственном регулировании в области добычи …», определявшие обязанность дегазации при превышении допустимых норм.

Данные нормы в последующем должны были быть установлены Правительством РФ. 25 апреля 2011г. Было издано постановление Правительства РФ №315 «О допустимых нормах содержания взрывоопасных газов в шахте, при превышении которых дегазация обязательна». В настоящее время завершается работа по подготовке «Инструкции по дегазации угольных шахт» на базе РД 15-06-2006. Необходимость новой редакции документа, регламентирующего нормативно-методические требования к процессу дегазации обусловлено двумя основными причинами -необходимостью повысить статус документа и внести корректировки по результатам апробации его в 2007-2010гг.

Таким образом, нормативные требования государства в части решения основной проблемы безопасности горных работ на шахтах- проблемы метанобезопасности с использованием инструментов дегазации, достаточно и обоснованно сформированы исходя из современного уровня технологического развития подземной угледобычи страны.

2. Наличие апробированных в условиях России технико-технологических решений по дегазации, обеспечивающих достижения уровня производительности очистных забоев, соответствующего лучшим мировым практикам

С этой целью на условиях государственно-частного партнерства в 2007-2009гг. компанией «СУЭК» и институтом РАН выполнен проект. Первой основной задачей проекта стала разработка промышленного технологического регламента процессов извлечения и утилизации ШМ, основой которого являются технологические модули извлечения и утилизации ШМ, интегрированные в технологические схемы подготовки и высокоинтенсивной разработки газоносных угольных пластов. Промышленный регламент должен содержать максимально необходимое количество технологических стадий процесса, при том, что в конкретных условиях его проектирования и реализации определенная часть этих стадий может не использоваться. Принципиально новыми элементами проектирования шахтной дегазационной системы (ШДС) в соответствии с регламентом являются:

- автоматизированная система контроля параметров МВС в шахтной системе;

-технология построения геопространственной модели шахтного поля на базе ArcGIS для оценки прогнозных ресурсов ШМ в пределах шахтного поля;

- технология выявления локальных коллекторов метана в углепородном массиве, использование которой способствует более полному извлечению ШМ;

- технологические модули дегазации углепородного массива и выработанных пространств, интегрированные в типовые схемы подготовки и разработки газоносных пластов при высокоинтенсивной их отработке в условиях конкретной шахты.

Второй основной задачей стал выбор эффективных способов утилизации шахтного метана, соответствующих требованиям Киотского протокола по формированию объемов единиц сокращенных выбросов (ЕСВ) парниковых газов, обеспечивающих рациональную структуру энергетических мощностей шахты, потребляющих ШМ, производство электроэнергии, теплоэнергии и продажу квот на ЕСВ за счет утилизации ШМ.

Третья задача – создание технологического комплекса извлечения и утилизации ШМ, включающего дегазационную систему шахты им. С.М. Кирова компании «СУЭК-Кузбасс», и комплекса оборудования для энергетической утилизации ШМ в составе- контейнерными мини-ТЭС, котельная установка и факельная установка. Комплекс по своим возможностям способен обеспечить утилизацию 100% каптируемого на шахте метана.

Однако следует признать, что технологический уровень реализации процесса дегазации в целом в отрасли остается недостаточным, а утилизация ШМ по-прежнему не превышает 4% от объемов его извлечения вентиляционной и дегазационной системами шахт.

3. Коммерческое использование извлекаемого на шахтах РФ метана

Реализация этого направления целиком зависит от макроэкономических условий в стране, оказывающих влияние на привлекательность инвестиций в утилизацию ШМ, в том числе таких показателей, как уровень цен на природный газ, электро- и теплоэнергию, вырабатываемые из дегазационного метана, функционирование механизмов реализации ЕСВ, уровня платежей за сверхнормативные выбросы ШМ. Оценки отечественных исследователей указывают на отсутствие инвестиционной привлекательности проектов по утилизации ШМ в условиях, когда механизм продажи ЕСВ в России не действует.

Список литературы

1. Пучков, Л. А. Извлечение метана из угольных пластов; Московский государственный горный университет. - М.: Издательство МГГУ, 2002.- 383с.

УДК 622.86:622.33:338.28

К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ ВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

[1]Домрачев А.Н., [2]Лукин К.Д., [3]Лукин М.Д.

1 - Новокузнецкий филиал ФГУП ВНИИПО МЧС России, г. Новокузнецк,

2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,

3 – Московский государственный горный университет, г. Москва

Анализ рисков является неотъемлемой частью разработки плана ликвидации аварий (ПЛА) и должен стать основой планирования аварийно-спасательных работ при разработке новой версии устава ВГСЧ. Довольно распространенным методом принятия решений в условиях неопределенности является метод экспертных оценок, в частности метод двойного экспертного предпочтения. В табл. 1 - 3 выполнен прогноз развития условной аварийной ситуации путем ранжирования возможных вариантов по опасности возникновения дополнительных осложняющих факторов.

Таблица 1

Ранжирование опасных факторов

	Повторный взрыв	Обрушение кровли	Пожар	Непроходимый завал	Непригодная атмосфера	Без повтора происшествий
Ранг	5	2	4	1	6	3
Вес	0,1	0,24	0,14	0,29	0,05	0,19

Таблица 2

Ранжирование прогнозов действий отделения

	Гибель отделения	Вывод отделения из строя	Возврат без решения задачи	Частичное решение задачи	Успешное решение задачи
Повторный взрыв	1	2	3	4	5
Обрушение кровли	2	1	3	4	5
Пожар	4	2	1	3	5
Непроходимый завал	5	4	2	1	3
Нехватка кислорода	5	4	1	2	3
Без происшествий	5	4	3	2	1
ИТОГО	1	2	5	4	3

Таблица 3

Ранжирование прогнозов состояния пострадавших

	Гибель людей	Тяжелые травмы	Самостоятельный выход исключен	Самостоятельный выход возможен	Людей на месте аварии нет
Повторный взрыв	1	2	3	4	5
Обрушение кровли	3	2	1	5	4
Пожар	2	3	1	4	5
Непроходимый завал	4	2	1	3	5
Непригодная атмосфера	3	2	1	4	5
Без повтора происшествий	5	4	3	1	2
ИТОГО	3	4	5	2	2

Основными недостатками метода двойного экспертного предпочтения являются:

1. Реализация метода требует длительного времени на сбор и предварительную обработку оценок экспертов, что допустимо на этапе разработки и согласовании плана ликвидации аварии, но нежелательно при оценке ситуации в ходе аварийно-спасательных работ.

2. В условиях аварийной ситуации неизбежная повышенная психологическая нагрузка может привести к искажению экспертной оценки и унификации решений экспертов (отказ от индивидуальной ответственности в пользу коллективной, завышение реальной опасности и т.д)

3. Аварийные ситуации достаточно уникальны, и говорить о наличии компетентной и репрезентативной группы (групп) экспертов для каждой из них не представляется возможным.

4. Эффективность метода может быть существенно снижена при совместном возникновении целого комплекса осложняющих факторов, когда ранжирование вариантов может стать крайне затруднительным.

5. Наличие экспертного решения не снимает ответственности с ответственного руководителя аварии, что существенно снижает ценность анализа для лица (лиц) принимающих решение.

Альтернативой методу двойного экспертного предпочтения может служить анализ дерева рисков [3,4] на основе численной оценки вероятности того или иного варианта развития событий.

На рис. 1 выполнен прогноз развития условной аварийной ситуации путем выбора наиболее вероятного пути на основе анализа дерева рисков.

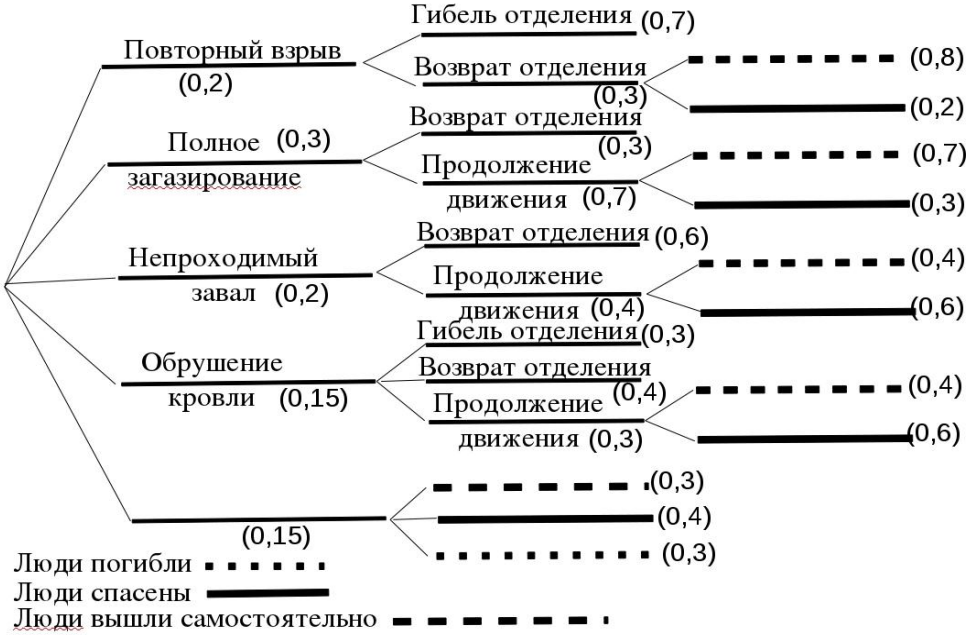


Рис. 1. Дерево рисков при посылке отделения при отработке позиции «Взрыв»

В ходе сравнительного анализа методов установлено, что метод анализа дерева рисков лишен большинства недостатков, характерных для метода двойного экспертного предпочтения, однако определение вероятности каждого перехода при обходе дерева является достаточно нетривиальной задачей и может потребовать привлечения того или иного варианта экспертных методов. Таким образом, при реализации анализа дерева рисков наиболее важной составляющей общего комплекса работ по выработке методологической основы является синтез алгоритма оценки вероятности переходов на дереве с учетом имеющихся данных, зафиксированных на момент возникновения аварии (прежде всего шахтными информационно-управляющими системами).

Список литературы

1. Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11/ Колл. авт. -М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. - 296 с.

2. Криволапов В.Г. Пылевзрывозащита подготовительных выработок./ В.Г. Криволапов, Д.Ю. Палеев, И.Г. Ищук. - Новокузнецк: СибГИУ, 2003. - 115 с.

3. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. Введ. 07.06.2002. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 236 с.

4. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01. - М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. - 46 с.

УДК 622.24:622.81

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СКВАЖИН НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ И БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Коряга М.Г.
ОАО «Газпром промгаз», г. Новокузнецк

Основными проблемами при слоевой отработке мощных пластов являются высокая газоносность и самовозгорание угля. Ужесточение требований [1] по газоносности пластов, намеченных к подземной разработке, в перспективе, вынудит собственников угледобывающих предприятий начать применять заблаговременную дегазацию.

Применение только схем предварительной подземной дегазации без заблаговременной сегодня не обеспечивает эффективного извлечения метана из отрабатываемого пласта. Связанно это с коротким периодом функционирования подземных дегазационных скважин.

Дегазация выработанного пространства скважинами пробуренными с поверхности для слоевых систем разработки вызовет еще больший приток воздуха в выработанное пространство и ускорение процесса самовозгорания угля.

Самовозгорание угля второго слоя в контакте с выработанным пространством первого слоя является второй основной проблемой слоевой разработки. Методики борьбы с этим явлением на практике [2] заключаются в снижении содержания кислорода в атмосфере выработанного пространства до не пригодного для горения или изоляция поверхности горения от притока кислорода путем покрытия её различными реагентами и смесями.

На практике наиболее эффективным способом тушения поземных пожаров стало применение скважин пробуренных с поверхности в зону возгорания. Закачка азота или различных суспензий в скважины ведется до снижения фоновых значений содержания в воздухе изолированного пространства и в приповерхностном слое водорода и оксида углерода, а также уменьшение температуры воды и воздуха до 25^0С [3].

Технология скважинного тушения пожаров увеличивает себестоимость добычи угля путем прибавления стоимости буровых работ.

Решение частичной или полной компенсации расходов связанных с бурением возможно за счет многоцелевого использования скважин, с начала для дегазации, а потом для закачки реагентов в отработанное пространство.

Использование метана, полученного в процессе заблаговременной дегазации, для нужд шахты становится сегодня все более распространенным. При извлечении его из не нарушенного горными работами угольного пласта состав получаемого газа эквивалентен [4] природному газу.

Основной схемой заблаговременной дегазации [5] является бурение сетки вертикальных скважин с поверхности. Скважины обсаживаются до забоя и производится перфорация обсадной колонны в интервале пласта. Для интенсификации притока газа проводится гидравлический разрыв пласта. Такая схема наиболее эффективна при сроке работы скважин 5 лет и более.

Обсадная колонна в интервале угольного пласта может быть применена из полимерных материалов и при выемке угля комбайном будет разрушена шнеком без каких либо проблем.

Далее оставшиеся части стволов скважин могут быть использованы для борьбы с самовозгоранием угля для подачи средств тушения.

Достоинством схемы являются сравнительно низкие затраты на бурение и оборудование скважин.

Недостатки схемы складываются из ряда пунктов.

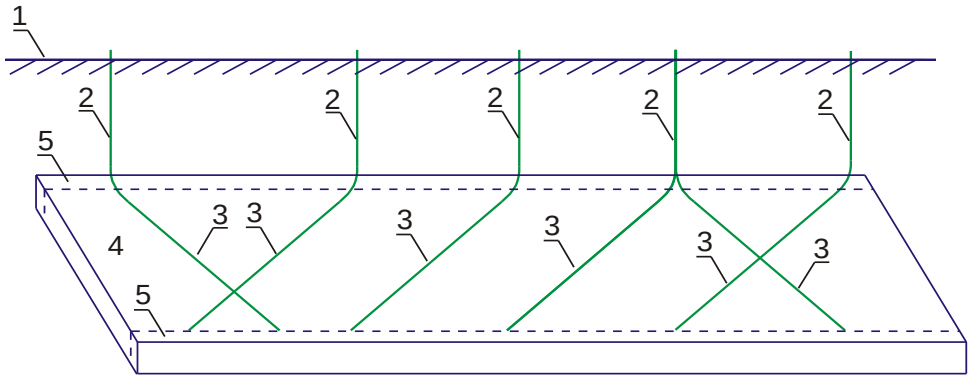
1. Рельеф поверхности шахтного поля не всегда позволяет расположить скважину вертикально на проектной точке. Смещение положения скважины сопряжено с необходимостью применения наклонного бурения ствола скважины.

2. Радиусы влияния скважин (площадь дегазируемая скважиной) при расположении зон влияния в стык оставляют не дегазируемые части пласта. Для уменьшения площади этих частей предусматривается наложение зон влияния скважин, что уплотняет сетку бурения.

3. Зона влияния скважины формируется в основном трещинами гидроразрыва.

4. Для борьбы с подземным пожаром скважины будут применятся только после подработки их КМЗ.

Современные средства направленного бурения скважин позволяют произвести модернизацию этой схемы. Возможность расположения части скважины в плоскости пласта, а устья и изгибающейся части в над охранным целиком как показано на рис. 1 исключат выше перечисленные недостатки.



1 – поверхность шахтного поля, 2 – вертикальная часть ствола скважины, 3 – горизонтальная часть ствола скважины расположенная во втором слое пласта, 4 – второй (нижний) слой пласта, 5 – охранный целик второго слоя пласта.

Рисунок 1 – Расположение скважин направленного бурения с поверхности во втором (нижнем) слое отработки пласта

Бурение вертикальной части ствола производится над охранным целиком. Наклонная часть траектории скважины изгибается и пройдя охранный целик выходит во втором слое пласта. Часть скважины в плоскости пласта бурится до охранного целика следующего выемочного столба.

Работа скважины по дегазации осуществляется в том же порядке, что и вертикальной. Горизонтальный участок обсаживется полимерной трубой и перфорируется с определенным интервалом. Далее проводятся мероприятия по интенсификации газопритока в скважину.

После проведения выработок первого слоя и начала работы КМЗ скважины могут применятся для профилактики самовозгорания угля.

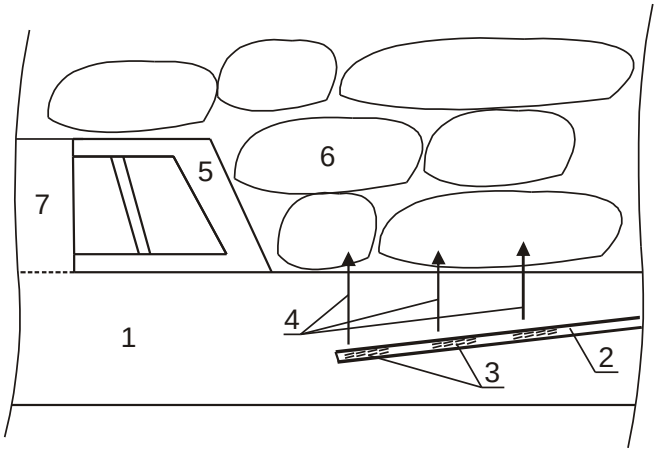
Для этого на устьях скважин устанавливают станции по получению азота [6]. Азот под давление подают в скважины. Достигая горизонтального участка азот через отверстия перфорации и далее по трещинам разгрузки и гидроразрыва выделяется в почве выработанного пространства первого слоя как показано на рис. 2.

Достоинствами такой схемы применения многофункциональных скважин направленного бурения являются:

1. Уменьшение не дегазируемых частей пласта за счет большей площади влияния горизонтальной части каждой скважины.

2. Подсечение стволом скважины в плоскости пласта трещин кливажа увеличит приток газа в скважину, а следовательно повысит эффективность дегазации.

3. Смешивание азота, с атмосферой в выработанном пространстве, будет снижать концентрацию кислорода у почвы, тем самым замедляя и подавляя процесс самовозгорания угля.



1 – второй слой отрабатываемого пласта, 2 – горизонтальная часть ствола скважины расположенная во втором слое пласта, 3 – интервалы перфорации горизонтального ствола скважины, 4 – направление движение азота по трещинам перфорации и разгрузки, 5 секция механизированной крепи, 6 – выработанное пространство, 7 – первый слой отработки.

Рис. 2. Закачка азота в выработанное пространство первого слоя при слоевой отработке мощного пласта

4. Выделение азота в зоне контакта второго слоя с выработанным пространством, будет протяженным за счет большого количества отверстий перфорации по стволу скважины, расположенной в пласте.

5. Закачка азота возможна сразу после начала ведения добычи угля за счет диагонального расположения скважины.

Список литературы

1. Федеральный закон Российской Федерации от 26 июля 2010 г. N 186-ФЗ : [Электронный ресурс] : Российская газета Федеральный выпуск № 5244 от 28 июля 2010 г. – Режим доступа свободный : http://www.rg.ru/2010/07/28/dobycha-uglia-dok.html

2. Пожарная профилактика : [Электронный ресурс] : Горная энциклопедия – Режим доступа свободный : http://www.mining-enc.ru/p/pozharnaya-profilaktika/

3. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса / ФГУП РосНИИГД и др. - Кемерово : б. и., 2007. - 77 с.

4. Угольный метан: перспективы добычи и использования : [Электронный ресурс] : Новые химические технологии - Аналитический портал химической промышленности. – Режим доступа свободный : http://www.newchemistry.ru

5. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт : РД-15-09-2006 / [отв. разраб.: А. Д. Рубан и др.]. – М.: Пром. безопасность, 2007. - 255 с.

6. Самоходные азотные станции (на шасси) : [Электронный ресурс] : продукция Краснодарского компрессорного завода. – http://www.kkzav.ru/samohodnye-stancii/azot

УДК 621.039.8

РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ

Цинкер Л.М., Волынер А.М.
ООО «ВостНИГРИ», г. ***Новокузнецк***

С целью обеспечения и реализации требований Федерального закона «О радиационной безопасности» по ограничению облучения трудящихся за счет природных источников, требований НРБ-99/2009, ОСПОРБ-99 [1÷3] институтом ВостНИГРИ более двадцати лет ведутся работы по оценке действующей системы обеспечения радиационной безопасности в условиях подземной и открытой отработки месторождений в Сибирском регионе. Подземные горнодобывающие предприятия региона относятся к производствам, где возможно превышение дозовых нагрузок внешнего и внутреннего облучения за счет природных ионизирующих излучений.

С 1991 года институтом ВостНИГРИ проводятся исследования и оценка радиационной безопасности горнорудных производств включающая в себя инструментальный радиационный контроль, характеристику радиоактивного загрязнения окружающей среды, разработку рекомендаций и мероприятий по обеспечению радиационной безопасности.

В соответствии с требованиями норм радиационной безопасности (НРБ-99) контролю и оценке подлежат следующие радиационные факторы: мощность эффективной дозы гамма-излучения на рабочем месте, эквивалентная равновесная объемная активность радона и торона ($ЭРОА_{Rn/Th}$) в воздухе зоны дыхания и удельная активность в производственной пыли урана-238 и тория-232.

Среди природных источников ионизирующего излучения, создающих около 70% суммарной дозы облучения организма человека от всех источников радиации, основная роль принадлежит радиоактивному радону и продуктам его распада. Радон поступает в воздушную среду производственных или жилых помещений из почвы и стройматериалов. Дозы облучения организма на 90-95% обусловлены вдыханием не самого радона, а короткоживущих дочерних продуктов распада изотопов полония-218, висмута-214 и свинца-214. Облучение природными источниками излучения всех работников вне зависимости от вида собственности в производственных условиях не должно превышать 5 мЗв/год [2].

Несмотря на большое разнообразие технологических и горно-геологических условий подземной отработки месторождений, процесс формирования общерудничного дебита радона и дочерних продуктов его распада (ДПР) имеет определенные закономерности. Исследованиями, проведенными институтом ВостНИГРИ, установлено, что присутствие ДПР радона, в тех или иных количествах, характерно для всех обследованных шахт, в том числе и рудников ОАО «Евразруда» [4]. Из-за динамичного характера горных работ и особенностей режима проветривания шахт концентрация ДПР радона сильно варьирует во времени и в пространстве. Анализ горно-геологических условий обследованных месторождений дает основание полагать, что величина эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона в горных выработках обусловлена вещественным составом вмещающих пород, руд и состоянием нарушенности массива. Доля свободного радона, выносимого из массива, зависит главным образом, от степени трещиноватости массива, перепада барометрического давления воздуха между горными выработками, высоты рудного целика, а также пористости руд. Эти зависимости хорошо прослеживаются на примере наиболее глубокого рудника ОАО «Евразруда», каковым является Таштагольский филиал в Кемеровской области, разрабатывающий Таштагольское железорудное месторождение.

Анализ тектонической нарушенности Таштагольского месторождения до глубины 1400 м показал, что качественные и количественные характеристики тектонической нарушенности рудного массива не претерпевают видимых изменений с понижением фронта до-

бычных работ. Это можно объяснить только тем, что выделенные нарушения, ограничивающие структурные блоки, имеют глубокое заложение и формируют соподчиненное блочное строение рудной зоны месторождения на значительную глубину. Собственно естественная трещиноватость пород и руд, формирующая элементарный блок размером 0,1 до 1,5 м и более, соподчинена общей структурно-тектонической ситуации и четко контролируется дизъюнктивами. При взрыве рудного блока оживляется весь комплекс естественных коллекторов, образованных в результате динамических процессов, происходивших и происходящих в земной коре. За счет эманации и диффузионных свойств по естественным коллекторам (зонам тектонических нарушений и общей трещиноватости массива) радон поступает в атмосферу отработанного пространства, а за счет общешахтной депрессии и конвекции разносится по горным выработкам. При всасывающем способе проветривания и высокой трещиноватости рудного массива источником радона становится весь массив, расположенный выше нижележащего горизонта. Установлено, что основными источниками повышенных концентраций ЭРОА радона является рудный массив в районах добычных участков, изрезанный горными выработками и скважинами. Естественная трещиноватость рудного массива в зонах добычных участков значительно усиливается за счет вторичного трещинообразования при ведении взрывных работ и раскрытии трещин при подработке массива выработками. Поэтому доля свободного радона, выделяющегося из добычных блоков, редко бывает меньше 10% и составляет в среднем 20÷40%. Существенно увеличивают радоновыделение из массива разведочные и взрывные скважины. Для снижения дебита радона из скважин следует ограничивать их общее количество, а также тампонировать устья уже имеющихся (особенно если они соединяют горные выработки). Значительным источником радона является отбитая и замагазинированная руда. Средний размер куска отбитой руды, обычно, не превышает 10÷15 см, а коэффициент диффузии радона в куске, как правило, не менее $1*10^{-6}$ $см^2/с$ при коэффициенте эманации 0,2. При таких условиях из куска выделяется не менее 50% свободного радона. Выработки, потерявшие производственное значение (отработанные участки, геологоразведочный выработки и т.п.), также являются значимым, а при определенных условиях - основным источником радона. Если недействующая выработка (или комплекс выработок) имеют, как минимум две сбойки с действующими участками, то радон может выноситься с потоком воздуха в районы действующих выработок. Радон может выноситься и из тупиковых непроветриваемых горных выработок за счет конвекционных потоков воздуха, даже если протяженность последних превышает сотни метров. Время выноса составляет не более нескольких часов и большая часть радона, не успевая распасться, выносится из таких выработок в основные капитальные выработки шахты.

В соответствии с требованиями норм радиационной безопасности основные принципы радиационной защиты на производстве обязаны реализоваться следующим образом: первое - это оправданность практической деятельности и, второе - непревышение дозовых пределов для отдельных работников.

На этих принципах институтом ВостНИГРИ разработаны рекомендации по стабилизации радиационного фактора в условиях подземной отработки месторождений, где основные принципы радиационной защиты реализуются следующим образом: оправданность практической деятельности здесь не вызывает сомнений, вместе с тем, в отдельных случаях неоправданные дозовые нагрузки имеют место. Например, при размещении под землей посторонних объектов, непосредственно не связанных с добычей руды (различного рода мастерских, бытовок и т.п.). Сюда же можно отнести посещение недействующих и вентиляционных выработок, производство работ при отключенных вентиляторах.

Непревышение дозовых пределов для отдельных лиц гарантирует каждому шахтеру приемлемый уровень индивидуального радиационного риска. Действующими нормативными документами установлены пределы эквивалентной дозы и на основании этих пределов рассчитываются предельно допустимые годовые дозы, а также производные пределы: допустимая мощность дозы гамма-излучения и объемная активность радионуклидов в зоне дыхания.

Значения основных радиационных факторов рассчитываются для каждого обследуемого рудника после проведения комплекса соответствующих инструментальных наблюдений. Инструментальные наблюдения проводятся ежегодно с применением монитора радона «Ramon», позволяющего анализировать спектр α-излучения и определять объемную активность ДПР радона и торона в воздухе с чувствительностью до 4 Бк/м^3, различного типа радиометров и радиометров-дозиметров.

На основе многолетнего мониторинга институтом предложены способы снижения воздействия радиационного фактора в подземных горных выработках шахт, разработаны рекомендации и противорадиационные мероприятия, обеспечивающие радиационную безопасность трудящихся.

Мониторинг показывает, что изменение уровня активности радона в горных выработках шахт может быть вызвано сезонными колебаниями, динамикой горных работ и рядом других факторов. Уровень концентрации продуктов распада радона может сильно варьировать в зависимости от характера водопритока в шахту, типа пород и руд, региональной тектоники и местной трещиноватости массива. Изменение горно-геологических условий, проходка выработок или отработка добычных блоков могут в значительной мере усугубить радиационную ситуацию как в отдельной выработке или участке, так и на горизонте в целом. Отработка рудного массива – взрывание рудных блоков, выпуск руды, проходка новых выработок и консервация старых, отработанных - все это способствует эсхаляции радона в отработанное пространство и накапливанию продуктов дочернего распада в воздухе рабочей зоны. Кроме того, особенности вещественного состава рудной зоны месторождений обусловливают наличие участков с повышенным естественным гамма-фоном за счет естественных радионуклидов как в самой шахте, так и в местах складирования породных отходов. Шахтная вентиляция не в силах решить задачу доставки чистого воздуха в тупиковые или плохо проветриваемые выработки и участки. Увеличение объемов подачи воздуха и, соответственно, его скорости может вызвать эффект притока радона из массива за счет перепада давлений, а также разнос радона за счет общешахтной диффузии. Для контроля над этими процессами предлагаются специальные мероприятия, обеспечивающие регулировку системы вентиляции горных выработок. Для разработки такого рода мероприятий институт ВостНИГРИ решает следующие задачи:

- периодический контроль уровня естественного гамма-излучения массива в горных выработках на горизонтах шахты;
- измерение и оценка ЭРОА радона с учетом изменчивости горно-геологических, технологических параметров и вентиляционных процессов на горизонтах шахты при развитии горных работ;
- расчет дозовых нагрузок и радиационно-гигиеническая оценка отдельных рабочих мест и шахты в целом.

Наблюдения, проводимые ВостНИГРИ в шахте Таштагольского филиала, показывают, что природа эманации радона в горные выработки шахты подвержена значительным колебаниям. Уровень концентраций продуктов распада радона может сильно варьировать в зависимости типа пород и руд, характера водопритока в шахту, региональной тектоники и трещиноватости массива. Изменение горно-геологических условий, проходка выработок или отработка добычных блоков в значительной мере усугубляют радиационную ситуацию как в отдельной выработке или участке, так и на горизонте в целом. Отработка рудного массива (взрывание рудных блоков, выпуск руды, проходка новых выработок и консервация старых, отработанных) способствует повышению концентрации ДПР радона в зонах отработанного пространства и повышению активности (ЭРОА) радона в воздухе рабочей зоны. Общешахтная вентиляция не всегда решает задачи доставки чистого воздуха в районы отработанных участков или плохо проветриваемых выработок. Простое увеличение объемов подачи воздуха в шахту, как правило, вызывает эффект ускорения притока радона из массива и разнос до-

черних продуктов распада радона из «грязных» выработок в сопряженные орты, полевые штреки, квершлаги и на вышележащие горизонты.

Исследованиями, проведенными в шахтах установлено, что в капитальных выработках добычных горизонтов уровни ЭРОА радона, как правило, соответствуют нормативным. Для выработок данного порядка (полевые штреки, квершлаги и орты) не требуется проведения специализированных противорадиационных мероприятий. Поддержание вентиляции в состоянии соответствующем проектному обеспечивает на добычных горизонтах шахты допустимые уровни дозовых нагрузок. Повышенные концентрации радона на горизонтах шахты фиксируются при проходке выработок – в забоях, а также в плохо проветриваемых нерабочих выработках, выработках добычных блоков и в районах отработанных участков рудной зоны. При организации проходческих или других видов горных работ в эти выработки необходимо подавать свежий воздух за счет перераспределения вентиляционной струи или за счет вентиляторов местного проветривания (ВМП). Необходимо подавать свежий воздух в выработки подэтажей при проходке и подготовке блоков. При проведении работ на буровых горизонтах следует использовать средства для дополнительной вентиляции и индивидуальной защиты (респираторы типа «лепесток»). Располагать различного рода «бытовки» и «слесарки» в изолированных тупиковых выработках, забоях, заходках без организации обеспечения соответствующего проветривания не рекомендуется.

Рекомендуется при проектировании горных работ в добычных районах закладывать превентивные противорадиационные мероприятия, такие, как опережающие вентиляционные выработки и восстающие, воздухопроводы и ВМП для буровых подэтажей. При организации долговременных работ в районах добычных участков возможно предусматривать схему вентиляции добычного орта за счет свежей вентиляционной струи, например, путем установки перед этой выработкой вентиляционной перемычки. Однако, при формировании данной схемы вентиляции необходимо предусматривать последствия ухудшения проветривания сопряженных участков и, соответственно, не организовывать там долговременных горных работ - используя фактор защиты временем, либо осуществлять мероприятия с применением вентиляторов.

Соответственно, основные принципы радиационной защиты для шахт сводятся к контролю и внедрению мероприятий, ограничивающих посещение недействующих выработок и вентиляционных штреков и ортов, к планомерному решению вопросов об изоляции отработанных выработок и районов рудной зоны; к ограничению размещения в выработках посторонних объектов, непосредственно не связанных с горными работами – различного рода мастерские, бытовки и т.п.; исключению проведение горных работ при отключенных вентиляторах и подачи воздуха из загрязненных близ лежащих выработок.

Институт ВостНИГРИ, используя накопленный опыт [5,6], внедряет комплекс защитных мероприятий на шахтах Сибирского региона, включающий рекомендации по повышению эффективности использования вентиляции путем уменьшения утечек воздуха в поверхностном комплексе, дополнительной герметизацией надшахтного здания и вентиляторной установки путем устройства шлюзов, заделки щелей, набойки резиновых накладок по периметру, ляд и т.п. Эти работы обычно не требуют значительных затрат, приводят дополнительно к увеличению КПД вентиляторной установки. Уменьшение аэродинамического сопротивления в вентиляционной сети достигается путем проходки дополнительных воздухоподающих выработок или расширения поперечного сечения имеющихся за счет уменьшения местных сопротивлений, а также путем установки дополнительных участковых вентиляторов на критических (по депрессии) путях движения воздуха по сети горных выработок. Рациональное воздухораспределение рекомендуется осуществлять путем устройства вентиляционных дверей и перемычек, регулируемых вентиляционных окон, а также путем увеличения поперечного сечения отдельных выработок и применения участковых и местных вентиляторов.

Уменьшение внутришахтных утечек чистого воздуха приводит к улучшению воздухораспределения. Устранить утечки через неплотности вентиляционных дверей и трубопроводов ВМП сравнительно несложно и практически всегда экономически целесообразно. Повышение эффективности использования воздуха в трудно проветриваемых выработках позволяет существенно уменьшить среднюю величину ЭРОА ДПР радона и одновременно снизить воздухопотребность.

Для улучшения использования воздуха необходимо производить разводку воздуха в камерообразных и тупиковых выработках по трубопроводам с помощью ВМП; в проходческих выработках располагать конец воздухопровода возможно ближе к забою, исключить рециркуляцию воздуха, уменьшать утечки воздуха в трубопроводах.

Влияние различных мероприятий на радиационную обстановку в шахте в общем случае не является независимым. Например, при изменении распределения воздуха по сети выработок могут измениться одновременно как топология источников, так и характер распределения рабочих мест в общешахтной вентиляционной сети. В то же время мероприятия существенно различаются по затратам, технико-экономическому эффекту и срокам осуществления. Поэтому при выборе комплекса мероприятий по снижению воздухопотребности предлагается оценивать их последовательно, начиная с самых экономичных и быстрореализуемых.

Аналогичные исследования, но с определенной спецификой, институт ВостНИГРИ проводит и для открытых горных работ, связанных с отработкой карьеров, на объектах по переработке полезных ископаемых на обогатительных фабриках, в зданиях и сооружениях поверхностного комплекса горнодобывающих предприятий.

Инструментальные наблюдения и исследования проводятся на базе специализированной лаборатории радиационного контроля, имеющейся в составе института «ВостНИГРИ» и аккредитованной в системе аккредитации лабораторий Радиационного контроля (САРК) Госстандарта России. Лаборатория РК зарегистрирована в Государственном реестре под № CARK RU. 441631-2003.

Лаборатория аккредитована на право проведения радиационных измерений объектов для целей сертификации в соответствии с областью аккредитации: территория производственных и жилых зон; территория участков застройки; объекты контроля поверхностного радиоактивного загрязнения (рабочие поверхности, кожа, спецодежда, средства индивидуальной защиты, транспорт); воздух рабочей зоны; воздух жилых и служебных помещений; минеральное сырье горнорудного производства и продукция его переработки; твердые промышленные и другие отходы горного производства, металлолом; здания, помещения (производственные, общественные, жилые).

Все вышеперечисленные радиационные испытания проводятся с обеспечением необходимой метрологической точности, а результаты проверяются на соответствие действующим нормативно-техническим документам. Лаборатория радиационного контроля организует свою работу на основе договоров, заключаемых с производителями и потребителями продукции, работ, услуг, выполняет работы в государственных интересах и в интересах потребителей. Лаборатория радиационного контроля имеет соответствующую техническую и методическую оснащенность. При подготовке и проведении работ лаборатория радиационного контроля руководствуется действующими законодательными, нормативно-техническими и организационно-методическими документами. В области, определенной аттестатом, аккредитованная лаборатория радиационного контроля ООО «ВостНИГРИ» имеет право выполнять в пределах области аккредитации радиационные измерения и выдавать по результатам документы (свидетельства и акты) установленного образца, ссылаться на факт аккредитации лаборатории в системе САРК в соответствующих документах и рекламных материалах, проводить арбитражные и специальные радиационные измерения, по результатам которых применяются санкции. Представлять заказчику (по его запросу) возможность ознакомления с условиями проводимых для него измерений и обеспечивать конфиденциальность техниче-

ской и коммерческой информации о заказчиках и представляемой ими на испытания продукции.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ 9 января 1996 г.

2. Ионизирующее излучение и радиационная безопасность. Нормы радиационной безопасности: НРБ-99/ Минздрав России. Введ. 2.07.99: Госкомсанэпиднадзор - М, 1999. – 116 с.

3. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: ОСПОРБ-99.СП 2.6.1.799-99 /Минздрав России-М, 2000. - 98 с.

4. Исследование и контроль естественной радиоактивности в условиях подземной и открытой отработки железорудных месторождений юга Западной Сибири: Отчет о НИР (заключительный) / ВостНИГРИ; научн. рук. Цинкер Л.М.; исполн.: Волынер А.М. и др. – Новокузнецк, 1991-2010. – 75 с.

5. «Радиационный мониторинг Зареченского рудника на базе исследований радиоактивности горных пород и воздушной среды выработок в процессе расконсервации шахты»: Отчет о НИР/ ВостНИГРИ; научн. рук. Цинкер Л.М.; исполн.: Волынер А.М. и др. – Новокузнецк, 2004. – 98 с.

6. «Комплексное обследование радиометрической аппаратурой объектов и разработка радиационного мониторинга Ирбинского рудоуправления»: Отчет о НИР/ ВостНИГРИ; научн. рук. Цинкер Л.М.; исполн.: Волынер А.М. и др. – Новокузнецк, 2007. – 79 с.

УДК 622.882

ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ВЕРХНЕГО ВСКРЫШНОГО УСТУПА ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ С ПРОИЗВОДСТВОМ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ

[1]Кирюшина Е.В., [2]Зеньков И.В.,
1 - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,
2 - Красноярский научный центр СО РАН, СКТБ «Наука», г. Красноярск

В статье рассматривается технология селективной отработки верхнего вскрышного уступа с предварительной частичной выемкой суглинков из его нижней части. На поверхности уступа размещен временный склад ПСП, снятого в контурах вскрышной заходки. Основное горно-транспортное оборудование, применяемое на выемке и погрузке горной массы – карьерные мехлопаты типа ЭКГ-6,3ус; ЭКГ-10; ЭКГ-12,5 и на ее транспортировании – железнодорожные составы, включающие тепловозы ТЭМ-7 и думпкары 2ВС-105.

Предлагаемая технология формирования почвенного слоя с концентрацией ПСП в контурах вскрышной заходки рассматривается для условий совмещения работ по горнотехнической рекультивации земель с производством вскрышных работ по отработке верхнего вскрышного уступа и частичной выемки его нижней части в центральном секторе забоя.

Параметры экскаваторного забоя определятся типом разрабатываемых пород и линейными параметров применяемого экскаватора.

Селективную отработку вскрышного уступа предлагается производить в два этапа. На первом этапе экскаватор отрабатывает левый и правый секторы забоя, находящиеся за контурами горизонтальной проекции основания временного склада ПСП. На этом же этапе производят понижение высоты уступа за счет выемки части суглинков, слой которых расположен между основанием – подошвой уступа и горизонтальной плоскостью, определяющей высоту набора ковша при его подъеме (рис. 1).

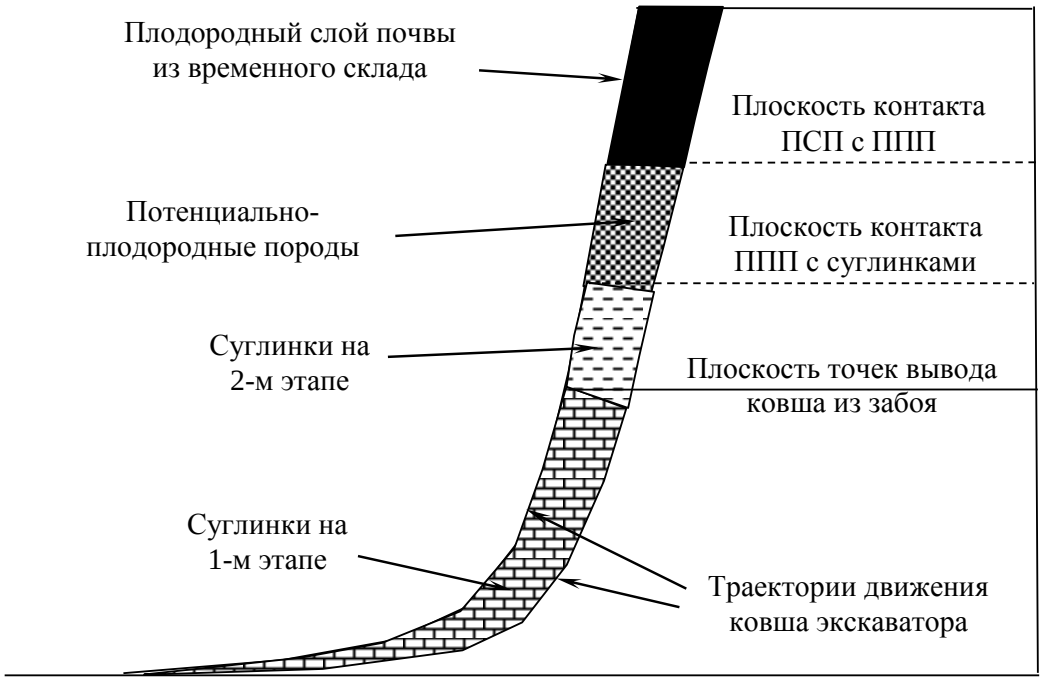


Рис. 1. Фрагмент вертикального продольного сечения экскаваторного забоя при селективной отработке верхнего вскрышного уступа

Машинист экскаватора, одновременно включая подъем ковша и напор стрелы в направлении к забою, производит наполнение ковша на траектории его движения от уровня установки экскаватора до точки вывода ковша из забоя на высоте 3,0-4,5 м. Далее, напором производится перемещение ковша в направлении от забоя к седловому подшипнику, и его подъем. Эти рабочие операции совмещаются с разворотом экскаватора для разгрузки ковша в думпкары. Высота расположения горизонтальной плоскости, образуемой множеством точек вывода ковша из забоя по вертикали, принимается равной 3,0-4,0 м соответственно для высоты экскаваторного забоя 6-8 и 10-12 м.

Рассмотрим порядок отработки экскаваторного забоя, при котором, на наш взгляд, производится эффективное формирование почвенного слоя с высоким содержанием гумуса. На рис. 1 объем суглинков, находящийся между основанием забоя и плоскостью вывода ковша из забоя, отгружают в первые шесть думпкаров. Объем суглинков, находящийся между плоскостью вывода ковша из забоя и плоскостью контакта ППП с суглинками, отгружают совместно с потенциально плодородными породами и ПСП, находящемся в природном состоянии и ПСП, уложенным бульдозером во временный склад на кровле верхнего вскрышного уступа.

Горная масса, отгружаемая экскаватором в думпкары с первого по шестой включительно, начиная с конца состава, представлена четвертичными отложениями – суглинками (рис. 2).

На втором этапе производится экскавация горной массы из центрального сектора забоя. Его ширина равна горизонтальной проекции основания временного склада ПСП. Таким образом формируют почвенный слой, отгружаемый в думпкары с седьмого по десятый включительно (рис. 3).

В ходе отработки центрального сектора забоя формируют техногенную смесь. Последняя состоит из суглинков мощностью от 2 до 8 м, плодородного слоя почвы мощностью от 0,25 до 0,6 м, покрывающего верхний уступ, потенциально-плодородных пород мощностью от 0,3 до 1,2 м, а также из ПСП, уложенного бульдозером во временный склад высотой 0,6-0,8 м. Техногенная смесь позиционируется как почвенный слой, наносимый в ходе работ по горнотехнической рекультивации на поверхности породных отвалов.

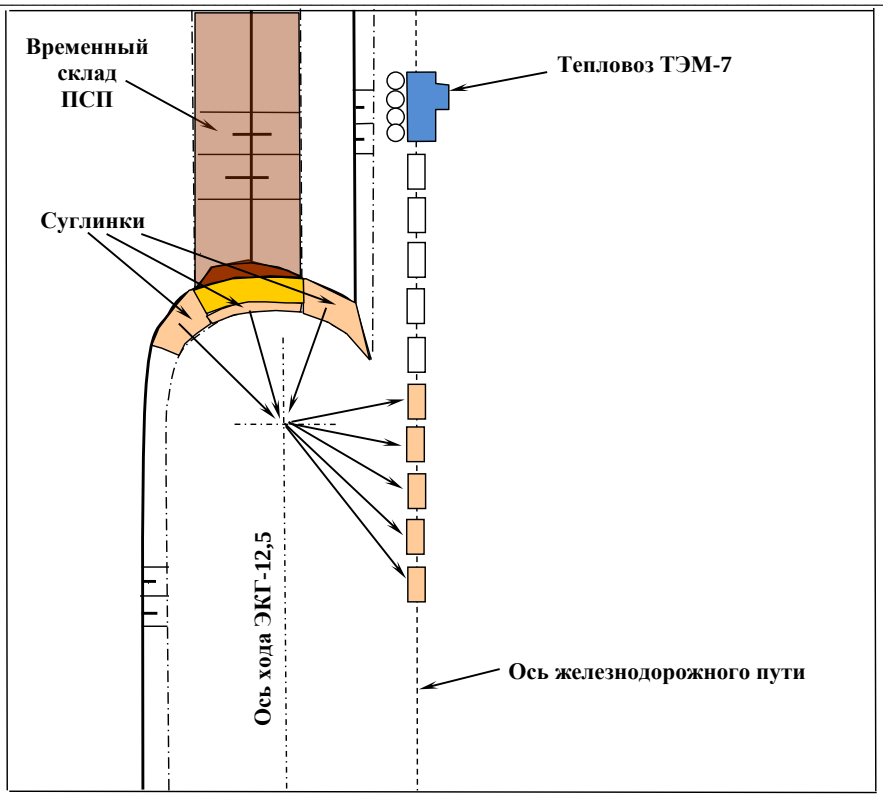


Рис. 2. Технологическая схема селективной отработки верхнего вскрышного уступа карьерным экскаватором ЭКГ-12,5 с погрузкой суглинков в железнодорожный транспорт

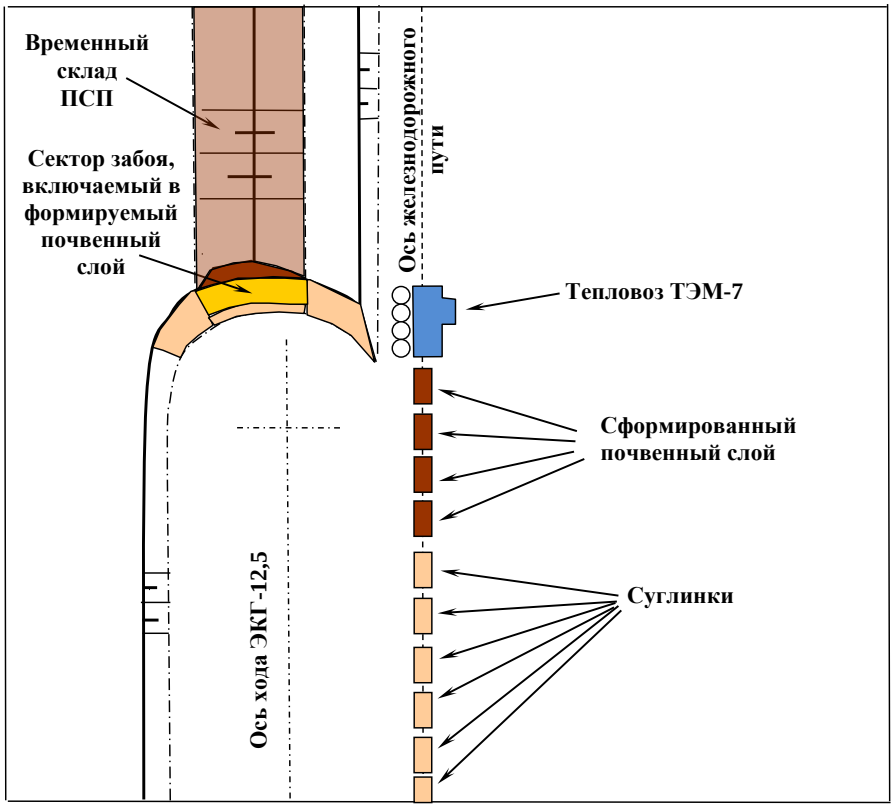


Рис. 3. Технологическая схема формирования почвенного слоя при селективной отработке верхнего вскрышного уступа карьерным экскаватором ЭКГ-12,5

Вскрышной уступ состоит из рыхлых пород, представленных суглинками, ПСП и ППП. Эти породы имеют слабые прочностные характеристики, поэтому разрабатываются

карьерными экскаваторами с верхним черпанием без предварительного рыхления. Применяемый типоразмер карьерных экскаваторов обладает большими линейными параметрами (радиусом и высотой черпания) рабочего оборудования.

Эксакаватор, размещаясь на нижней площадке уступа, производит отработку забоя по всему его периметру, отгружая горную массу в железнодорожный состав. В технологическом перерыве, связанном с обменом железнодорожных составов, экскаватор отсыпает породную призму для укладки на ней железнодорожного полотна для отработки последующей – смежной заходки. Железнодорожный путь размещают выше уровня стояния экскаватора на 1,5-2 м. Высота забоя ограничивается максимальной высотой черпания экскаватора и принимается в диапазоне 6-12 м, а ширина заходки принимается из условия максимального радиуса черпания экскаватора в диапазоне 18-25 м.

Отработка вскрышного уступа ведется продольными заходками. Последовательность выполнения работ в каждой заходке повторяется.

Для условий концентрации ПСП, снятого с применением бульдозера, селективной отработки уступа с предварительной выемкой его нижней части, при совмещении работ по формированию почвенного слоя в горнотехнической рекультивации земель с производством вскрышных работ построены зависимости изменения качественных показателей. Изменение содержания гумуса и глинистых фракций в почвенном слое, наносимом на породные отвалы, исследовалось при изменении высоты верхнего вскрышного уступа с 6 до 12 м. Такой диапазон принят как наиболее вероятный при ведении выемочно-погрузочных работ по отработке верхнего вскрышного уступа.

Среднее содержание гумуса и глинистых фракций в сформированном почвенном слоев по разработанной технологии находится в диапазоне 2,5-3,2 % в зависимости от высоты вскрышного уступа и изменения мощности почвенных слоев.

Итак, результаты моделирования формирования почвенного слоя в условиях селективной отработки верхнего вскрышного уступа с предварительной выемкой части суглинков из нижней части забоя, полученные для всего диапазона изменения мощности ПСП и ППП, а также для отдельно взятых основных форм распространения залежи по глубине (Т-1) и их возможных комбинаций (Т-2, Т-3), указали на наличие следующих тенденций в изменении качественных показателей формируемого почвенного слоя:

- содержание гумуса в среднем находится в диапазоне 2,1-3,0 % при содержании глинистых фракций в диапазоне на уровне 52-56 %;
- с увеличением высоты отрабатываемого вскрышного уступа содержание гумуса в формируемом почвенном слое снижается, а содержание глинистых фракций, наоборот увеличивается;
- на содержание гумуса и глинистых фракций в структуре сформированного почвенного слоя оказывает также влияние степень изменчивости пластовых залежей ПСП и ППП в границах вскрышной заходки.

УДК 622.882

ОБОСНОВАНИЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ РАЗРЕЗОВ «БОРОДИНСКИЙ» И «ПЕРЕЯСЛОВСКИЙ» С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

[1]Кирюшина Е.В., [2]Зеньков И.В.

1 - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск,

2 - Красноярский научный центр СО РАН, СКТБ «Наука», г. Красноярск

В бывшем СССР производственное объединение «Красноярскуголь» довольно успешно и эффективно занималось рекультивацией нарушенных земель на разрезах «Боро-

динский», «Назаровский», «Березовский» и др. Рекультивированные земли на породных отвалах позиционировали как высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья – пашню, которые впоследствии так и оказались повсеместно невостребованными предприятиями АПК. Это объясняется многими причинами, такими как низкие комплексные показатели земель, их низкая продуктивность, а также произошедшие деформации поверхностей отвалов в виде волнистого микрорельефа, не способствующие эффективному проходу сельхозтехники.

Несмотря на это, согласно действующему законодательству, предприятия ОАО «СУЭК-Красноярск» и «Красноярсккрайуголь» продолжают заниматься рекультивацией земель, основанной на снятии почв и их нанесении на породные отвалы. Исторически возник парадокс, заключающийся в весьма низкой эффективности использования финансовых средств угольных предприятий в области сельскохозяйственной рекультивации, отдача, от использования которой практически равна нулю. Вполне естественным образом возник вопрос – можно ли проводить рекультивацию породных отвалов, земли которых будут обладать высокой продуктивностью, и при этом снизить затраты на обустройство культурных ландшафтов, сущность которого была конкретизирована в техническом задании (2010 г.) на проведение научно-исследовательской работы «Разработать эффективные и экономически обоснованные технологии рекультивации земель при добыче угля на предприятиях ОАО «СУЭК-Красноярск».

При выполнении НИР (2010-12 гг.) был впервые использован системный подход к созданию уникальной технологии производства работ на горнотехническом этапе рекультивации при его совмещении с производством вскрышных работ, не имеющей аналогов в мировой практике недропользования. Впервые использовано прогнозирование качественных показателей формируемого почвенного слоя, основанное на информации об изменении мощности почвенных слоев, и продуктивности рекультивируемых земель в увязке с технологическими параметрами и особенностями работы основного горно-транспортного оборудования, задействованного на отработке верхнего вскрышного уступа и на отсыпке породных отвалов. Конечный результат наших исследований кратко представлен в статье. Вполне обоснованно мы считаем, что наши разработки могут применяться в других угледобывающих регионах Сибири.

На основе информации об изменении мощности пластовых залежей плодородного слоя почвы (ПСП) и потенциально плодородных пород (ППП) в контурах горного отвода выделены участки с разнящимися характеристиками. Для разреза «Бородинский» на плане горных работ схематично показаны участки, на которых будет производиться снятие ПСП и участки внутренних отвалов, на которые будет нанесен сформированный почвенный слой.

Годовое подвигание фронта горных работ составляет 45-50 м, что соответствует ширине двух экскаваторных заходок. Снятие ПСП выполняют бульдозером, а размещение временных складов ПСП производят по схеме, предусматривающей деление фронта горных работ на пять блоков. Технология ведения горных работ по отработке верхнего вскрышного уступа экскаватором ЭКГ-12,5 предусматривает селективную отработку экскаваторного забоя с принципиальным делением его на два сектора. В первом секторе производят выемку суглинков, а во втором – выемку ПСП, находящегося на кровле уступа в природном состоянии, а также во временном складе, ППП и той части суглинков, объем которых не был удален при срабатывании первого сектора. Далее отгруженную горную массу транспортируют в железнодорожных составах через западный и восточный фланги на отвалы. Экскаватором ЭКГ-10 производят послойную отсыпку суглинков и сформированного почвенного слоя выше горизонта установки отвального экскаватора. Поверхность разравнивают бульдозером.

Применительно к современным условиям ведения горных работ и комбинации изменения мощности авторами предложены структуры комплексной механизации работ по горнотехнической рекультивации в условиях совмещения их с производством вскрышных работ (табл. 1). Установленные природные закономерности изменения мощности почвенных слоев ПСП и

ППП были использованы в прогнозировании изменения качественных показателей формируемого почвенного слоя и его продуктивности.

Таблица 1

Структура работ и показатели формирования почвенного слоя при проведении горнотехнической рекультивации на разрезе «Бородинский»

Горнотехнический этап		
Вид работ	Оборудование	Количество
1. Снятие ПСП	Бульдозер *Komatsu D155A*	1
2. Формирование почвенного слоя	ЭКГ-6,3ус; -10; - 12,5	2
3. Транспортировка на отвалы	ТЭМ-7; 2ВС-105	4; 40
4. Отвалообразование	ЭКГ-10	2
5. Разравнивание	Бульдозер *Komatsu D155A*	1
Характеристики сформированного почвенного слоя		
Показатели	Ед. измерения	Уровень
1. Содержание гумуса	%	3,0-5,1
2. Содержание глинистых фракций	%	47-58
3. Потери ПСП	%	0
4. Продуктивность почвенного слоя	ц/га	80-110

Объемы работ по выемке и транспортировке горной массы рассчитывают исходя из объемов снятия ПСП, размещаемого во временных складах, а также объемов ППП и суглинков, слагающих верхний вскрышной уступ (в статье не представлены).

На основе информации об изменении мощности пластовых залежей ПСП и ППП в контурах горного отвода выделены участки с разнящимися характеристиками. Для разреза «Переясловский» на плане горных работ схематично показаны участки, на которых будет производиться снятие ПСП и участки внутренних отвалов, на которые будет нанесен сформированный почвенный слой.

Технология ведения горных работ по отработке верхнего вскрышного уступа предусматривает селективную отработку забоя экскаватором ЭКГ-8и с принципиальным делением его на два сектора. В первом секторе производят выемку суглинков, а во втором – выемку ПСП, находящегося на кровле уступа в природном состоянии, а также ПСП во временном складе, ППП и той части суглинков, объем которых не был удален при срабатывании первого сектора. Далее отгруженную горную массу транспортируют автосамосвалами БелАЗ-7555 через западный и восточный фланги на отвалы. Производят послойную отсыпку суглинков в отвальный ярус высотой 15-20 м, а сформированным почвенным слоем мощностью 2,0 м перекрывают основной отвальный ярус. Поверхность отвала разравнивают бульдозером, а чистовую планировку при необходимости проводят с использованием автогрейдера ДЗ-98.

Применительно к современным условиям ведения горных работ и комбинации изменения мощности авторами предложены структуры комплексной механизации работ по горнотехнической рекультивации в условиях совмещения их с производством вскрышных работ (табл. 2).

Для разреза «Бородинский» рассчитаем экономическую эффективность исходя из сложившихся направлений горнотехнической рекультивации земель, из объемов работ на горнотехническом этапе и технико-экономических показателей, достигнутых при выполнении работ по рекультивации земель в реальных производственных условиях (табл. 3)

Внедрение результатов авторских исследований на разрезе «Бородинский» приведет к снижению затрат на проведение горнотехнической рекультивации в размере 136,2 млн. руб. за период с 2011 по 2030 гг. в ценах 2010 года. Продуктивность земель обустраиваемых культурных ландшафтов прогнозируется на уровне 60-100 ц/га.

Таблица 2

Структура работ и показатели формирования почвенного слоя при проведении горнотехнической рекультивации на разрезе «Переясловский»

Горнотехнический этап		
Вид работ	Оборудование	Количество
1. Снятие ПСП	Бульдозер *Komatsu D155A*	1
2. Формирование почвенного слоя	ЭКГ-8и	2
3. Транспортировка на отвалы	Белаз-7555	10-12
4. Отвалообразование	Бульдозер *Komatsu D155A*	1
5. Разравнивание	Бульдозер *Komatsu D155A*	1
Характеристики сформированного почвенного слоя		
Показатели	Ед. измерения	Уровень
1. Содержание гумуса	%	3,0-5,0
2. Содержание глинистых фракций	%	50-55
3. Потери ПСП	%	0
4. Продуктивность почвенного слоя	ц/га	90-110

Таблица 3

Показатели сравнительной экономической эффективности технологий горнотехнической рекультивации земель на разрезе «Бородинский»

Показатели	Проектная технология	Авторская технология
Площадь земель, га	874	874
Мощность снятия ПСП, м	0,35	0,48
Высота верхнего вскрышного уступа, м	7,65	8,0
Объем:		
- объем вскрышных работ, тыс. $м^3$	66861	69920
- снятия ПСП, тыс. $м^3$	3057	4192
- погрузки и вывозки ПСП на склады хранения, тыс. $м^3$	3057	-
- погрузки и вывозки ПСП из складов хранения на отвалы, тыс. $м^3$	3057	-
- погрузки ПСП на отвале и вывозки его до мест нанесения, тыс. $м^3$	3057	-
- планировки ПСП, тыс. $м^3$	2103	1050
Затраты на:		
- снятие ПСП, тыс. руб.	36283	49754
- вскрышные работы, тыс. руб.	4716470	4894400
- погрузку и вывозку ПСП на склады хранения, тыс. руб.	48168	-
- погрузку и вывозку ПСП из складов хранения на отвалы, тыс. руб.	215682	-
- погрузку ПСП на отвале и вывозку его до мест нанесения, тыс. руб.	48168	-
- планировки ПСП, тыс. руб.	31170	15585
ИТОГО затрат	5095941	4959739

Высокое содержание гумуса в структуре формируемого почвенного слоя обусловливает высокую продуктивность земель создаваемых культурных ландшафтов. Культурные

ландшафты, обладающие высокой продуктивностью земель на уровне 80-100 ц/га, обеспечивают вынос минеральной пыли с их поверхности в ветреную погоду в 3-4 раза меньше, а также являются более стойкими к ветровой и водной эрозии, в отличие от ландшафтов с продуктивностью 50-60 ц/га.

Для разреза «Переясловский» рассчитаем экономическую эффективность исходя из сложившихся направлений горнотехнической рекультивации земель, из объемов работ на горнотехническом этапе и технико-экономических показателей, достигнутых при выполнении работ по рекультивации земель в реальных производственных условиях (табл. 4).

Таблица 4

Показатели сравнительной экономической эффективности технологий горнотехнической рекультивации земель на разрезе «Переясловский»

Показатели	Проектная технология	Авторская технология
Площадь земель, га	419,2	419,2
Мощность снятия ПСП, м	0,4	0,4
Мощность нанесения ПСП, м	0,4	-
Содержание гумуса в почве, %	3-4	4-6
Продуктивность рекультивированных земель, ц/га	30-40	60-80
Объем: - снятия ПСП, тыс. $м^3$ - погрузки и вывозки ПСП на склады хранения, тыс. $м^3$ - погрузки и вывозки ПСП (почвенного слоя) для рекультивации, тыс. $м^3$ - планировки ПСП, тыс. $м^3$	 1676,8 1676,8 1676,8 838,4	 1676,8 - 1676,8 838,4
Затраты на: - снятие ПСП, тыс. руб. - погрузку и вывозку ПСП на склады хранения, тыс. руб. - погрузку и вывозку ПСП для рекультивации, тыс. руб. - планировку ПСП (почвенного слоя), тыс. руб.	 12217,1 68656,6 68656,6 2163,0	 12217,1 - 68656,6 1081,0
ИТОГО затрат	151 693,3	81954,7

Внедрение результатов авторских исследований на разрезе «Переясловский» приведет к снижению затрат на проведение горнотехнического этапа рекультивации в размере 69,7 млн. руб. за период с 2011 по 2020 гг.

Итак, применение в технологиях горнотехнической рекультивации земель, совмещенных с производством вскрышных работ, таких технологических решений, как концентрация ПСП в контурах вскрышных заходок, селективная выемка пород верхнего вскрышного уступа, раскройка карьерного поля на выемочные блоки позволяет формировать почвенный слой для обустройства культурных ландшафтов с высоким содержанием гумуса на уровне сдачи земель для использования в сельском хозяйстве и приемлемым содержанием глинистых фракций.

Реализация системного подхода к проведению горнотехнической рекультивации при совмещении с производством вскрышных работ для разрезов «Бородинский» и «Переясловский» позволит снизить затраты в сумме 137,8 млн. руб. за 10-летний период оценки и обеспечить высокую продуктивность земель культурных ландшафтов, создаваемых на породных отвалах.

УДК 662.805

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЛОРИЙНОГО ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОГО СУСПЕНЗИОННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Мурко В.И., Смирнова С.А., Соколов Н.Е.
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Устойчивая тенденция к росту мировых цен на нефтепродукты привела к интенсивным поискам новых технологий переработки углей, в первую очередь в энергетике, где сырьём является не нефть, а уголь. Анализ состояния исследований разведанных запасов показал, что запасы угля более чем в 20 раз превышают запасы нефти. В связи с этим становится актуальным повышение использование угля в энергетике, в том числе водоугольного топлива.

В настоящее время во многих странах мира (Россия, КНР, Япония, Италия, Канада, США, Швеция, и др.) уделяется особое внимание водоугольным суспензиям как реальной альтернативе жидким топливам из нефти. В этих странах были проведены промышленные испытания и получены положительные результаты при сжигании водоугольного топлива в котельных установках ТЭЦ, парогазовых и газовых турбинах.

Так в США реализуется программа использования угля в промышленной и бытовой энергетике («Чистый уголь») с общим объемом финансирования в 6 млрд. долларов на ближайшие 6-10 лет. По данным американских источников, его широкое внедрение сдерживается относительно высокой стоимостью углеобогащения и противодействием прокладке магистральных углепроводов со стороны железнодорожных компаний.

В КНР для технического руководства по внедрению водоугольного топлива создан Государственный центр водоугольных суспензий угольной промышленности. В 2009 г. в Китае таких суспензий производилось и потреблялось более 25 млн. т в год. Топливоприготовление ведется на 25 заводах мощностью до 1,5 млн. т в год. Потребителями являются ТЭЦ, ранее работавшие на мазуте, предприятия химической, металлургической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности. В ближайшие 20 лет планируется довести мощности по производству ВУТ до 100 млн. т в год.

В России указанные работы проводились в рамках Государственной научно-технической программы Минобрнауки России «Экологическая чистая энергетика».

Сибирским государственным индустриальным университетом на основе комплексного использования материально-технических и кадровых возможностей других научно-исследовательских организаций ведутся исследования по разработке энергосберегающих технологий производства, транспортирования и распределения тепла в условиях Сибири и Крайнего Севера.

Целью выполнения НИР является выполнение комплекса исследований технологических процессов получения, транспортирования и распределения тепловой и (или) электрической энергии в условиях Сибири и Крайнего Севера на основе подготовки и сжигания деминерализованного суспензионного угольного топлива.

Исследуемая территория Сибири и Крайнего Севера богата природными ресурсами, месторождениями угля и других полезных ископаемых. Она имеет ряд особенностей.

1) Дефицит трудовых ресурсов, так как население страны сосредоточено преимущественно в европейской части России. Поэтому на территориях Сибири и Крайнего Севера более приемлемо развитие отраслей добывающей промышленности с вывозом качественных ресурсов: в частности, обогащенного угля в европейские части России. Для сокращения транспортных расходов необходимо обогащение угля;

2) Суровые климатические условия обостряют проблемы экологии. Природа имеет более низкий потенциал самовосстановления. Соответственно, одновременно с первичной

переработкой ресурсов, должна быть организована переработка угля и угольных шламов с максимально полезным использованием их энергетического потенциала;

3) Из-за низких температур на территории Сибири и Крайнего Севера, основной потребностью для данного региона является тепло и электроэнергия. Кроме того, здесь широко известны техногенные катастрофы, связанные с замерзанием поселков и городов из-за размерзания теплотрасс с последующим отключением тепла.

Поэтому в этих условиях становится важным использование угля в виде водоугольного топлива. Кроме того известно, что в производстве тепловой и (или) электрической энергии стоимость топлива составляет от 40 до 70 %. Поэтому снижение стоимости топлива (или его удельного расхода) является важным фактором получения экономического эффекта.

С этой целью в качестве топлива следует использовать местные ресурсы. В угледобывающих и углеперерабатывающих регионах предлагается использовать угольные шламы или рядовой уголь. Количество угольных шламов, пригодных для переработки и применения, только в Кузбассе превышает 25 млн. т [1]. Однако ввиду высокой зольности (до 60%) непосредственное их применение сопряжено с большими техническими проблемами.

Предлагается разработать технологию получения высококалорийного деминерализованного суспензионного угольного топлива (с зольностью не выше 2 – 2,5 %) на основе угля или угольных шламов. Отличительными аспектами технологии являются:

– мокрое измельчение (механическая активация) угольных шламов до крупности 0 – 100 мкм;

– классификация полученной суспензии по классу 10(20) мкм;

– обогащение полученного надрешетного продукта методом масляной грануляции, особенностью которого является предварительное эмульгирование масляного агента;

– обезвоживание полученной суспензии и получение углемасляного гранулята;

– приготовление суспензионного угольного топлива на основе масляного гранулята путем механохимической активации углемасляной суспензии в роторно-пульсационном аппарате специальной конструкции.

Отличительные от известных технологий показатели полученного деминерализованного суспензионного угольного топлива приведены в табл. 1.

Таблица 1

Техническая характеристика теплогенерирующего комплекса

Наименование оборудования	Наименование параметров	Значение
Установка по глубокому обогащению угольных шламов и получению деминерализованного суспензионного угольного топлива	Производительность установки, т/ч	до 2
	Энергоемкость приготовления топлива, кВт·ч/т	не более 40
	Зольность топлива, %	не более 2,5
	Массовая доля твердой фазы, %	не менее 60
	Низшая теплота сгорания, ккал/кг	4500-5000
	Температура воспламенения	не ниже 350°С
	Температура замерзания	-10°С
Теплогенератор	Тепловая мощность, ккал/ч	до 0,5
	Уровень вредных выбросов:	
	CO, мг/м^3	не более 120
	NO_x, мг/м^3	не более 175
	SO_2, мг/м^3	не более 20
	пыль, мг/м^3	не более 50
	полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), мг/м^3	-

Экологические характеристики разрабатываемых котлов с вихревой системой сжигания благодаря развитой внутритопочной аэродинамике в несколько раз выше, чем у типовых твердо - и жидкотопливных котлов. Масса выбросов, в том числе золы и шлака, значительно меньше. Это особенно важно при установке котлов в населенных пунктах [2].

Для получения собственной дешевой тепло- и электроэнергии, передачи и распределения полученного тепла предлагается использование в котельной паровых турбогенераторов (конденсационных или теплофикационных), теплообменного оборудования и системы транспортирования теплоносителя.

Основными потребителями водоугольного топлива являются:

- муниципальные котельные ЖКХ и промышленных предприятий;
- угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия;
- предприятия топливно-энергетического комплекса, использующие дорогостоящее жидкое нефтяное топливо, малоэффективный слоевой способ сжигания рядового угля.

Для оценки перспектив коммерциализации технологических и технических решений разрабатывается бизнес-план с описанием механизма вовлечения результатов в хозяйственный оборот.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ по государственному контракту № 0757 НОУ

Список литературы

1. Ивушкин А.А Разработка мини-ТЭЦ на отходах углеобогащения / А.А., Ивушкин, К.Г. Вегнер, С.П. Мочалов, В.И. Мурко, В.П. Мастихина, В.П. Мышляев, Г.П. Сазыкин, В.И. Федяев // Уголь.– № 12. – 2012. – с. 67-68.

2. Мурко В.И. Разработка и создание технологического комплекса по сжиганию тонкодисперсных отходов углеобогащения в котельной ОАО «Междуречье» / В.И. Мурко, В.И. Федяев, В.И. Карпенок и др. // Уголь Кузбасса. – №4 – 2010.– с.102-103.

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 3
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ И УСЛОВИЙ ПЕРЕХОДА МЕТАНА ИЗ ГИДРАТНОГО В КЛАТРАТНОЕ И ГАЗООБРАЗНОЕ СОСТОЯНИЕ В МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ПРИРОДНЫХ БЛОКОВ И ЛИНЕАМЕНТОВ
Фрянов В.Н., Павлова Л.Д. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 5
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «ПРОЗА-3.0»
[1]Ордин А.А., [1]Зырянов С.А., [1]Никольский А.М., [1]Опрук Г.Ю., [2]Белокопытов П.И., [2]Тышкевич Н.С., [2]Лазарев Б.В., [2]Метельков А.А. 1 - Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск, 2 - ЗАО “Гипроуголь», г. Новосибирск 14
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОТКРЫТО-ПОДЗЕМНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА
Федорин В.А., Шахматов В.Я., Михайлов А.Ю. Институт угля СО РАН, г. Кемерово 20
ПОСТАНОВКА СИСТЕМ РЕЗЦЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ШАХТАХ КУЗБАССА
Прокопенко С.А. НЦ ВостНИИ, НПП «Сибирские горнопромышленники», г. Кемерово 26
ОБОСНОВАНИЕ НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ И ПРИНЦИПОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЗАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА
Черных Н.Г. ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк 33
УГЛЕОБОГАЩЕНИЕ КУЗБАССА, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
Антипенко А.А. ОАО «Сибнииуглеобогащение», г. Прокопьевск 45
АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ И СЖИГАНИЕМ ВОДНО-ШЛАМОВОГО ТОПЛИВА
[1]Мышляев Л.П., [1]Мочалов С.П., [2]Ивушкин К.А., [1]Киселев С.Ф., [2]Венгер К.Г., [1]Березин Д.Г.
1 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
2 - ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк 49
СЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА» 53
ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ РОССЫПНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ СОЛУР-ВОСТОЧНАЯ
Никольский А.М., Ордин А.А., Неверов А.А. Институт горного дела СО РАН, г. Новосибирск 55
ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРЕЛОВИДНОГО ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА В ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КУЗБАССА
Куцый К.Е. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 64
ПРЕДПОСЫЛКИ ПО СОЗДАНИЮ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ
[1]Богомолов И.Д., [1]Хуснутдинов М.К., [2]Малышкин Д.А., [2]Головин И.П., [2]Тимшин А.Н.
1 - Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 2 – Прокопьевский филиал КузГТУ, г. Прокопьевск 66
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ НА ШАХТЕ ЕСТЮНИНСКАЯ ОАО «ЕВРАЗ ВГОК»
[1]Цинкер Л.М., [1]Смирнов С.М., [1]Волынер А.М., [2]Петров В.П., [2]Калимулин С.Н.
1 - ООО «ВостНИГРИ», г. Новокузнецк 2 - ЕВРАЗ ВГОК, г. Нижний Тагил 69

ГЕОДИНАМИЧЕСКОЕ И СТРУКТУРНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ НЕДР ШАХТНЫХ ПОЛЕЙ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОЙ ШОРИИ И ХАКАСИИ
Цинкер Л.М., Смирнов С.М., Веселов А.И. ООО «ВостНИГРИ», г. Новокузнецк 75
РАЗРАБОТКА УДАРООПАСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ НА ПРИМЕРЕ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА ЛАВЫ 3–32 ФИЛИАЛА «ШАХТА «АЛАРДИНСКАЯ» ОАО «ОУК «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ»
Климов В.Г., Тюхрин В.Г., Черепов А.А., ОАО «ОУК «Южкузбассуголь», г. Новокузнецк..... 79
СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАЙОНЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРНОЙ ШОРИИ
Лобанова Т.В., Трофимова О.Л., Лобанов С.А. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 88
СИНТЕЗ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ОДНОРОДНОМ ИЗОТРОПНОМ МАССИВЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГРАВИТАЦИИ
[1]Цветков А.Б., [2]Фрянов В.Н., 1 – Новокузнецкий филиал-институт КемГУ, г. Новокузнецк, 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк..... 95
АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ
Корнев Е.С., Павлова Л.Д., Фрянов В.Н. Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк 98
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОЗДАНИЮ ГОРНЫХ МАШИН С УЧЕТОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА
Черных Н.Г. ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк 103
ПРОХОДЧЕСКО-ОЧИСТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ И БЛОКИ ПКО-1 И ПОБЧ ДЛЯ СИСТЕМЫ «УЧАСТОК»
Черных Н.Г. ОАО «Консорциум Кузбассподземмашстрой», г. Новокузнецк 106
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕМОНТАЖА ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТА-ПЛАСТ
Ульянов В.В., Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 114
МНОГОШТРЕКОВАЯ ПОДГОТОВКА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
Севостьянов Ю.К., Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 116
ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОРОДАХ КРОВЛИ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ АНКЕРОВ
Никитина А.М, Риб С.В., Борзых Д.М. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 118
ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ВАЛА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ
Никитин А.Г., Витушкин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 126
ТЕХНОЛОГИЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ
Колеватов А.В., г. Осинники 129
СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНОВ» 137
УПРАВЛЕНИЕ ЗАТРАТАМИ - ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
Нифотнов А.И., Кушнеров Ю.П. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 139
СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ

Петрова Т.В., Эпова А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 141
СИСТЕМНАЯ ОЦЕНКА СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ТЭК РЕГИОНА: ВОПРОСЫ ТЕОРИИ, МЕТОДОЛОГИИ И ПРАКТИКИ
Новоселов С.В., Ремезов А. В., Харитонов В.Г. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 147
СОЗДАНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ – ИННОВАЦИОНЫЙ ПУТЬ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ТЭК
Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 148
АЛЬТЕРНАТИВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЭК КУЗБАССА - УГЛЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЛАСТЕРЫ, ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИЛИ ШАХТО-СИСТЕМЫ?
Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 150
ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ВЫБОРА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА: ПРОМЫШЛЕННЫЕ КЛАСТЕРЫ, ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ИЛИ ШАХТО-СИСТЕМЫ?
Новоселов С.В., Ремезов А.В., Харитонов В.Г. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 152
ВЛИЯНИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ, ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ, ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ В XXI ВЕКЕ
Буфина Н.Э. Кемеровский государственный университет, г. Кемерово 159
ФАКТОРЫ РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ОТРАБОТКИ УЧАСТКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
Дубовик Ю.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 166
МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК И ДЕПРЕССИИ ШАХТЫ
Гаврилов Б.И., Шкредова Н.С. Сибирский государственный индустриальный университет, г . Новокузнецк 169
АНАЛИЗ ТОВАРНОГО ЗАПАСА И ОБОРАЧИВАЕМОСТИ ТОВАРОВ НА СКЛАДЕ НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ-МЕТАЛЛОТРЕЙДЕРА
Евса Я.М. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 173
ПРИОРИТЕТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ РЕГИОНА
Покровская О.Д., Воскресенский И.В., Воскресенская Т.П. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 177
ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ОКАЗАННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ
Ситников А.А., Садовская Е.Н. Территориальный фонд обязательного медицинского страхования Кемеровской области, г. Кемерово 184
СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ» 189
БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ
Сивов М.О., Метельков А.А. ЗАО «Гипроуголь», г. Новосибирск 191
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ GPS ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ
Артамонов П. В. Санкт-Петербургский государственный горный университет, г. Санкт-Петербург 199

ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТОВ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ УСТАНОВКИ СЖИГАНИЯ ВОДНО-ШЛАМОВОГО ТОПЛИВА
Евтушенко В.Ф., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А., Березин Д.Г., Гафиятов Ж.М., Тюжин Т.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 201
О ПРИМЕНЕНИИ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В СФЕРЕ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА
Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 207
ОТОБРАЖЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫМИ ФАБРИКАМИ
Шипунов М.В., Циряпкина А.В., Чичиндаев М.Г., Грачев В.В., Гафиятов Ж.М. Сибирский государственный индустриальный университет, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк 212
СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВИДЕОКОНТРОЛЯ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ
Грачев В.В., Шипунов М.В., Барагичев К.Е. Сибирский государственный индустриальный университет, Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк 218
ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ
Грачев В.В., Шипунов М.В., Гафиятов Ж.М., Барагичев К.Е. Сибирский государственный индустриальный университет, Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк 222
КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЛАВНОГО ЗАПУСКА МОЩНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
[1]Иванов А.С., [1]Мещерин А.Т., [1]Мещерина Ю.А., [1]Пугачев Е.В., [2]Ваулин Г.А., [2]Ершов А.М., [2]Сорокин А.А., [2]Сухов М.В. 1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 2 - ООО Научно-производственная фирма «ИНТЕХСИБ», г. Новокузнецк 225
ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
[1]Аниканов Д.С., [2]Кипервассер М.В., [2]Ижелевская О.В. 1 - ООО ОК СШС, г. Новокузнецк, 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 227
АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ШАХТНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
Кузнецова Е.С., Свирская Г.С., Дивин Г. В., Карачевцев И.О. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 231
ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ УПРАВЛЕНИЙ ОАО «СУЭК-КУЗБАСС»
[1]Приступа Ю.Д., [1]Сударева И.Л., [2]Павлова Л.Д., [2]Фрянов В.Н. 1 - ПТУ «Восточный Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий, 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 234
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ АСУ«КОМПЛЕКС ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ» В УСЛОВИЯХ ПТУ «ВОСТОЧНЫЙ КУЗБАСС»
[1]Приступа Ю.Д., [1]Сударева И.Л., [2]Павлова Л.Д., [2]Фрянов В.Н. 1 - ПТУ «Восточный Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий, 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 238
РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
1Лапин С.Э., [1]Кокорев А.Н., [1]Бих В.В., [2]Пугачев Е.В. 1 - НПП «Ингортех», г. Новокузнецк 2 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 247
ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПРИ РАСЧЕТАХ И ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Пугачев Е.В., Елина М.Н. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 248
СОЗДАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО НАТУРНО-МОДЕЛЬНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В ЗАБОЕ
Пугачев Е.В., Равнюшкин Е.А. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 254
НЕЛИНЕЙНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ С ЭЛЕМЕНТМИ САМООРГАНИЗАЦИИ
Кунинина Д.В. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 257
ПРИМЕНЕНИЕ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
Тайлаков О.В., Макеев М.П., Соколов С.В., Уткаев Е.А. Институт угля СО РАН, г. Кемерово . 266
СЕКЦИЯ «БЕЗОПАСНОСТЬ ДОБЫЧИ УГЛЯ И ШАХТНОГО МЕТАНА, ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕПРОДУКТОВ И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ»..... 269
АДСОРБЦИЯ МЕТАНА НА НАНОПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ ИЗ УГЛЯ, КОКСОВ И СОЕДИНЕНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ИХ СТРУКТУРУ
[1]Самаров А.В., [1]Барнаков Ч.Н., [1]Козлов А.П., [1,2]Исмагилов З.Р. 1 - Институт углехимии и химического материаловедения СО РАН, г. Кемерово, 2 - Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск 271
ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ, АНАЛИЗ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ, ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ
Вяткин В.П., Красноярский научный центр СО РАН, г. Красноярск 277
ДЕГАЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
Анаев И.В., Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 282
ПРОБЛЕМА ШАХТНОГО МЕТАНА В РОССИИ
Лемзяков О.Н., Ремезов А.В. Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово 291
К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ ВЕДЕНИИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ
[1]Домрачев А.Н., [2]Лукин К.Д., [3]Лукин М.Д. 1 - Новокузнецкий филиал ФГУП ВНИИПО МЧС России, г. Новокузнецк, 2 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, 3 – Московский государственный горный университет, г. Москва..... 293
ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СКВАЖИН НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ДЕГАЗАЦИИ И БОРЬБЫ С САМОВОЗГОРАНИЕМ УГЛЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ
Коряга М.Г. ОАО «Газпром промгаз», г. Новокузнецк 296
РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В СИБИРСКОМ РЕГИОНЕ
Цинкер Л.М., Волынер А.М. ООО «ВостНИГРИ», г. Новокузнецк 299
ТЕХНОЛОГИЯ ОТРАБОТКИ ВЕРХНЕГО ВСКРЫШНОГО УСТУПА ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ С ПРОИЗВОДСТВОМ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ
[1]Кирюшина Е.В., [2]Зеньков И.В., 1 - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, 2 - Красноярский научный центр СО РАН, СКТБ «Наука», г. Красноярск 304
ОБОСНОВАНИЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ РАЗРЕЗОВ «БОРОДИНСКИЙ» И «ПЕРЕЯСЛОВСКИЙ» С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ
[1]Кирюшина Е.В., [2]Зеньков И.В. 1 - Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, 2 - Красноярский научный центр СО РАН, СКТБ «Наука», г. Красноярск 307
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЛОРИЙНОГО ДЕМИНЕРАЛИЗОВАННОГО СУСПЕНЗИОННОГО УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА
Мурко В.И., Смирнова С.А., Соколов Н.Е. Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк 312

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 25.05.2012г. Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 18,95 Уч.-изд. л. 20,19 Тираж 1000 экз. Заказ 331

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42. Издательский центр СибГИУ