

2007-60

Институт физики и механики горных пород
НАН Кыргызской Республики

На правах рукописи

УДК 622.063.46

ЛОЦЕВ Герман Викторович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАМЕРНО-СТОЛБОВОЙ
СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ,
ЗАЛЕГАЮЩИХ В СЛОЖНЫХ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
(на примере месторождения «Бешбурхан»)**

**Специальность 25.00.22 – Геотехнология (подземная,
открытая, строительная)**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек 2007

23
21-22
22

вероятностно-стохастической моделью.

2. Управление параметрами напряженно-деформированных углепородных массивов достигается взаимоувязкой геомеханических свойств, состояния углепородного массива, параметров очистной камеры и технологической схемы выемки угля.

3. Эффективным способом управления геомеханическим состоянием сложных угольных пластов является саморазрушение пласта в различных технологических режимах, параметры которых определяются по предложенным зависимостям разрушения угольного массива в функции напряженного состояния, характеристик обнажений и свойств угля.

4. Разработанные технологические схемы отработки угольных пластов с количественными горно-геологическими характеристиками позволяют оптимизировать процесс выемки угля и существенно повысить его безопасность.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- выявлены основные факторы, определяющие геомеханические процессы в углепородном массиве вокруг очистной камеры при отработке одиночных угольных пластов и определена их роль;
- разработана системная модель развития геомеханических процессов при функционировании системы саморазрушения угля, обеспечивающая оптимальные ее параметры, определяемая физической структурой угля, имеющимися в нем связями, величиной горного давления, системой разработки и ее параметрами, а также тремя зонами разрушения (1 – зависит от величины горного давления и геомеханических свойств угля и вмещающих пород, 2 – определяется параметрами и геометрией очистной камеры, 3 – обусловлена условиями формирования областей неупругих деформаций в окрестности очистной камеры);
- разработана аналитическая модель и решена задача управления напряженно-деформированным состоянием углепородного массива в очистных камерах, позволяющая с высокой степенью достоверности определять оптимальные технологические параметры;
- решена задача достижения надежности отработки угольных пластов, снижающая опасность их самовозгорания, в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических показателей.

Личный вклад автора состоит:

- в формулировании общей идеи, а также цели работы и определения пути ее достижения;
- получении и обобщении данных о состоянии углепородного массива;
- обобщении и статистической обработке результатов шахтных инструментальных наблюдений в зоне влияния горных работ;
- исследовании основных прочностных свойств угольных пластов месторождения «Бешбурхан», обрабатываемых камерно-столбовой системой;
- установлении влияния основных горно-геологических и горнотехнических факторов на эффективность камерно-столбовой системы разработки угольных пластов.

Практическое значение работы заключается в оценке влияния горно-геологических факторов на оптимизацию технологической схемы разработки угольных пластов, на основе которой разработаны рекомендации по обоснованию

технологии подготовки и очистной выемки пласта «Спутник».

В качестве **методологической основы** исследований был использован системный подход, при котором горно-геологические и горнотехнические факторы и условия, влияющие на качественные и количественные характеристики геомеханических процессов, изучаются только во взаимосвязи протекающих явлений.

Решение поставленных задач осуществлялось комплексными исследованиями, включающими анализ и обобщение известных положений теории и практики разработки угольных месторождений камерно-столбовым методом, лабораторные и опытно-промышленные эксперименты, численные методы компьютерного моделирования, математическую статистику и промышленные испытания.

Объектами исследований являются угольный пласт «Спутник» и вмещающие породы месторождения Бешбурхан пласт «Спутник» (Кыргызстан), а также технологии добычи угля.

Необходимая степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе обусловлена применением в исследованиях апробированных численных методов и надежных исходных данных, удовлетворительной сходимостью полученных результатов с натурными данными (отклонения составляли не более 12 %), а также значительным объемом опытно-промышленных испытаний, подтвердивших полученные выводы в различных горно-геологических условиях.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-технических совещаниях на шахте «Бешбурхан» (г. Кызыл-Кия, 2000-2006 гг.), на «Неделе горняка – 2006» (г. Москва, 2006 г.), на заседаниях кафедры горного и нефтяного дела РУДН (г. Москва, 2006 г.), III, IV и V Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (г. Москва, 2004 г., г. Навоий, 2005 г., г. Кызыл-Кия, 2006 г.), научно-практической конференции «Проблемы развития горнодобывающих отраслей промышленности и безопасности контролируемого использования хризолитового волокна и хризолитсодержащих материалов» (г. Житикара, 2005 г.), на II Международном симпозиуме «Геотехнология: скважинные способы освоения месторождений полезных ископаемых» (г. Москва, 2005 г.), на V Международной научно-практической конференции «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых» (г. Москва, 2005 г.).

Реализация работы. Основные результаты исследований были использованы на шахте «Бешбурхан» (Кыргызстан) при разработке пласта «Спутник».

Кроме этого научные результаты исследований используются в учебном процессе Российского университета дружбы народов (г. Москва), Южно-Кыргызском горном институте и Кызылкийском горном техникуме (Кыргызстан, г. Кызыл-Кия).

Автор искренне благодарит своего научного руководителя профессора А.Е. Воробьева, а так же академика Нифадьева В.И. за неоценимый вклад в постановку и проведение исследований по теме диссертации, а также постоянную поддержку на всех этапах ее прохождения.

Автор также благодарит профессора Шамшиева О.Ш., Прокофьева Б.А., Мамбетова Ш.А. и Кожоголова К.Ч. за помощь в решении организационных вопросов и ценные консультации.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 печатных работ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения и содержит 182 страниц машинописного текста, 14 таблиц, 51 рисунок и

список литературы из 184 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность проблемы, определены цели и задачи, основные положения работы, выносимые на защиту.

Исследования основных геомеханических процессов протекающих при подземной выемке угля неразрывно связаны с изучением специфики угленосной толщи, как объекта заложения горных выработок.

В первой главе рассматривается современное состояние изучаемой проблемы.

К настоящему времени исследования в области проявлений горного давления при разработке угольных месторождений подземным способом были выполнены учеными ВНИМИ, Института горного дела им. А.А. Скочинского, Института горного дела (ИГД) СО РАН, ИУУ СО РАН, КузНИУИ, ВНИИГидроуголь, ПНИУИ, КузНИИшахтострой, Института физики и механики горных пород (ИФМГПИ) НАН Республики Кыргызстан, Московского государственного горного университета (МГГУ), Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета), Российского университета дружбы народов (РУДН), Тульского государственного университета (ТулГУ), КузГУ, СибГИУ, Фрунзенского политехнического института (с 1993 г. - Бишкекского технического университета), ДонУГИ, КНИУИ, КРСУ.

Проведенный анализ показал, что в основу разработки эффективных способов подземной разработки угольных пластов (особенно – залегающих в сложных горно-геологических условиях) должна быть заложена идеология о взаимосвязи технологических схем с литолого-структурными особенностями продуктивной толщи, изменчивостью свойств вмещающих пород и показателями, характеризующими технологию ведения горных работ.

На территории республики Кыргызстан к настоящему времени известно около 70 месторождений угля и углепроявлений, которые группируются в четыре бассейна (Южно-Ферганский, Узгенский, Северо-Ферганский, Кавакский) и три угленосных района (Алайский, Алабука-Чатыркульский, Южно-Иссыкульский).

Во второй главе систематизированы основные системы разработки угольных пластов и методика выбора наиболее целесообразных технологических схем разработки угольных пластов.

По состоянию на начало XXI века балансовые запасы и прогнозные ресурсы угля до глубины 600 м от дневной поверхности составляют 6390959 тыс. т, в том числе числятся на балансе 1302911 тыс. т (20,4%), из разведанных по категориям А+В+С₁ - 992875 тыс. т, а по категории С₂ - 310036 тыс. т. Запасы разведанные по категории С₁ и С₂, но не числящие на балансе, составляют 422876 тыс. т (6,6 %). Прогнозные ресурсы – 4665172 тыс. т (73 %).

Месторождение Бешбурхан имеет среднюю мощность пласта - 11,57 м, среднюю зольность угля - 19,41 %, запасы и прогнозные ресурсы угля составляют по А+В+С₁ - 37344 тыс. т, по С₂ - 797 тыс. т, итого - 38141 тыс. т.

Угли месторождения бурые со следующими качественными показателями: W^a - 10,48 %, A^d - 19,41 %, S₁^d - 1,62 %, V^{daf} - 37,52 %, Q^{daf} - 234 МДж/кг, C₁^d - 69,56 %, H₁^d - 4,9 %.

В условиях перехода к рыночной экономике в угольной отрасли Кыргызстана был осуществлен процесс реструктуризации с целью перевода ранее убыточных шахт на бездотационную добычу угля.

Было установлено, что основной причиной неэффективного использования возможностей производственно-технического потенциала шахтного фонда обычно является низкий уровень технических и технологических решений по управлению состоянием горного массива в зонах интенсивных горных работ и горногеологических нарушений.

В итоге, угольные предприятия Кыргызстана в условиях перехода к рыночной экономике оказались не готовы к оперативному и эффективному применению новых технологий по предупреждению проявлений опасностей при подземной добыче угля, так как существующие современные методы и технологии не были адаптированы к местным особенностям горно-технологических условий.

Таким образом, создание эффективных технологий должно быть органически связано с решением таких вопросов как безопасность работ, сокращение потерь угля, уменьшение энергоемкости добычи угля, снижение пожароопасных систем, а также нейтрализация проявлений горного давления.

Третья глава посвящена изучению характеристики угольных пластов, залегающих в сложных горно-геологических условиях.

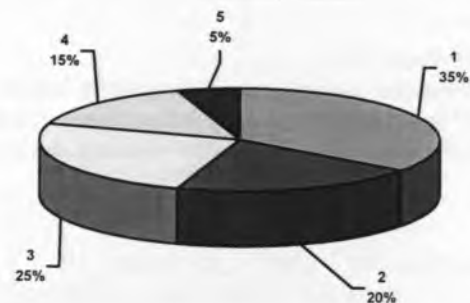
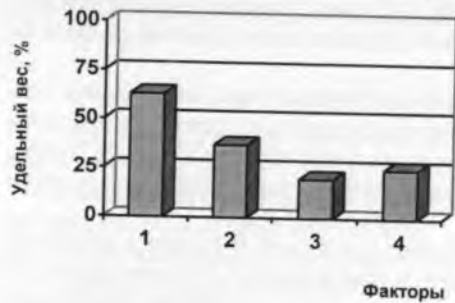


Рис. 1. Укрупненное соотношение факторов, определяющих формирование технологических схем разработки угольных пластов: факторы: 1 - горногеологические, 2 - экономические, 3 - организационные, 4 - экологические, 5 - технологические

Главные факторы (рис. 1), определяющие формирование технологических схем разработки угольных пластов - это форма, размеры и глубина залегания полезных толщ (рис. 2), наличие полезного угля видов и сортов, а также мощность шахты, параметры выемочной единицы, тип применяемо отдельных участков месторождения, особенности странством и его использования.

Рис. 2. Детализированный удельный вес горно-геологических факторов:

1 - глубина залегания угольного пласта, 2 - размеры угольного пласта, 3 - форма угольного пласта, 4 - сложность залегания (нарушенность, разработанность, кливажность и др.) угольного пласта



Реальные горно-геологические условия пласта «Спутник» имеют следующие особенности:

- мощный пласт (общая) - 7-25 метров;
- пласт включает в себя прослой различной мощности высокозольного угля, глины, углистые глины;
- целостность пласта нарушена многочисленными геологическими нарушениями. Повсеместно пласт собран в складки с углами падения крыльев от 0° до 60° - 80° ;
- в зонах нарушения наблюдается повышенное горное давление на выработки;
- пласт самовозгорающийся;
- обводненность незначительная;
- обрабатываемый горизонт залегает на глубине 150 м.

Так на горизонте 1340 м было установлено значительное количество горно-геологических нарушений субширотного простирания (рис. 3), взбросового типа надвинутые с юга на север. Массив угля смят в складки, пласт угля пережат, а в зонах нарушений - раздроблен.

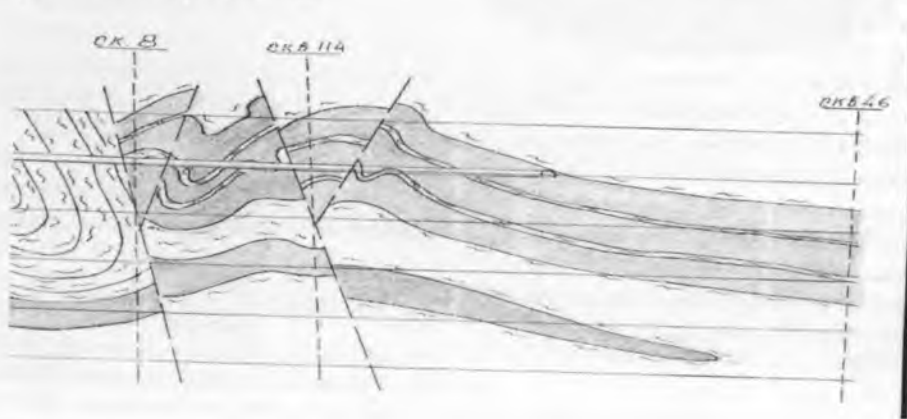


Рис. 3. Характер геологических нарушений угольных пластов шахты «Бешбурхан»

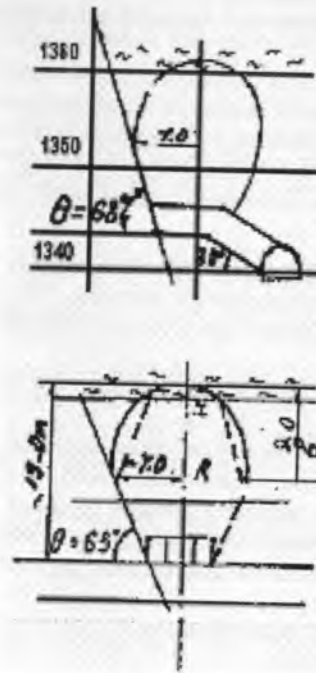


Рис. 4. Расчетная схема определения свода естественного равновесия в условиях пласта «Спутник»

По характеру эти нарушения относятся к взбросам чешуйчатого строения, образуя надвинутые с юга друг на друга с перекрытием (ориентировочно) до 10-30 м узкие блоки. Падение угольного пласта южное, под углом 50 - 70° .

Кроме этого, на площади угольного пласта «Спутник» были установлены разломы северо-западного простирания, секущие под тупым углом основные структуры.

Так, главной особенностью пласта «Спутник» является его значительная раздробленность, а также высокая степень кливажности. Это и является причиной образования в кровле выработок куполов значительных размеров. Что особенно активно проявляется вблизи зоны различных геологических нарушений.

В частности, на основании расчётов и графического построения по результатам наблюдения за куполом были установлены его размеры: площадь основания - 50 - 55 м^2 , средний радиус внутреннего контура - 6 - 7 м и высота - 17 - 19 м (рис. 4).

В четвертой главе рассматриваются процессы целенаправленного самообрушения угольного пласта.

В теоретических построениях образовавшийся купол необходимо рассматривать как два круглых усеченных конуса.

Непосредственный объем одного конуса определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi}{3} h(R^2 + r^2 + R \cdot r) \quad (1)$$

где: h — высота конуса (в наблюдаемом случае $h = 9,0 \text{ м}$);

R — радиус нижнего основания (в нашем случае — $R = 7 \text{ м}$);

r — радиус верхнего основания ($r = 3,0 \text{ м}$).

В ходе анализа процесса образования купола были сделаны следующие выводы:

При развитии купола в значительной степени происходит самообрушение угля до образования свода естественного равновесия.

Параметры купола зависят от физико-механического состояния угольного пласта; сечения горной выработки, площади основания купола, мощности вынимаемого слоя.

Разработав механизм предварительного расчёта параметров образования купола, представляется возможным разработать способ управляемого процесса его развития в заданных расчётных размерах.

Исследованиями было установлено, что пустоты в структуре угольного вещества (поры и трещины) имеют несколько структурных порядков и подразделяются на группы с различными свойствами. Микропространство угля представляет собой совокупность микропор, размеры которых изменяются в пределах $(15,5-32,7) \cdot 10^{-8}$ см, а общее количество этих пор в 1 г угольного вещества оценивается величиной порядка 10^{19} единиц.

Выявленные особенности вещественного состава и структуры угля были использованы при изучении геомеханических свойств угленосного массива, процессов саморазрушения угля в природных условиях и для обеспечения безопасного ведения горных работ.

При изучении характеристики основных связей химических элементов углей необходимо иметь в виду следующие обстоятельства.

Слои и кристаллиты в угольном веществе связаны между собой водородными связями, силами Ван-дер-Ваальса, а иногда и структурными (ковалентными) мостиками (в качестве которых выступают эфирный кислород и полиметиленовые группы).

Взаимодействия между ароматическими кластерами носят ван-дер-ваальсов характер и энергия их изменяется в зависимости от ориентации плоскостей (достигая максимального значения в графите).

Теоретические расчеты коэффициента поверхностного натяжения (рис. 5) у угольного вещества дают следующие средние значения (Н/м):

- в случае проявления только Ван-дер-ваальсовых сил – 0,56-0,65;
- водородных – 1,02-1,2;
- межатомных – 7,3-12,2.

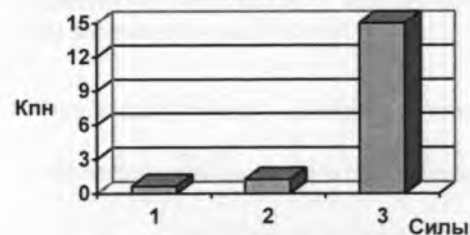


Рис. 5. Коэффициент поверхностного натяжения ($K_{пн}$) у угольного вещества, Н/м:

1 – проявление только Ван-дер-ваальсовых сил, 2 – проявление только водородных сил, 3 – проявление только межатомных сил

При этом энергия активации разрыва Ван-дер-Ваальсовых сил $E_{вв}$ (рис. 6) имеет значение порядка 8 кДж/моль, водородных связей $E_{н}$ – 16-40 кДж/моль (в среднем 28 кДж/моль), а энергия диссоциации межатомных связей внутри молекул $E_{м}$ (С-С, С-О, С-Н, С-Н и др.) составляет 240-320 кДж/моль.

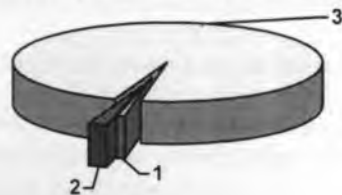


Рис. 6. Соотношение энергии разрыва в угле для различных сил (кДж/моль):

1 - Ван-дер-ваальсовых, 2 - водородных, 3 – межатомных связей внутри молекул $E_{м}$ (С-С, С-О, С-Н, С-Н и др.) составляет 240-320 кДж/моль

При теоретическом исследовании саморазрушения угля одним из наиболее физически корректных является *энергетический критерий*. Считается, что разрушение горных пород и угля происходит при достижении потенциальной энергией некоторой постоянной величины в процессе ползучести.

В результате основное условие саморазрушения угля непосредственно в пласте в детерминированной постановке имеет следующий вид:

$$F_A > F_{п} \quad (2)$$

где: F_A – активные, способствующие саморазрушению угля, силы, Н;
 $F_{п}$ – пассивные, препятствующие саморазрушению угля, силы, Н.

Поэтому, при разгрузке за счет ранее накопленной потенциальной энергии вышележащего породного массива неизбежно происходит разрыв водородных, Ван-дер-ваальсовых или межатомных связей в структуре ОМУ.

Энергетический барьер подобного разрыва связей характеризуется приращением потенциальной энергии W превышающим соответствующую энергию диссоциации Ван-дер-ваальсовых $E_{вв}$, водородных $E_{н}$ и межатомных $E_{м}$ связей, т.е. $W > E_{н}$, $W > E_{вв}$ или $W > E_{м}$.

Предельная энергия при условно-мгновенном нагружении определяется соотношением:

$$U_{мг} = \frac{\sigma_{сж}}{2E} \quad (3)$$

где: $\sigma_{сж}$ – прочность горных пород (угля) при одноосном напряжении.

Предельная энергия, накапливаемая в процессе длительного нагружения, определяется выражением:

$$U_{дл} = \frac{\sigma_{дл}}{2E(t)} \quad (4)$$

где: $\sigma_{дл}$ – прочность горных пород (угля) при длительном нагружении;

$E(t)$ – модуль упругости горных пород (угля) при времени t .

Данный математический аппарат позволил обосновать условия саморазрушения угля в пласте (рис. 7).

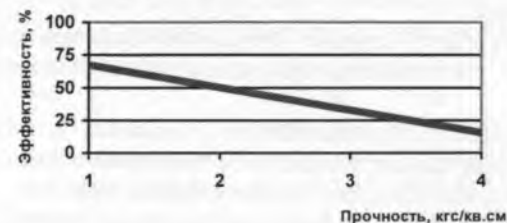


Рис. 7. Зависимость эффективности камерно-столбовой системы разработки от исходной прочности угля

В пятой главе приведены процессы самовозгорания угля в пласте.

Процесс горения к реакции взаимодействия углерода с кислородом, которая при полном сгорании до углекислоты протекает с экзотермическим эффектом 405,46 Дж/моль.

Так, в соответствии с *тепловой теорией* самовозгорания угля, критическая температура не является константой и зависит как от вещественного состава угля, так и от

условий формирования очага возгорания (определяемые его формой и параметрами, а также – притоком воздуха и характеристикой теплообмена с окружающей средой).

Предлагаемая нами технология, в этом плане выгодно отличается (рис. 8) от имеющихся по следующим признакам:

- Очистной забой (скат-камера) является «точечным», расположенным на ограниченной площади участка угольного пласта, что позволяет при необходимости быстро его изолировать, не нарушая нормального функционирования всей системы горных выработок шахты.
- Отработка камер (столбов) ведётся в обратном порядке, от границы выемочного участка, что исключает любые прососы воздуха через отработанное пространство. При этом длина обрабатываемого участка ограничивается 60 м.
- Подготовка и отработка одного столба составляет достаточно короткое время - 25-35 дней, что находится в пределах инкубационного периода самовозгорания угля.

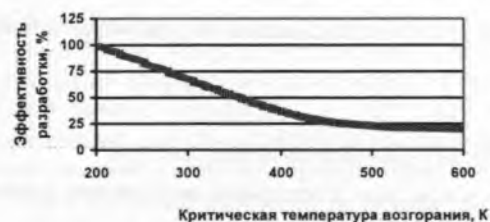


Рис. 8. Зависимость эффективности применения камерно-столбовой системы разработки от параметров самовозгорания

Шестая глава посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния углепородного массива в зоне очистных камер.

Так, в ненарушенном углепородном массиве, в условиях долговременного и всестороннего сжатия угольного скелета под действием горного давления реализуются условия плотной упаковки угольного вещества с одновременным накоплением потенциальной энергии, которая в последующем реализуется в виде саморазрушения угля при обнажении хотя бы одной из его поверхностей.

Механизм саморазрушения угольного пласта начинает функционировать при повышенных горных давлениях, в условиях, где становится возможным саморазрушение краевой части угольного пласта.

Процесс саморазрушения распространяется от поверхности обнажения вглубь угольного массива и продолжается до состояния восстановления механического равновесия. Последнее достигается за счет образования области разупрочненного угля.

На базе выявленных закономерностей основных механических процессов происходящих в углепородном массиве, вызванных воздействием технологических мероприятий, были установлены наиболее распространенные формы деформации угольного пласта и вмещающих его пород. По угольному пласту это характеризуется переходом в слоистую структуру по контуру горной выработки. Далее, происходит нарастающее увеличение горного давления и как следствие, разрушение конструкции крепи с последующим обрушением горной массы в рабочее пространство и образования пустот (ку-

полов) в кровле выработки.

В процессе натурных наблюдений за фазами развития куполов были установлены взаимосвязи его параметров, которые согласуются с теорией горного давления «Свода естественного равновесия» Протодяконова М.М. и Цимбаревича П.М.

Разработанный математический метод расчета величины горного давления, параметров свода естественного равновесия, для конкретных горногеологических условий, физикомеханических свойств пласта и размеров горной выработки позволяет выполнить предрасчет объема горной массы свода и его контуры.

Используя данный метод расчетов, представляется возможность по заданным размерам горной выработки определять ожидаемые параметры свода естественного равновесия.

Такой выработкой может быть камера образуемая путем выполнения определенных технологических мероприятий.

В камере создаются естественные горнотехнические условия вызывающие саморазрушение угольного массива до границы расчетного контура свода естественного равновесия.

В седьмой главе рассматриваются вопросы связанные с определением и обоснованием параметров технологии очистной выемки пласта «Спутник».

На основе вышеуказанных заключений и расчетов нами были разработаны основные принципы и параметры технологии подготовки и очистной выемки пласта «Спутник».

Предложенная технология принята для экспериментального внедрения на шахте «Бешбурхан».

Результаты практического применения новой технологии отвечают требованиям техники безопасности, экономической эффективности и заданной производственной мощности.

При этом, размеры очистной камеры определяются расчетом в зависимости от мощности обрабатываемого угольного пласта и его физико-механических особенностей.

Было установлено, что по фактору рационального управления состоянием угленосной толщи целесообразно применять погоризонтный способ подготовки и камерно-столбовую систему разработки:

В зоне очистных камер наибольшее осложнение вызывает слоистость и неоднородность вмещающей среды, а также наличие межслоевых контактов и зон с различным состоянием, т.е. многообразие горно-геологических условий и типов горных пород.

Исходными данными для дальнейших расчетов является объемная горно-геологическая информация, определяющая пространственное положение угольных пластов и вмещающих пород со всеми их структурными и морфологическими особенностями, деформационными и прочностными характеристиками:

- литологические структурные колонки и разрезы углепородного массива по всем разведочным скважинам шахтного поля от земной поверхности до отметки ниже разрабатываемого пласта на 20-50 м;
- литолого-прочностные карты кровель угольных пластов;
- физико-технические свойства и параметры ползучести угля и вмещающих пород, закономерности изменения модуля упругости, коэффициента Пуассона и прочностных характеристик от масштабного фактора, трещиноватости,

глубины разработки, обводненности и газоносности, степени и скорости нагружения;

- типы, местоположение, толщина, деформационные и прочностные характеристики слабых межслоевых контактов;
- сведения об элементах залегания основных систем трещин в угольном пласте и породах кровли.

Следует отметить, что месторождение «Беш-Бурхан» расположено в зоне действия длительно проявляющихся тектонических сил, в результате чего напряжения в углепородном массиве по своей величине и направлению действия главных составляющих поля напряжений существенно отличаются друг от друга своим распределением.

В наших расчетах использовалась компьютерная программа Phase 2D, предназначенная для расчета горного давления на выработки любого поперечного сечения и подбора оптимальных параметров последних.

Результаты исследований были представлены условными контурами очистных камер на блок-диаграмме (рис. 9), которые позволяют определять теоретические (потенциальные) параметры саморазрушения угля (в том числе - местоположение в области этого явления).

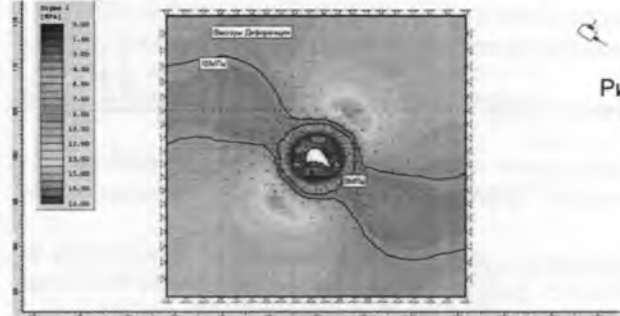


Рис. 9. Векторы деформации вокруг очистной камеры

Так, в случае, если условные параметры находятся в расчетных пределах, работа очистной камеры будет наиболее эффективной и потери угля при добыче становятся минимальными. Если же условные параметры находятся вне расчетных пределов, вероятность неконтролируемого разрушения камеры возрастает, происходит самозадавливание камеры и существенно увеличатся потери угля при добыче (рис. 10).

Нагрузка на очистную камеру зависит от ее реальных параметров и характеристик углепородного массива.

Если нагрузка горных пород перекрывающей линии слишком велика, то возможно внезапное разрушение очистной камеры. Условная толща для этой критической области может быть выражена следующим уравнением:

$$C_c = \frac{H_a L^2}{\sum S_{P_i}} \quad (5)$$

где: C_c - условная толща критической области, м;

L - длина камеры

H_a - средняя мощность перекрывающих горных пород в критической области, м;

S_{P_i} - площадь поперечного сечения очистной камеры в критической области, м².

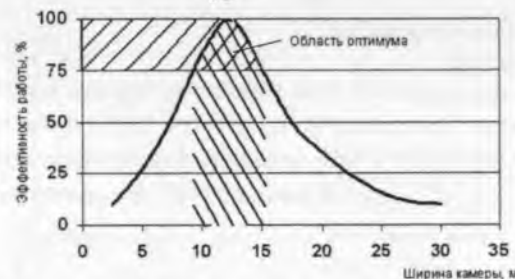


Рис. 10. Взаимосвязь условных параметров очистной камеры с эффективностью ее работы

На рис. 11. представлена расчётная схема и эпюра горного давления в районе очистной выработки.

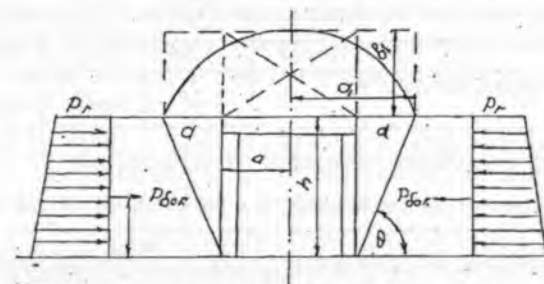


Рис. 11. Расчётная схема и эпюра напряжений в массиве:

b_1 - высота свода естественного равновесия; h - высота выработки; a_1 - полупролет свода естественного равновесия; a - половина ширины выработки; d - призмы сползания; Q - угол сползания призмы; $P_{кр}$ - давление со стороны кровли; $P_{бок}$ - боковое давление; P_r - боковое горизонтальное давление

В большинстве случаев, боковые породы неустойчивы и при обнажении не способны длительное время находится в вертикальном положении. В результате деформации боковых пород призмы d сползают, поэтому пролёт свода естественного равновесия будет больше ширины выработки.

Угол сползания призмы обрушения определяется по формуле:

$$\theta = - \frac{90^\circ + \beta_{бок}}{2} \quad (6)$$

где: θ - угол сползания призмы;

$\beta_{бок}$ - угол внутреннего сопротивления боковых пород, равный углу внутреннего трения.

Высота свода естественного равновесия может быть представлена как:

$$B_1 = \frac{a_1}{tg \beta_{кр}} = \frac{a + h * ctg \frac{90^\circ + \beta_{бок}}{2}}{tg \beta_{кр}} \quad (7)$$

где: a_1 - полупролёт свода естественного равновесия;

$\beta_{кр}$ - угол внутреннего сопротивления пород кровли;

а - половина ширины выработки;
h - высота выработки.

Для выбора реального значения угла сдвижения призмы обрушения и угла внутреннего трения β (табл. 1) необходимо произвести графическое построение реально измеренного купола обрушения в орте западного разведочного штрека. Для чего графически определяем угол θ , который равен $65^\circ-68^\circ$, что соответствует углу внутреннего трения $46^\circ-48^\circ$.

Таблица 1

Показатели физико-механических свойств угольного пласта «Спутник» и вмещающих пород

Показатели	Уголь	Аргиллиты	Алеволиты	Песчаники	Глины
Плотность, кН/м ³	12-18	18-23	20-24	21-25	15-16
Влажность	12-28	2-21	1,5-10	0,6-6	2,1
Пористость	16-48	15-30	12-21	13-15	21
Предел прочности при одноосном сжатии, Мпа	3-16	3-21	5-25	12-40	2-3
Угол внутреннего трения, град	27-50	16-47	30-35	33-38	31

Очистной забой образуется в виде камеры с расчётными параметрами, определёнными на основе:

- свода естественного равновесия, рассчитанного в зависимости от мощности вынимаемого угольного слоя.
- Многовариантных расчетов базовой схемы определения свода естественного равновесия для отрабатываемого угольного слоя мощностью 20-23 метра (рис. 12). При этом размеры выработки образующей свод естественного равновесия составляют: по ширине – 7 м и высоте – 11,5 м (в плоскости разреза). Расчётная высота свода составила 6,5 м.

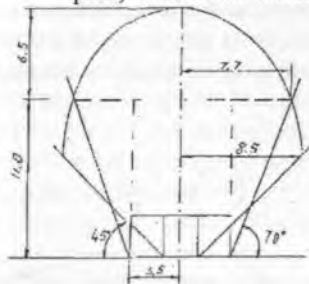


Рис. 12. Схема определения параметров очистной камеры

Высота очистной камеры ограничивается мощностью отрабатываемого слоя, ширина в соответствии с расчетом по параметрам свода естественного равновесия. Длина очистной камеры устанавливается в зависимости от горногеологических условий отрабатываемого участка пласта (по натурным наблюдениям при средней крепости пласта до 20,0 м)

Первоначально определяются параметры расчётного контура свода естественного равновесия (рис. 13), который является предельным для данной мощности угольного пласта.

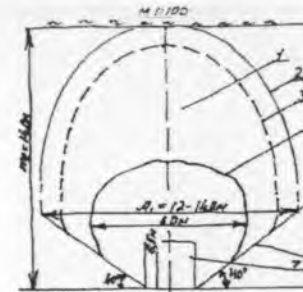


Рис. 13. Основные параметры очистной камеры:
1 - очистная камера, 2 - предельный контур очистной камеры, 3 - рабочий контур очистной камеры, 4 - контур врубовой камеры, 5 - основание свода очистной камеры, 7 - скат,

Боковые стенки рабочего основания свода образуются под углом $35-40^\circ$, при проведении БВР, что обеспечивает «стекание» угля к центру очистной камеры.

Размеры очистных столбов определяются расчетными параметрами очистных камер. В варианте, при мощности пласта 11,4 м и длине блока по простиранию 50,0 м взаиморасположение элементов технологии приведено на рис. 14. Расчетные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные показатели камерно-столбовой системы

№	Показатели
1	Площадь погашаемого блока – 60,0 м x 30,0 м = 1800 м ²
2	Общая мощность пласта (I слой) – 11,4 м в т.ч. ЧУП – 10,2 м
3	Общий объем горной массы – 20,5 т.м ³ в т.ч. по ЧУП – 18,7 т.м ³
4	Коэффициент извлечения – расчетный 0,63

Разработаны три варианта подготовки и обработки очистных столбов. Общим для всех блоков является обработка их обратным ходом - от границы блока к главной выработке.

Вариант 1. Односторонняя (однокрылая) подготовка к обработке. В этом случае нарезка очистного блока производится в одну сторону по простиранию от главной выработки, проветриваемой за счёт общешахтной депрессии.

Вариант 2. Двусторонняя (двукрылая) подготовка. Крылья отрабатываются поочередно или одновременно.

Вариант 3. Подэтажная, с одновременной работой на двух горизонтах (гор. №1 и гор. №2). На каждом горизонте может быть принята односторонняя, либо двусторонняя схема обработки блоков.

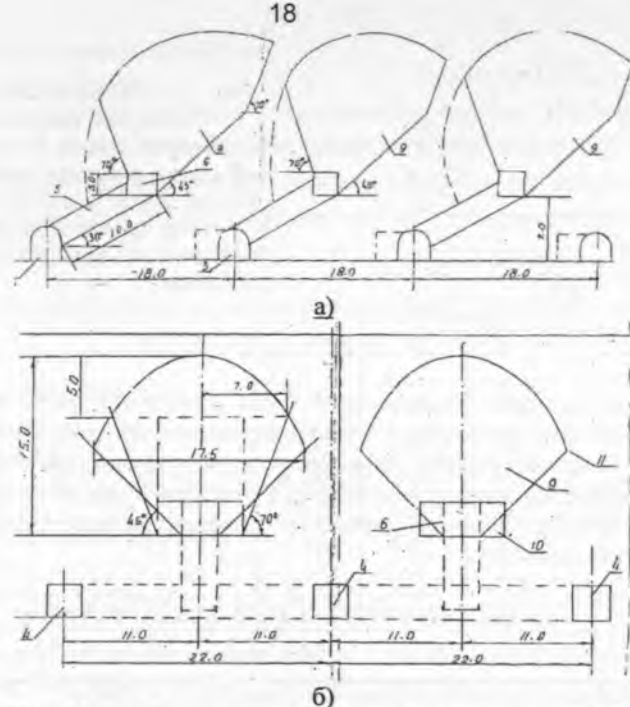


Рис. 14. Схема определения параметров технологии разработки пласта «Спутник»

Цифровые обозначения:

1 – главная выработка; 2 – транспортный штрек; 3 – вентиляционный штрек; 4 – промштрек; 5 – угольный скат; 6 – врубовая камера; 7-8 – ниши для бурстанка; 9 – очистная камера; 10 – контур подошвы камеры; 11 – контур основания свода.

Особенностью подэтажной отработки является:

- при ведении очистных работ на горизонте №2, с конвейерной выработки производится рыхление целика в сторону нижележащего горизонта. При этом создаётся зона предварительного рыхления массива угля при помощи БВР. Этот способ даёт возможность, при работе столбов нижележащего горизонта, увеличить объём очистных камер и сократить время на их отработку.
- очистные камеры горизонта №1 располагаются против надштрековых целиков горизонта №2. Это позволяет предотвратить перепуск обрушенной породы очистных камер горизонта №1 в зону отработки камер горизонта №2.

Столбы в эксплуатационном блоке обрабатываются от границы, обратным ходом по направлению к основной выработке.

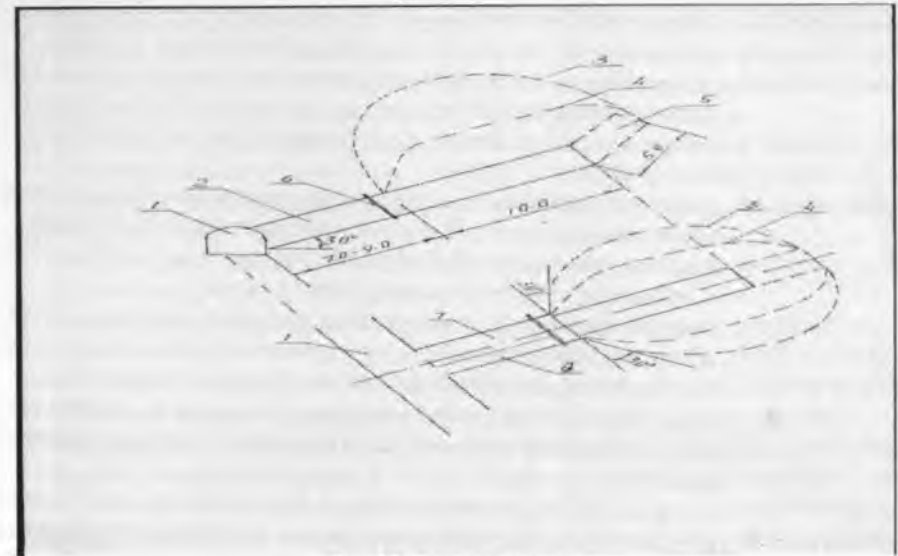


Рис. 15. Схема скат-камер

Пространственное положение очистной камеры должно быть таким, чтобы поток отбитого угля самотёком выходил из камеры в углеспускной скат и далее на конвейерную выработку.

Для этого, основание очистной камеры и угольный скат (рис. 15) должны находиться под углом падения 30° , а с применением металлических желобов в скате угол наклона может быть уменьшен до 25° .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой научную квалификационную работу, в которой содержится решение задач повышения эффективности камерно-столбовой системы разработки угольных пластов, имеющее существенное значение для подземной разработки сложно-структурных угольных месторождений таких, как пласт «Спутник» Бешбурханского бурогоугольного месторождения.

Основные научные и практические результаты исследований состоят в следующем:

- Установлены зависимости характеристик развития механизма геомеханических процессов в углепородном массиве, примыкающем к очистной камере, позволяющие численно оценить изменение величины возникающего напряженно-деформированного состояния пород в пространстве и во времени
- Главными факторами, определяющими величину и характеристики горного давления, в пластах со сложными горно-геологическими условиями, являются прочность вмещающих пород и угля, глубина залегания угольного пласта, площадь сечения камер и технология ведения очистных работ, а также мощность угольного пласта.

- Установлено, что особенности горно-геологических условий Бешбурханского бурогольного месторождения определяют специфику геомеханических процессов при ведении горных работ, состоящую в развязывании и протекании процессов саморазрушения угля.
- Определена схема расчетной базы для исчисления контура свода естественного равновесия, в зависимости от площади сечения горной выработки, физико-механических свойств угольного пласта, мощности обрабатываемого слоя.
- На основе исследований напряженно деформированного состояния углепородного массива вокруг очистных камер предложены конкретные параметры технологической схемы разработки.
- Осуществлен анализ динамики куполообразования, а также активности обрушения горной массы и процесса затухания подвижек контура купола.
- На основе принятой методики были выполнены расчеты по определению возможных размеров и формы куполов для усредненных горно-геологических условий пласта «Спутник», при мощности обрабатываемого слоя (пласта) 22-25 м.
- Образующей очистную камеру выработкой, является угольный скат, пройденный на восстание под углом 25° - 30° и соединяющий очистную камеру с конвейерным штреком.
- Угольный скат с очистной камерой образуют унитарный элемент предлагаемой технологии очистной выемки, – «Скат - камера» из которых, составляется комбинация выемочных столбов в зависимости от формы и размеров выемочного блока, зон геологических нарушений.
- Отбойка угля в очистной камере регулируется дистанционными зарядами (с расчетным количеством ВВ) размещаемых при помощи длинных шпуров и буровых скважин. Процесс разрушения угольного массива идет в режиме регулируемого самообрушения. Обрушенный в камере уголь по угольному скату «самотеком» поступает на конвейерную выработку.
- Отработка очистных столбов от границы выемочного блока, создает наилучшие условия для изоляции отработанного пространства при опасности самовозгорания угля.
- Применение предлагаемой технологии решает основные практические задачи безопасной и эффективной работы по освоению пласта «Спутник» и в целом Бешбурханского бурогольного месторождения.

Список опубликованных работ по теме диссертации:

1. Анарбаев А.Д., Лоцев Г.В. Некоторые проблемы строящейся шахты Бушбурхан //Материалы III Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» – М.: РУДН,

2004. – С. 77-78.
2. Воробьев А.Е., Кушеков К.К., Лоцев Г.В. Систематизация факторов, определяющих самовозгорание угля // Матер. V Междунар. научно-практ. конф. "Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых". - М.: РГГУ, 2006. – 281с.
3. Воробьев А.Е., Кушеков К.К., Лоцев Г.В. Типизация основных факторов, определяющих самовозгорание угля // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. – С. 36-38.
4. Воробьев А.Е., Лоцев Г.В. Подземная разработка угольных месторождений - Кызыл-Кия: ЮКГИ, 2006. – 200 с.
5. Воробьев А.Е., Лоцев Г.В., Анарбаев А.Д. Природоохранная разновидность камерно-столбовой технологии разработки угольных месторождений // Матер. IV Междунар. конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2005. – С. 94-96.
6. Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Анарбаев А.Д., Лоцев Г.В. Базис устойчивого развития недропользования // Матер. III Международной научно-практ. конф. «Проблемы развития горнодобывающих отраслей промышленности и безопасности контролируемого использования хризолитового волокна и хризолитосодержащих материалов».– Житикара, 2005. – С. 452-455.
7. Перспективы комплексного освоения месторождений в Кыргызстане / Воробьев А.Е., Чекушина Т.В., Лоцев Г.В., Анарбаев А.Д. и др. / Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: Матер. IV Междунар. конф. - М.: РУДН, 2005. – С. 179-182.
8. Горно-геологические и технико-экономические условия строительства традиционной и гидрошахты / Воробьев А.Е., Кушеков К.К., Лоцев Г.В., Анарбаев А.Д. // Матер. II Междунар. симпозиума «Геотехнология: скважинные способы освоения месторождений полезных ископаемых». – М.: РУДН, 2005. – С. 75-77.
9. Лоцев Г.В. Возможности целенаправленного управления саморазрушением угольного пласта // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. – С. 42-43.
10. Лоцев Г.В. Методика выбора наиболее целесообразных технологических схем разработки угольных пластов // Вестник РУДН, Сер. Инженерные исследования. - №1(12), 2006. – С. 40-46.
11. Лоцев Г.В. Морфология угольного пласта «Спутник» и условия его залегания // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. – С. 91-93.
12. Лоцев Г.В. Обоснование выбора технологии подготовки и очистной выемки угольного пласта «Спутник» // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. – С. 112-115.
13. Лоцев Г.В. Развитие угольной отрасли Кыргызстана в 2003-2005 гг. –// Воробьев А.Е., Комашенко В.И., Дребенштетт К. и др. Уголь: процессы глобализации и национальная безопасность. – М.: МИИР, 2006. - С.87-92.
14. Лоцев Г.В. Разработка геологической модели сложнопостроенных угольных

- пластов // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. - С. 121-123.
15. Лоцев Г.В. Способ экспериментальной оценки функциональных параметров системы «ударник – инструмент - обрабатываемая среда» // Научно-технический журнал Ферганского политехнического института (Узбекистан).- N3.- 2000.- С. 88-90.
 16. Лоцев Г.В. Разработка геологической модели сложнопостроенных угольных пластов // Матер. V Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». - М.: РУДН, 2006. - С. 121-123.
 17. Лоцев Г.В. Исследование горного давления и образование свода естественного равновесия для пласта «Спутник» Бешбурханского месторождения бурового угля // Вестник КГТУ, Бишкек.- 2007.- №10.- С. 12-15.
 18. Лоцев Г.В. Исследование процессов самовозгорания угля в пласте // Вестник КГТУ, Бишкек.- 2007.- №10.- С. 5-10.
 19. Фролов А.В., Лоцев Г.В. Оценка качества силовой импульсной системы // Научно-технический журнал Ферганского политехнического института (Узбекистан).- N2.- 2000.- С. 43-47.
 20. Фролов А.В., Лоцев Г.В. Параметры ударного импульса силы применительна к механическим системам // Научно-технический журнал Ферганского политехнического института (Узбекистан).- N3/4.- 2000. - С. 27-30.
 21. Жетигенов Б.Ж., Лоцев Г.В., Каниметов А.К. Анализ характера и величины нагрузки на очистную камеру // Наука и новые технологии, Бишкек.- 2006. - №3-4.- С.7-11.
 22. Лоцев Г.В., Жетигенов Б.Ж., Каниметов А.К. Анализ и выбор технологии подготовки и очистной выемке угольного пласта «Спутник» // Наука и новые технологии, Бишкек.- 2006. -№3-4.- С.121-126.

РЕЗЮМЕ

Лоцев Герман Викторович

Тема диссертации: «Совершенствование камерно-столбовой системы разработки угольных пластов, залегающих в сложных горно-геологических условия» (на примере месторождения «Бешбурхан») Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Шифр специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая, строительная) Ключевые слова: пласт, массив, деформация, камера, скат, печь, столб, кливаж, складки, горное давление, кровля, блок, призма, штрек.

В результате исследований на базе выявленных закономерностей основных механических процессов углепородного массива вызванных воздействием технологических мероприятий установлены рациональные способы подготовки и обработки пласта угля, а так же рассчитаны их параметры, обеспечивающие воз-

можность контролируемого саморазрушения угля, приводящее к увеличению объемов его добычи, к безопасным условиям труда горнорабочих.

На основе исследований напряженно деформированного состояния углепородного массива вокруг очистных камер предложены конкретные параметры технологической схемы обработки.

РЕЗЮМЕ

Лоцев Герман Викторович

Диссертациянын темасы «Татаал тоо-кен технологиялык шарттарда жайгашкан көмүр пласттарын казып алуунун камералык системасын өркүндөтүү». (Бешбурхан көмүр кенинин мисалында).

Техника илимдеринин кандидаты илимий даражасын жактоо боюнча автореферат. Кесипчиликтин шифри 25.00.22.- Геотехнология (жер алдындагы, ачык түрдө, курулуш боюнча).

Негизги сөздөр: катмар, массив, деформация, камера, скат, меш, карагай, кливаж, бүктөлүүлөр, тоо басымы, шып, блок, призма, штрек.

Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде, массивде технологиялык жумуштарды алып баруунун таасиринде анда пайда болгон негизги механикалык процесстердин мыйзамченемдүүлүктөрү аныкталып, пластты казып алууга даярдоонун жана аны казып алуунун рационалдуу жолдору табылып, алардын негизги параметрлери эсептелип чыккан.

Алардын негизинде көмүрдүн өз алдынча талкалануу – үрөп түшүүсүн көзөмөлдөп башкаруу мүмкүнчүлүгүнө жетишилген. Бул болсо көмүрдү казып алуунун көлөмүн жана жумушчулардын коопсуздугунун деңгээлин жогорулатууга алып келет.

Көмүрдүн казылып алынуучу камералардын айланасында массивдин чыналган-деформацияланган абалын изилдөөлөрдүн натыйжасында көмүрдү казып алуунун технологиялык схемаларынын конкретүү параметрлери сунушталган.

SUMMERY

Lotsev German Viktorovich

The theme of dissertation (thesis):

“The improvement of chamber-column system working out of coal stratum, bedding in difficult mountainous-geological conditions” (at the example of coalfield “Beshburhan”) The author's abstract of the dissertation on competition of a scientific degree of Cand.Tech.Sci. The code of a speciality 25.00.22 - Geotechnology (underground, opened, building)

Keywords: a layer, a file, deformation, the chamber, a slope, the furnace, a column, klivag, folds, mountain pressure, a roof, the block, a prism, shtrek.

At the result of investigations on the base of revealed regularities of main mechanic processes coalrock passive caused under influence of technological actions (measures) arranged rational ways preparations and wastes of stratum (layer) of coal, and calculations their parameters, providing with possibility controlled selfdesroing of coul, bringing to increase valumes its extractions, to secure conditions of work for miners.

On the base of investigations strained-deformationed condition of coalrock massive around of places where coal is obtained suggested concrete parameters technological scheme of wastes.