

На правах рукописи

**ГРЯДУЩИЙ** Борис Абрамович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТЕЙ В  
УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ, РАЗРАБОТКА И  
РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ИХ  
НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Специальность 05.26.01 - "Охрана труда и пожарная  
безопасность"

**НАУЧНЫЙ ДОКЛАД  
ПО СОВОКУПНОСТИ ПЕЧАТНЫХ ТРУДОВ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Работа выполнена в Центральном штабе Государственной  
военно-воздушной горноспасательной службы Украины

Официальные оппоненты:

Доктор техн. наук, проф.

Александр А. Д.

Доктор техн. наук, проф.

Бобров А. И.

Доктор техн. наук, проф.

Кременчуцкий Н. Ф.

Задумавшая организация Днепропетровский Головной институт по  
проектированию угольных шахт (Днепрогапрошахт)

Научный консультант – академик Международной Академии наук  
экологии и безопасной жизнедеятельности, доктор технических  
наук, профессор Морев А. М.

Защита диссертация состоялась " 17 " марта 1995 года  
в 12<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета  
Д0680802 по адресу: 320027, ГСП, г. Днепропетровск-27,  
пр. К. Маркса, 19

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00756200 (K)

Автореферат разослан 14 февраля 1995г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
к. т. н., доцент

З. Т. Заака

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Диссертация, представленная в форме научного доклада, выполнена на основе результатов исследований автора, опубликованных в 1968-1994г.г.

Актуальность проблемы. Выход отрасли из кризиса может быть достигнут путем решения ряда технологических, технических, организационных и социальных проблем. Одним из главных определяющих факторов в выборе направлений проведения противокризисных мероприятий является усложнение природных условий разработки угольных пластов в Донбассе, выражающееся в росте глубины шахт и в размещении основного объема оставшихся запасов угля в тонких и весьма тонких пластах, а также значительное отставание по орокам и объемам реконструкции действующих шахт и подготовки новых мощностей. Ухудшение состояния шахтного фонда по данным прогнозирования ДонУГМ приведет к снижению в 2005 году среднегодовой нормативной мощности предприятий угольной промышленности Украины на 13-15% против уровня 1991 года, составившего 178,6 млн.тонн. За счет реконструкции и технического перевооружения шахт, обладающих значительными запасами угля, и строительства не менее 21 шахты и одного углеразреза при одновременном закрытии 47 шахт по причине отработки запасов планируется после 2005 года обеспечить прирост добычи угля. В этих условиях все более актуальной становится задача обеспечения высокой производительности и безопасности труда, требующая проведения комплекса мероприятий по предотвращению или снижению негативного воздействия таких опасных явлений как повышенное горное давление, внезапные выбросы газа, угля и породы, горные удары, высокая температура пород, повышенное метановыделение, самовозгорание угля и др.

Исследования различных природных факторов, осложняющих разработку угольных месторождений, характера их проявлений, способов и средств их предотвращения или устранения негативных последствий выполнялись в пальнем зарубежье – Германии, Польше, США, Англии и в странах СНГ – России, Казахстане, Грузии и др. Исследования в области обеспечения эффективного и безопасного ведения горных работ по отдельным направлениям проводились МанНИИ, ИГТМ НАН Украины, ИГД им. А.А.Скочинского, ВНИИМ, НИИГД, МГУ, ДОНУТИ, ДГУ, ИТАУ, "Донгипрошахтом", "Днепрогипрошахтом" и др. Значительный вклад в развитие горной науки в области безопасности внесли ученые Абрамов Ф.А., Айруни А.Т., Бобров И.В., Бойко В.А., Болбат И.Е., Бурчаков А.С., Зборшик М.П., Медвелев И.И., Морев А.М., Николин В.И., Патрушев М.А., Печук И.М., Сергеев И.В., Скочинский А.А., Ушаков К.В., Черняк И.Л. и др.

Многочисленные литературные источники обычно посвящены конкретным видам аварийной опасности и содержат сведения от теоретических моделей физических процессов, обуславливающих их возникновение, до методов прогнозирования, способов и технических средств их предотвращения или снижения тяжести последствий. Сложившаяся в настоящее время обстановка в отрасли требует новых подходов в оценке приоритетных направлений совершенствования технологии угледобычи, учитывающих усложняющиеся горно-геологические условия, моральное и физическое старение шахтного фонда, взаимное воздействие горных работ и экологической обстановки в промышленных регионах.

Изложенное указывает на актуальность научно-технической проблемы, заключающейся в исследовании влияния природных, технологических и технических условий подземной добычи угля на безопасность горных работ и в разработке способов снижения их негативного воздействия в технологическом, экологическом и со-

циальном аспектах.

В диссертационную работу включены результаты многолетних исследований, выполненных под руководством и при непосредственном участии автора, возглавлявшего длительное время службу охраны труда и техники безопасности Минуглепрома Украины, а также по тематическим планам работ НИИГД.

#### Степень исследованности тематики диссертации.

В печатных трудах автора отражены все основные аспекты важной научной и народно-хозяйственной проблемы обеспечения безопасности подземной добычи угля на основе установления закономерностей формирования опасных факторов и характеристик их проявлений в различных горно-геологических условиях и применения способов и технических средств их предотвращения или снижения тяжести последствий.

Цель работы заключается в установлении на основании анализа опубликованных трудов путей совершенствования безопасности технологических процессов подземной добычи угля и в разработке способов и технических средств, направленных на снижение аварийности и травматизма, на улучшение условий труда в шахтах и экологической обстановки в промышленных регионах.

Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие задачи исследований:

1. Разработать структуру факторов и условий, влияющих на безопасность горного производства, и установить критерии оценки безопасности труда и отдельных технологических процессов.

2. Установить закономерности развития деформаций в массиве горных пород под влиянием подготовительных и очистных работ в различных горно-геологических условиях, выявить опреде-

ляющие факторы и на основе этих исследований разработать эффективные способы управления горным давлением в выработках, параметры заложения скважин для извлечения метана и предотвращения газодинамических явлений.

3. Выполнить теоретические исследования условий самонагрева скоплений угля в выработанном пространстве и разработать метод прогнозирования температурных полей.

4. Выполнить теоретические и экспериментальные исследования способов предотвращения инициирования воспламенения и взрывов метано-воздушной смеси и пыли, обычно сопровождающихся тяжелыми последствиями, и разработать надежные средства противовзрывной защиты.

5. Дать физическое обоснование, выполнить теоретические и экспериментальные исследования процесса заражения горных выработок токсичными веществами, проникающими с пневмой поверхности, и разработать принципы прогнозирования химического заражения шахт.

6. Разработать индивидуальный метан-сигнализатор на новом принципе, исключающем влияние субъективных факторов.

7. Научно обосновать, разработать и внедрить комплекс нормативных и методических документов по основным направлениям обеспечения безопасности труда и противосафариной защиты шахт.

Идея работы заключается во введении новой концепции, исходящей из представления о взаимно обусловленном и зависимом характере влияния природных, техногенных, социальных и экономических факторов на обеспечение безопасности горного производства с позиций охраны труда, экологического и материального ущерба.

Теоретическая и практическая ценность исследования,  
его научная новизна

На основании теоретических и экспериментальных исследований сформулированы следующие научные положения:

1. Безопасность горного производства относится к многоплановым категориям, имеющим прямые и обратные связи с обуславливающими их явлениями и факторами и не ограничивается только горным пространством и текущим отрезком времени. Игнорирование любой группы факторов формирует предпосылки для создания аварийных ситуаций различного масштаба в зависимости от веса неучитываемого фактора.

2. В горных выработках интенсивность смещений пород кровли и почвы имеет скачкообразный характер, увеличивается с глубиной и по абсолютным значениям различна в зонах опорного горного давления, впереди и позади лавы. Крупные деформации могут происходить со скоростью до 15–16 мм/сут. Ранжированная значимость факторов, влияющих на величину и интенсивность смещения пород, для кровли и почвы не одинакова. Снижение напряжений в окружающем выработку горном массиве обеспечивается при бурении разгрузочных скважин, а упрочнение пород – при нагнетании природных и синтетических материалов, обеспечивающих прочность не менее 10–15 МПа/м<sup>2</sup>.

3. Главными причинами возросшей за последние годы частоты эндогенных пожаров на млн.т. добычи угля являются некачественное выполнение профилактических мероприятий, несвоевременное определение потенциально опасных по самовозгоранию зон и плохая организация регулярного контроля температуры в таких зонах. Надежным способом прогноза является расчет температурных полей в скоплениях угля и длительности его инкубационного периода.

4. Эффективным мероприятием в предотвращении взрывов газа в угольной пыли, обычно приводящих к групповому травматизму с тяжелыми последствиями, является применение заслона аз пламягасящих аэрозолей, образующихся при взрывном распылении разработанного вещества, а также правильный выбор состава и длины забойки при шпуровом взрывании.

5. В ухудшения экологической обстановки Донбасса на долю угольной промышленности приходится до 10% всех выбросов газов и пыли. Одновременно существует реальная угроза заражения горных выработок при экологически неблагоприятной обстановке на поверхности. Пути проникновения токсичных веществ в шахты являются трещины природного и техногенного генезиса, водоносные горизонты, воздухоподъемные стволы, скважины, шурфы. Исходная зараженность горных выработок обычно характеризуется локальностью и обусловлена наличием в массиве пород трещинных коллекторов. Распространение токсичных веществ по сети выработок осуществляется шахтными водами и рудничным воздухом и сопровождается протеканием процессов сорбция-десорбция, растворения-испарения при изменении состава боковых пород, крепи и обводненности выработок, тепловлажностных параметров, состава, запыленности и скорости движения воздуха.

Получены следующие научные результаты:

1. Выявлены взаимосвязи процессов подземной разработки угольных месторождений в окружающей среды и разработаны структурные схемы технологических процессов и организационных мероприятий по снижению экологического ущерба и повышению безопасности горного производства, выявлены факторы, в комплексе обеспечивающие безопасность труда в шахте;

2. Установлены закономерности проявления горного давления в одиночных выработках, проходимых в ненарушенном массиве по-

род или угля узким и широким забоем, и в выработках, находящихся в зоне влияния очистного забоя и в самих очистных забоях. Использование этих закономерностей при составлении паспортов крепления позволит предотвратить обрушение пород кровли, пучение и разрушение пород почвы, а также правильно установить параметры скважин и режимы предварительной дегазации разрабатываемых и сближенных угольных пластов;

3. Разработана физическая модель и дано ее математическое описание для газодинамического явления, сопровождающегося внезапным разрушением почвы и прорывом метана, на основе классической задачи напряженно-деформированного состояния упругой плиты, лежащей на более податливом основании и имеющей жесткое защемление по контуру. Реализацией на ЭВМ модели установлено влияние основных горно-технических и горно-геологических параметров на величину возникающих в плите напряжений. С учетом данных анализа условий возникновения и характеристик имевших место случаев разрушения пород почвы и прорывов метана и результатов теоретического моделирования разработана методика прогноза этого газодинамического явления;

4. Предложена модель движения забойки при шпуровом взрывании, позволяющая установить факторы, воздействием на которые можно обеспечить безопасное время вылета забойки по условию воспламенения метано-воздушной смеси;

5. Дано математическое описание и получено аналитическое решение изменения температуры скоплений угля в выработанном пространстве. Расчет на ЭВМ получено изменение температур на различном расстоянии от лавы и воздухоподающей выработки, позволяющее определить координаты, где температура соответствует концу инкубационного периода;

6. Представлена физическая модель заражения токсичными ве-

ществами, включающая распространение токсичных веществ шахтными водами и атмосферой по сети выработок при массообменных процессах, сопровождающихся сорбцией, растворением и химическим реагированием. Разработана математическая модель распространения токсичного вещества по трещиноватому массиву, учитывающая изменение температуры пород и переносимой субстанции по пути фильтрации. Численная реализация полученных дифференциальных уравнений позволяет определять изменение концентрации токсичного вещества по длине пути и во времени.

Методы исследования. В работе использован комплексный метод, включающий системный анализ по установлению причинно-следственных связей между действующими факторами и их проявлениями; разработку физических и математических моделей процессов внезапного разрушения пород почвы и прорывов метана, распространения токсичного вещества по трещиноватому массиву пород, формирования температурного поля в скоплениях угольной мелочи, движения забойки при шпуровом методе взрывания; изучения в натуральных условиях процессов сдвижения горных пород и реакций различных видов крепи на проявление горного давления, процессов регулярного и экстремального газовыделения и практической апробации различных способов предотвращения вредного воздействия горного давления, высокой температуры, газовыделения, пылеобразования и других негативных факторов.

Достоверность научных положений и выводов подтверждается:  
соответствием установленных закономерностей проявления горного давления в выработках основным физическим процессам, происходящим в напряженно-деформированном массиве и в защемленных жестких плитах;

использованием фундаментальных законов сохранения энергии и фильтрационного массопереноса, сопровождающегося физической адсорбцией, и влияния изменения температуры среды на характеристику массопереноса;

необходимым объемом экспериментальных исследований, проведенных непосредственно в шахтах и в лабораторных условиях;

удовлетворительной сходимостью результатов аналитических расчетов и численной реализации на ЭВМ с данными статистической обработки шахтных наблюдений;

широкой апробацией на шахтах отрасли разработанных нормативных документов и рекомендаций.

Личный вклад автора в решении проблемы заключается в развитии научных основ оценки безопасности труда в горных выработках в части определения закономерностей возникновения опасных факторов и характера их развития; в обосновании и разработке принципов управления горным давлением, процессами газовыделения и пылеобразования, создания средств индивидуального контроля содержания метана, предупреждения воспламенений и взрывов метано-воздушной смеси; в участии в экспериментальных исследованиях и внедрении разработанных технических средств, способствующих повышению безопасности подземных работ.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

- установлены особенности природных, технологических и социальных факторов, вызывающих формирование опасных и аварийных ситуаций в горных выработках, и определены мероприятия по предотвращению негативного воздействия каждой группы факторов, позволяющие повысить безопасность горного производства;

- выполнена оценка безопасности труда на основных процессах угледобычи и разработаны пути реализации мероприятий,

обеспечивающих безопасные условия труда;

- определены значения величин смещения пород вокруг выработок вне зон и в зоне влияния очистных работ, позволившие установить требования к жесткости, прочности и ползучивости материала крепи и охранных элементов у выработок различного назначения;

- разработана и внедрена методика прогноза возникновения внезапных разрушений почвы и прорывов метана, а также способ предотвращения этого явления путем передовой дегазации газонасыщенного массива пород в почве выработки;

- при участии автора разработаны: состав пластической забойки ЦЗМ-3; средство для взрывного распыления пламягасящих аэрозолей, обязательное для применения при взрывных работах в шахтах опасных по взрывам пыли и по внезапным выбросам угля и газа, газа и породы; состав добавки для предварительной обработки угольного пласта для снижения пылеобразования, а также индивидуальный сигнализатор содержания метана типа СМС;

- разработана технология интенсификации предварительной дегазации разрабатываемых выбросоопасных пластов, предусматривающая ориентировку двух систем скважин с учетом природной трещиноватости и нагнетание в скважины специального активного реагента;

- показана роль трещинных коллекторов в образовании локальной зараженности в пределах геологических структур и отдельных горных выработок и разработана методика прогнозирования зон потенциально опасных по химическому заражению;

- обоснованы основные требования к системе контроля зараженности горных выработок токсичными веществами.

Приоритет технических решений по направлениям работ, выполненных под руководством и при участии автора, защищен два-

дцать одним авторским свидетельством. на новые способы и средства обеспечения безопасности различных технологических процессов в шахте.

"За создание и массовое внедрение на угольных шахтах Донбасса индивидуальных приборов непрерывного автоматического контроля метана" в 1985 году присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники, а в 1981 году премия имени академика А.А.Скочинского за научную работу "Комплексо исследований и практическая реализация способов борьбы с газом на выемочных участках средствами вентиляции при высоких нагрузках на очистной забой в условиях Донбасса".

Автор награжден в 1962 году бронзовой медалью ВДНХ СССР "За разработку и внедрение новых совершенных способов борьбы с пылью в угольной промышленности".

Реализация работы. Результаты выполненных исследований в области безопасности горных работ отражены в нормативных документах и рекомендациях по ряду направлений:

- регламентация ведения горных и горноспасательных работ - "Устав ГВСС по организации и ведению горноспасательных работ", Киев, 1993; "Методические рекомендации по определению санитарных характеристик основных рабочих профессий угольных шахт", Донецк, 1983; "Методические рекомендации по определению санитарных характеристик основных рабочих профессий поверхностного комплекса шахт и углеобогачительных фабрик", Донецк, 1983; "Методические рекомендации по изучению и применению аппаратуры и приборов контроля рудничной атмосферы и средств индивидуальной защиты горнорабочих при авариях", Донецк, 1981; "Нормативные и методические материалы по службе депрессионных съемок военизированных горноспасательных частей", Донецк, 1990; "Нормативные и методические материалы по

реанимационно-противошоковым группам военизированных горно-спасательных частей", Донецк, 1991; "Временные рекомендации по применению сорбентов при аварийных ситуациях в угольных шахтах", Донецк, 1993;

- управление горным давлением - "Временное руководство по прогнозу смещений пород на сопряжениях штреков с очистными забоями при столбовой системе разработки", Москва, 1968;

"Временное руководство по прогнозу смещений кровли и почвы подготовительных выработок при сплошной системе разработки на шахтах комбината "Донецкуголь", Москва, 1969;

- прогноз, предупреждение и снижение газовыделения в шахтах и химического заражения выработок - "Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок", Макеевка-Донбасс, 1987; "Временная инструкция по проектированию дегазации шахт Донбасса", Донецк, 1981; "Методика прогноза зон повышенной трещиноватости, пористости, проницаемости в складчатых структурах и разрывных нарушениях", Донецк, 1993;

- обеспечение безопасности при взрывных работах - "Инструкция по созданию предохранительных аэрозольных (порошковых) завес при взрывных работах в угольных шахтах", Макеевка-Донбасс, 1989; "Руководство по применению забойки при взрывных работах в угольных шахтах", Макеевка-Донбасс, 1989;

- предупреждение и тушение подземных пожаров - "Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров на шахтах Донбасса", Донецк, 1984; "Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий научно-технического прогресса в области предупреждения и тушения подземных пожаров", Донецк, 1994; "Методика определения инкубационного периода самовозгорания угля", Донецк, 1994.

Апробация работы. Основные результаты аналитических и экспериментальных исследований поклиничались и получили положительную оценку на второй научно-практической конференции сотрудников факультета усовершенствования врачей по итогам научно-исследовательской работы за 1978-1979г.г. /г.Кривой Рог, 1979/; Республиканской научной конференции "Психологические вопросы безопасной деятельности /г.Таллин, 1981/, республиканской конференции "Охлаждение рудничного воздуха на больших глубинах при современной технологии ведения горных работ /г.Донецк, 1984/, республиканском совещании "Опыт организации работ по внедрению еднй системы управления безопасностью труда на шахтах Украины" /г.Донецк, 1987/, республиканской научно-технической конференции "Современные проблемы обеспечения пожаробезопасности и пожаротушения в замкнутых пространствах" /г.Севастополь, 1991/.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 60 печатных трудов и получено 21 авторское свидетельство.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам научно-исследовательского института горноспасательного дела, МамННИ, Московскому, Днепронетровскому горным институтам за помощь в проведении исследований и внедрении способов и средств обеспечения безопасности работ в угольных шахтах.

#### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

I. Исследование особенностей проявления опасных природных факторов в горных выработках

##### I.I. Условия подземной добычи в Украинском Донбассе

Уголь Донбасса является основным теплоэнергосителем на Украине. Проблема существенного повышения эффективности подземной угледобычи должна решаться в условиях больших глубин

разработки, сопровождающихся высокой температурой горных пород, ростом величины и изменением форм проявления горного давления, увеличением объемов выделения метана, количества и интенсивности газодинамических явлений. В среднем за год в Донбассе горные работы углубляются на 12 м. Одновременно увеличивается доля запасов угля в тонких и весьма тонких пластах, так, в 1993 году около 85% всех балансовых запасов угля было сосредоточено в пластах мощностью менее 1,2 м. По прогнозу в 1995 году объем добычи угля на пластах мощностью 0,8-1,2 м увеличится на 23,6%, а мощностью менее 0,8 м удвоится по сравнению с объемом добычи в 1991 году. Такое положение создает трудности в механизации процесса выемки пластов и приводит к увеличению объема извлекаемой породы. Ухудшение горно-геологических условий добычи, отставание работ по реконструкции шахт и подготовке новых горизонтов обусловили в последние пять лет снижение скорости проходки на 10-12% и среднесуточной нагрузки на очистной забой при всех способах выемки на 13-14%. Объемы применения сплошной, столбовой и комбинированной систем разработки изменялись незначительно с некоторым ростом доли столбовой системы разработки. Неудовлетворительными темпами ведутся в отрасли работы по техническому перевооружению основных технологических процессов, внедрению очистных и проходческих комбайнов нового поколения, механизированных крепей и технологий, позволяющих вести работы без постоянного присутствия людей в забое / 1,2/. Концепция эффективного развития угольной промышленности Донбасса и ее социальной сферы основывается на повышении уровня механизации и увеличении производительности труда; на концентрации горных работ с одновременным ростом нагрузки на очистной забой; на совершенствовании и широком внедрении методов прог-

ноза всех сопутствующих подземной добыче природных опасных явлений, на внедрении экологически безопасных и малоотходных технологий, обеспечивающих существенное снижение выдачи на поверхность породы, загрязненных подземных вод и содержащего вредные газы и пыль воздуха; на увеличении объемов полезного использования отходов угледобычи; на обеспечении безопасности всех технологических процессов и социальной защиты трудящихся отрасли. Охрана окружающей среды от техногенного загрязнения имеет не только региональное значение для Донбасса, но в какой-то мере важна для стабилизации климата на Земле / 24 /.

Переход на отработку пластов Донбасса по малотходной, а в перспективе по безотходной технологии позволит существенно повысить безопасность работ, так как негативные проявления природных факторов станут более прогнозируемыми и управляемыми (рис.1). К таким факторам относятся: повышенная температура вмещающих пород и шахтной атмосферы, повышенное горное давление, газодинамические явления, проявляющиеся внезапными выбросами и горными ударами, самовозгорание угля, выделение метана из угля и вмещающих пород.

## 1.2. Управление температурными условиями

В формировании тепловых условий в шахте доля основных источников тепловыделения / 6 / составляет: вмещающие боковые породы - 50%; процессом окисления угля, пород и древесины - 25%; добываемый уголь - 10%; прочие источники (машины, механизмы, дыхание людей, трубопроводы сжатого воздуха и др.) - 15%.

Геотермическая ступень в различных районах Донбасса составляет 26,3-37,0 м/град. Наиболее высокие температуры пород на глубине 1000 м отмечаются на западе Главной антиклинали и

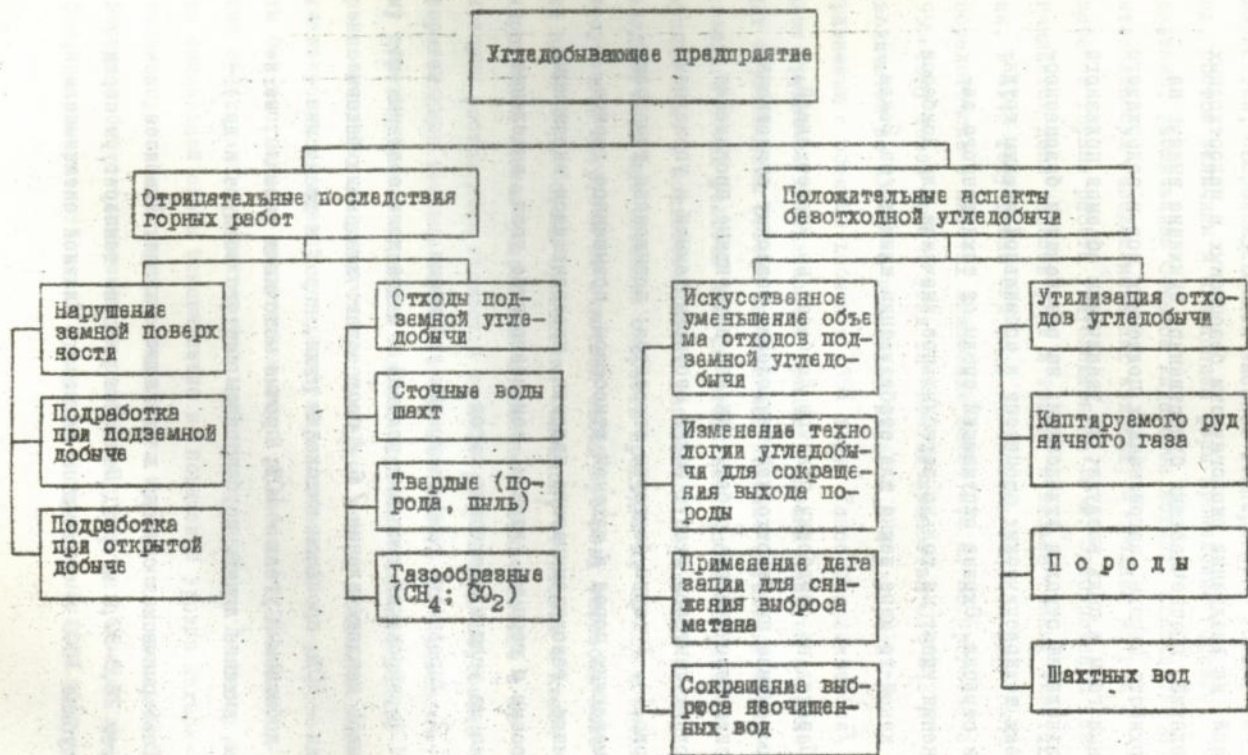


Рис. I. Структурная схема влияния угледобывающих предприятий на окружающую среду

достигают  $45^{\circ}\text{C}$ , а на востоке средняя температура составляет всего  $30^{\circ}\text{C}$ . На II шахтах Центрального района Донбасса температура пород превышает  $32^{\circ}\text{C}$ . Повышенные температуры отмечаются в глубоких шахтах Донецко-Макеевского района, где разрабатываются пологие пласты угля. В настоящее время горные работы на глубине более 1000 м ведутся в 38 шахтах Донбасса. К 2000 году количество таких шахт составит 45-50 единиц. Для правильного применения способов и технических средств создания комфортных по тепловому фактору условий труда разработан метод прогноза баланса тепловыделения в шахтах /21 / по основным его источникам, как непосредственно обусловленных процессами добычи, так и не связанных с ней. Климатические условия в горных выработках определяются не только тепловыделениями, но и процессами теплообмена, в которых основную нагрузку несут рудничный воздух и подземные воды. При средней водообильности шахт Донбасса  $3,6 \text{ м}^3/\text{т}$  добычи, ее максимальная величина составляет  $11,0 \text{ м}^3/\text{т}$ , а абсолютный приток в отдельные шахты до  $900 \text{ м}^3/\text{ч}$  / 6 /. Влажность воздуха, особенно на исходящих струях, равна 90-100%.

Для объективной оценки влияния климатических условий на производительность труда предложен показатель  $K_m$  несоответствия фактических условий работы нормативным при допустимой температуре с учетом уровня механизации труда на каждом рабочем месте. Использование методики позволяет определить требуемое количество дополнительных рабочих ( $N_g$ ) для выполнения заданного объема работ / I /

$$N_g = N_s [(1 - E_{\Phi}) + \frac{B}{T}] \quad (I)$$

где:  $E_{\Phi}$  - фактический коэффициент температурной поправки к норме выработки, при допустимой температуре  $E_{\Phi} = 1$ ;

$B$  - длительность дополнительного отпуска одному горняку за работу в ненормализованных климатических условиях;

$T$  - число рабочих дней в году;

$N_2$  - суточное количество работающих в данном забое.

Нормирование допустимой температуры должно производиться с учетом влажности и скорости движения воздуха, то-есть по эффективной температуре, составляющей, например, при относительной влажности 90% для скорости движения воздуха 0,5 м/с - 27,0°C, а 2,0 м/с - 27,6°C.

Для улучшения климатических условий в горных выработках необходим правильный выбор порядка отработки и схем проветривания, рациональное размещение машин, механизмов, применение стационарных и передвижных кондиционеров, местных душирующих устройств /12/.

В Донбассе осуществляется охлаждение воздуха на 67 шахтах, в том числе на 23 шахтах введены в действие стационарные установки, имеется 307 передвижных кондиционеров /51/.

Крупным недостатком существующего шахтного холодильного оборудования является использование фреона. Поэтому проблема обеспечения комфортных климатических условий работы в глубоких шахтах остается актуальной в техническом и экологическом аспектах.

**1.3. Проявления горного давления в выработках и способы их охраны.**

Изучение особенностей проявлений горного давления проводилось экспериментально путем измерений величины смещения пород кровли и почвы в различных условиях, пригрузок на материал крепи выработок в зоне и вне зоны влияния очистных работ и возникающих напряжений в массиве пород у горных выработок /3, 28, 34, 40/. Получено, что в глубоких шахтах средняя скорость конвергенции пород кровли и почвы в наклонных выре-

ботках составляет 6-7 мм/сутки, причем, более интенсивно проявляется процесс пучения почвы, который начинается впереди очистного забоя и на расстоянии 15-20 м от него может составлять 55-60% от общей величины конвергенции, а в зоне влияния очистного забоя величина поднятия почвы может составлять 20-30% от высоты выработки /34,40/. Значительное влияние на величину и характер протекания деформаций пород и крепи оказывают способы проходки и поддержания выработок, а также очистной забой /16,18,19/. Так, при проходке штреков с отставанием от очистного забоя, конвергенция пород составляет 20%, при проходке с опережением - до 42% от общей величины при отсутствии охраняемых элементов у выработки, а при возведении жесткой околострековой полосы 6 и 25% соответственно. Прочные породы почвы имеют меньшую конвергенцию, например при залегании в почве песчаников конвергенция на 16% меньше, чем при песчаном сланце.

Вне зоны влияния очистных работ характер деформации в окружающем выработку массиве зависит от соотношения прочности пород и возникающих напряжений в горном массиве. Условно выделяются три зоны деформации пород по направлению и выработке:

1) зона упруго-вязких деформаций без нарушения сплошности массива, в которой максимальные тангенциальные напряжения не превышают предел прочности пород;

2) зона длительного разрушения пород, в которой происходит увеличение объема пород и, как следствие, смещение контура выработки во внутрь, в этой зоне величина максимального тангенциального напряжения больше предела мгновенной прочности;

3) зона условно-мгновенного разрушения вблизи контура выработки, в которой напряжения пород превышают предел мгновен-

ной прочности.

В зоне влияния очистных работ процессы деформаций во второй зоне ускоряются и увеличивается ее ширина, которая может превышать  $10 \text{ м} / 26,41 /$ . На состояние породного массива оказывают влияние глубина расположения выработки, мощность угольного пласта, показатели прочности вмещающих пород.

Поднятие пород почвы в подготовительных выработках на глубине более 500 м может составлять 100-400 мм/мес., причем, при залегании метаноносных пластов угля и прослоек песчаников /18,19,42/ процесс интенсифицируется в основном позади лавы и в среднем составляет в 7 м за лавой - 450 мм, в 20 м - 290 мм, постепенно затухая к 80-100 м.

На глубине более 1000 м обычно проявляется выдавливание боковых пород около главных выработок, имеющих широкие (до 100-120 м) охранные целики. Такие явления происходили даже при залегании в кровле крепких песчаников.

Величины смещений пород кровли и почвы подготовительных выработок определяются многими факторами, основными из которых являются: глубина расположения выработки ( $H$ ), вынимаемая мощность пласта ( $M_y$ ), мощность пород непосредственной кровли ( $M_{к.к.}$ ) и почвы ( $M_{п.п.}$ ), литологический состав и физико-механические свойства пород; предел прочности на сжатие пород кровли ( $\sigma_k$ ) и почвы ( $\sigma_n$ ), модуль упругости пород кровли ( $E_k$ ), коэффициент Пуассона и влажность пород кровли ( $\nu_k$ ;  $W_k$ ) и почвы ( $\nu_n$ ;  $W_n$ ), сечение выработки в свету ( $S$ ) и ее ширина ( $B$ ), расстояние до лавы ( $L_1$ ) и за лавой ( $L_2$ ). По значимости указанные факторы ранжируются следующим образом:

/41/:

для кровли:  $H, S, E_k, M_{к.к.}/M_y, \sigma_k, \nu_k; L_1, L_2;$

для почвы:  $H, B, S, \sigma_n, M_{п.п.}, W_n, E_n, \nu_n; L_1, L_2.$

Обобщенные зависимости величины смещений пород кровли и почвы от ряда определяющих факторов приведены на рис.2.

При обратном порядке отработки максимальные смещения контура выработки происходят на ее сопряжении с лавой. Корреляционным анализом получены следующие уравнения множественной регрессии для определения величины максимальных смещений:

для кровли выработок

$$\begin{aligned} \delta_{\text{к}} = & 42,86 + 0,0004 \text{Ин}^2 + 0,595 \text{С}^2 + 0,0000376 \text{к}^2 - 1,84 \text{Ек}^2 - 181,88 \text{У}^2_{\text{к}} \\ & - 0,13 \left( \frac{\text{м.к.к.}}{\text{м.у.}} \right)^2; \end{aligned} \quad (2)$$

для почвы выработок

$$\begin{aligned} \delta_{\text{п}} = & 126,06 + 0,001 \text{Ин}^2 - 14,44 \text{В}^2 + 0,16 \text{м}_{\text{н.п.}}^2 - 0,00018 \text{б}_{\text{п}}^2 + \\ & + 3,398 \text{Еп}^2 - 87,44 \text{У}_{\text{п}}^2 - 1,76 \text{W}_{\text{п}}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

При проведении выработки вслед за очистным забоем и охране двусторонними бутовыми полосами помимо указанных факторов на величину смещения пород кровли и почвы влияют ширина бутовой полосы со стороны массива  $\ell_{\text{н}}$  и со стороны обрушенного пространства  $\ell_{\text{в}}$ , длина лавы  $\mathcal{L}$ . По своей значимости факторы располагаются в следующих ранжированных рядах:

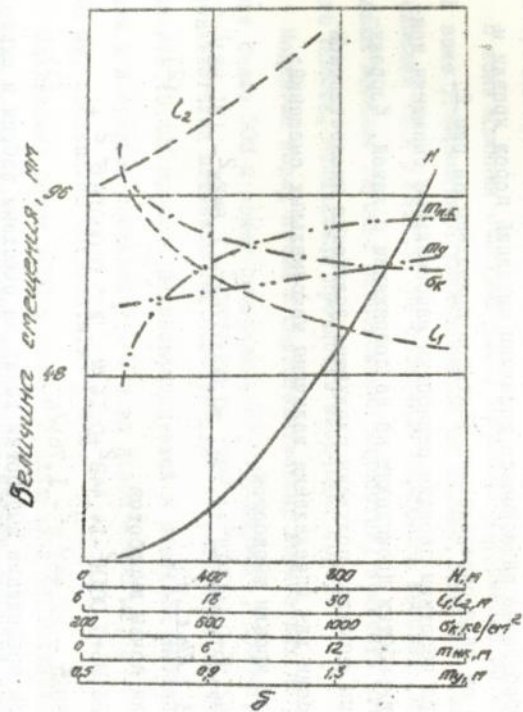
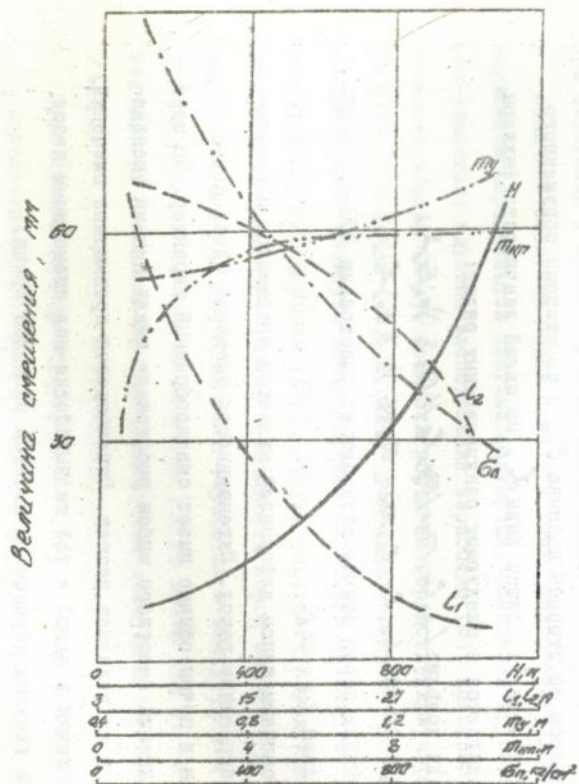
для кровли:  $\mathcal{L}, \ell_{\text{н}}, \text{м.к.к./м.у.}, \text{С}, \text{И}, \text{б}_{\text{к}}, \text{С}, \text{У}_{\text{к}}, \text{Е}_{\text{к}}, \mathcal{L}$ ;

для почвы:  $\mathcal{L}, \ell_{\text{н}}, \ell_{\text{в}}, \text{м.п.л.}, \text{б}_{\text{п}}, \text{W}_{\text{п}}, \text{У}_{\text{п}}, \text{В}, \text{Е}_{\text{п}}, \mathcal{L}$ .

Деформации пород обычно затухают на расстоянии 200–250 м позади лавы  $\delta_{\text{с}} = 42 / \dots$

Основным типом деформаций является мгновенное и временное разрушение пород. Интенсивность смещений слоев пород кровли и почвы обычно имеет скачкообразный характер. По мере приближения очистного забоя расстояние между пиками уменьшается, а их величина растет. Отмечающееся превышение смещений пород почвы в одной и той же выработке над смещениями пород кровли главным образом вызывается влиянием крепи.

Под влиянием очистных работ у выработок формируется зона



Вис.2. Влияние факторов на смещения почвы /а/ и кровли /б/ выработок, охраняемых двухсторонними буроугольными полосами.

опорного горного давления (ОГД). Инструментальными исследованиями смещений реперов, закрепленных в почве, кровле и б/ках выработок при столбовых системах разработки пологих пластов мощностью 0,7-1,2 м установлено, что ОГД оказывает большое влияние на смещение пород почвы /26-28, 34/. Распространение ОГД впереди очистного забоя имеет неравномерный характер, соизмеримый с шагом посадки основной кровли. Наиболее интенсивное, скачкообразное смещение происходит в интервале 40-25 м до лавы, затем смещения нарастают довольно плавно, а с расстояния 6-12 м до лавы наблюдается второй пик смещений пород, причем, пик смещения пород почвы более интенсивный.

Величина зоны ОГД зависит от глубины расположения выработки и по данным измерений в 78 выработках характеризуется следующими значениями (табл. I)

Таблица I

Глубина, м	300	600	800	1000	более 1000
Ширина зоны ОГД, м	25-30	40-45	50-60	70-80	более 80

В выработках, пройденных узким забоем, размеры зоны ОГД в одних и тех же условиях несколько меньше, чем в пройденных широким ходом. В зоне ОГД вначале располагаются крупные деформации на участке длиной до 20 м, затем более мелкие /19, 28/. Крупные деформации характеризуются скоростью развития до 15-16 мм/сутки, общим сближением пород почвы и кровли до 120 мм и снижением упругих свойств пласта примерно на 25%, а мелкие - соответственно 1,5 мм/сутки и 30 мм.

При проведении выработок вслед за лавой широким забоем интенсивность смещений пород меньше, чем при узком ходе, ли-

бо при проходке выработки широким ходом с опережением лавы.

Исследованиями возникающих напряжений в крепях различного вида и изменения смещений пород кровли закрепленных выработок установлено, что при залегании в кровле мощных слоев прочных пород в выработках, закрепленных типовой арочной крепью, необходимо устанавливать дополнительную усиливающую крепь с сопротивлением от 50 до 75 тс на I м выработки на участке до 50-60 м за лавой.

На проявление горного давления в выработках существенное влияние оказывают процессы подработки и надработки, как в заблаговременно пройденной выработке, так и в проходимой в подработанном или надработанном массиве пород. Поэтому при разработке свиты пластов с точки зрения обеспечения эксплуатационного состояния горных выработок необходимо применять обоснованную очередность подготовки и отработки пластов в свите (с этих позиций предпочтителен нисходящий порядок), рационально располагать выработки относительно границ влияния очистных работ и угольных целиков больших размеров, проводить специальные технические мероприятия по активному управлению горным давлением в надрабатываемых и подрабатываемых выработках.

Устойчивость горных выработок должна обеспечиваться за счет обоснованного выбора типа крепи и паспорта крепления и применения рационального способа охраны выработок. Последний зависит от принятой системы разработки и подготовки выемочного поля и для участков выработок до подхода лавы и за ней не является постоянным. Так, в Донбассе в 1991 году около 57% выработок впереди очистного забоя находились в массиве угля с обеих сторон и погасали вслед за лавой. Положительные результаты получены при проведении и охране выработок в обрушен-

ных породах. При сплошной системе разработки наиболее распространена охрана выработок при помощи бутовых полос как при проведении выработок совместно с очистным забоем, так и позади него. При односторонней бутовой полосе опускание кроли над ней и жестким целиком с другой стороны неравномерное, что вызывает появление пиковых нагрузок на крепь и способствует пучению почвы выработок. Экспериментально установлено, что активный процесс формирования области полных сдвижений пород кровли над выработанным пространством заканчивается, в основном, на расстоянии от очистного забоя, равном 0,60-0,65 его длины. ОГД при таком положении достигает максимума и в дальнейшем стабилизируется как впереди лавы, так и в боковых зонах по восстанию и падению.

Для снижения напряжений в окружающем выработку массиве рекомендуется бурение разгрузочных скважин из ниш в направлении подвигания забоя выработки, а для упрочнения боковых пород - нагнетание через скважины полимерных материалов, песчано-цементных и др. растворов /22 /, обеспечивающих прочность массива не менее 10-15 МПа/м<sup>2</sup>. Параметры нагнетания (объем, давление и темп), а также длина и расположение скважин зависят от характеристики выработки и боковых пород, подвергающихся упрочнению.

При пучащих почвах упрочнение пород обеспечивается нагнетанием скрепляющих растворов в скважины или установкой анкеров. Предпочтение отдается неметаллическим анкерам (стеклопластиковые, деревянные и др.), не затрудняющим выполнение подрывки пород почвы. Особым видом смещения пород почвы являются газодинамические явления, характеризующиеся внезапным разрушением и поднятием почвы на высоту от нескольких мм до 2-3 м и выделением по трещинам значительного объема мета-

на. Главным способом борьбы с этим явлением служит дегазация окважинами газонасыщенного массива пород в почве выработки /50 /.

#### 1.4. Оценка влияния способов выемки тонких пластов угля на безопасность работ

В ухудшающихся природных условиях важным фактором обеспечения роста добычи является применение соответствующего этим условиям добычного оборудования /29 /. Перспективным направлением механизации выемки тонких пластов является применение стругов /4,7,11,30 /. В 1990 году на шахтах Донбасса работало 110 струговых установок, а в 1992 и 1993 годах их количество уменьшилось на 19 и 20 единиц. Струговая выемка на тонких пластах обладает существенными преимуществами, такими как простота рабочего органа, работающего в зоне отжима угля; большая безопасность для рабочих очистного забоя и меньшая вероятность воспламенения метано-воздушной смеси из-за сравнительно низкой загазованности околотругового пространства и отсутствия в нем источника электроэнергии, более крупный фракционный состав отбиваемого угля, меньшее и более равномерное пылеобразование. Однако, область применения стругов ограничивается крепостью угля (не более 150кг/см<sup>2</sup>) и устойчивостью непосредственной кровли.

Наиболее актуально применение стругов для выемки тонких и весьма тонких угольных пластов, являющихся защитными в свете для последующей отработки более мощных выбросоопасных пластов.

На весьма тонких пластах применение струговой выемки ограничивается по фактору проветривания при метанообильности лавы выше 7 м<sup>3</sup>/т.доб. Для одних и тех же условий допустимая по газовому фактору нагрузка на очистной забой при струговой

внемке на 20% больше, чем при широкозахватной комбайновой выемке и на 15-17% - чем при узкозахватной /29/. Экспериментально установлено /4,17/, что при струговой выемке на больших глубинах смещения кровли происходят более плавно, возникающие напряжения впереди очистного забоя меньше по величине, чем при широкозахватной выемке. Напряженное состояние угольного массива оценивалось по его фильтрационной характеристике при нагнетании воды через шпур и отбору проб на влажность в контрольных шпурах, располагающихся посередине между увлажнительными.

#### 1.5. Вопросы эндогенной пожароопасности шахт

Вследствие повышения температуры горных пород с глубиной и снижения природной влажности угля увеличивается потенциальная опасность самовозгорания скоплений угля в выработанном пространстве и в разваленных челиках. В последние годы на шахтах Украины возникает 36-43 эндогенных пожара, приносящие к значительному материальному ущербу. В проблеме предупреждения эндогенных пожаров основные мероприятия должны быть направлены на устранение условий самонагрева угля и своевременное обнаружение очага окисления и нагревания угля на ранних стадиях /25,37/.

При равномерном распределении потерь угля в выработанном пространстве тепловой баланс можно описать следующим уравнением /49/

$$c_y \rho_n \frac{\partial T}{\partial t} = q_r \rho_n c_o c_o \frac{\kappa}{m_0} e^{-\alpha(x+V_n t)} - c_y \rho_n (V_x \frac{\partial T}{\partial x} + V_y \frac{\partial T}{\partial y}) + \lambda (\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}) \quad (4)$$

при начальных и граничных условиях:

$$T_{|x=0} = T_0; T_{|y=0} = T_{|y=L_A} = T_{|x+K_A} = T_{|x=L} = T_0 \quad (5,)$$

- где:  $C_y, C_0$  - теплоемкости угля и воздуха, Дж/(кг·К);  
 $\rho_a, \rho_{\text{пл}}$  - плотность воздуха и насыпная плотность угля, кг/м<sup>3</sup>;  
 $T$  - температура, К;  
 $T_0$  - температура обрушенных пород, К;  
 $q_r$  - удельная теплота окисления, Дж/м<sup>3</sup>;  
 $C_0$  - доля кислорода в призабойном пространстве;  
 $U_0$  - удельная скорость сорбции кислорода каждой маркой угля на стадии самонагрева, м<sup>3</sup>/(с · кг);  
 $K$  - потери угля, м;  
 $\pi_{\text{в}}$  - снимаемая мощность пласта, м;  
 $V_{\text{л}}$  - скорость продвижения лавы, м/с;  
 $V_x, V_y$  - проекции скорости фильтрации воздуха в выработочном пространстве по осям X и Y, м/с;  
 $\lambda$  - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  
 $L_A$  - длина лавы, м;  
 $L$  - расстояние от лавы до точки выработанного пространства, где отсутствуют утечки воздуха, м;  
 $\alpha$  - коэффициент, учитывающий снижение содержания кислорода в утечках воздуха через выработочное пространство с удалением от очистного забоя, по данным обработки считных измерений в показателе экспоненты  $\alpha$  находится в пределах 0,003-0,01;

Аналитическое решение /4/ с условиями /5/ получено методом разложения в ряды Фурье с интегралом Фурье в виде:

$$T(x, y, t_{\text{сум}}) = T_0 + \frac{8C_0 \alpha_0 g_r K_{\text{рн}}}{\pi \alpha \alpha^2 \lambda \alpha^2 \sqrt{\alpha}} e^{\frac{\sqrt{\alpha} C_0 \rho_n x + \rho_n C_0 (x \sqrt{\alpha} + y \sqrt{\alpha})}{2\lambda} - \alpha x} \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \left[ \frac{(\alpha_n - 1) \alpha x}{\pi \alpha} \right]}{2R-1} \int_0^{\alpha^2 \sqrt{\alpha} t_{\text{сум}}} z^2 \sin \frac{z}{\alpha} dz \left[ z^2 + \left( \alpha + \frac{\sqrt{\alpha} \rho_n C_0}{2\lambda} \right)^2 \right] \left[ \frac{\alpha^2 (2R-1)^2}{\pi^2} + z^2 + \frac{\sqrt{\alpha} C_0 \alpha^2 \rho_n^2}{4\lambda^2} \right] \quad (6)$$

где:  $z = \alpha^2 \sqrt{\alpha} t$  (7)

$n$  - число шагов, принимаемое в зависимости от задаваемой точности счета.

Решение /6/ позволяет установить поле температур в скоплениях угля к концу инкубационного периода  $t_{\text{инк}}$ , т.е. такого промежутка времени, когда в какой-либо точке скопления самонагретого угля достигается температура  $T_{\text{кр}}$ , при которой самонагревание переходит в возгорание. Каждой марке самовозгорающихся углей соответствует определенная  $T_{\text{кр}}$ .

Численное решение /6/ выполнено по разработанной программе для ЭВМ. Пример расчета температурного поля представлен на рис.3 для следующих исходных данных:

$$\begin{aligned} \rho_g &= 1,2 \text{ кг/м}^3; K = 0,3 \text{ м}; m_g = 1 \text{ м}; V_L = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}; \\ V_x &= 0,06 e^{-0,05x}; V_y = 0,04 e^{-0,03x}; \rho_n = 860 \text{ кг/м}^3; L_1 = 100 \text{ м}; \\ L &= 120 \text{ м}; \lambda = 0,12 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; q_r = 1,8 \cdot 10^7 \text{ Дж/(м}^3 \cdot \text{с)}; \\ C_y &= 1,37 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; C_B = 1,0^3 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}; T_0 = 300 \text{ К}; \\ \alpha_0 &= 0,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2 \text{/(кг} \cdot \text{с)}; C_0 = 0,2; \alpha = 0,005 \text{ м}^{-1}; t_{\text{инк}} = 10 \text{ суток}. \end{aligned}$$

Согласно рис.3 в глубине выработанного пространства на расстоянии от очистного забоя 30-40 м в скоплениях самонагретого угля может развиваться очаг эндогенного пожара.

Мероприятия по предупреждению, своевременному обнаружению и тушению эндогенных пожаров отражены в документах /44, 45/, разработанных при участии автора. В них определены

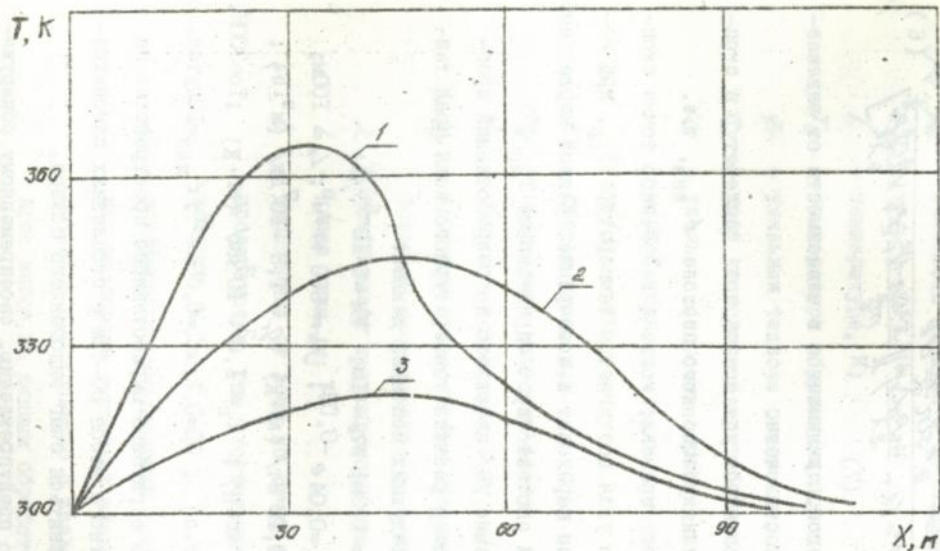


Рис. 3. Зависимость изменения температур угля в выработанном пространстве от расстояния между забоем лавы и рассматриваемой точкой выработанного пространства.

Расстояние от откаточного штрека: 1-25м; 2 - 15 м; 3-5м

требования к выбору схемы подготовки горизонта и системы разработки пласта, к способам охраны выработок, к параметрам рабочего органа добычной машины, к схеме проветривания участков, а также предусмотрены способы устранения условий самонагревания и саморозгорания угля и состав профилактических работ по снижению химической активности углей к окислительным процессам, контроль потенциально опасных по самовозгоранию зон в горных выработках.

Анализом многолетнего опыта тушения эндогенных пожаров активным и пассивным способами показана высокая эффективность комбинированного способа тушения, выполняемого путем подачи в заперемыченный объем выработок инертных газов, пены высокой кратности, либо обескислороженной паро-газовой смеси /15/. Для осуществления инертизации атмосферы НИИГД разработаны три типа установок: для подачи инертных газов - азотные станции ЦГА производительностью до 1,70 м<sup>3</sup>/с азота и установки "Иней" до 0,50 м<sup>3</sup>/с диоксида углерода; для подачи инертно-механической пены высокой кратности устройство УИП на 0,17 м<sup>3</sup>/с, пенокомплекс ПНК производительностью по твердеющей пене до 0,03 м<sup>3</sup>/с; для подачи инертной паро-газовой смеси генераторы ГИГ производительностью от 3,3 до 15 м<sup>3</sup>/с инертных газов.

2. Меры по обеспечению безопасных и комфортных условий труда

### 2.1. Предупреждение производственного травматизма

Безопасность подземной добычи угля должна рассматриваться в четырех главных аспектах: технологическом, социальном, экономическом и экологическом /1,2/, между которыми существуют взаимно обусловленные и зависимые связи. За один из показателей безопасности подземной добычи принята безопасность труда в шахте, на обеспечение которой влияет большая группа

разноплановых факторов (рис.4). Наиболее распространенным последствием нарушения условий и приемов безопасного труда является производственный травматизм. В технологической цепочке добычи угля наиболее опасным по травматизму являются процессы крепления и управления кровлей, передвижки конвейера и передвижения людей по лаве / 8,31 /. В комплексно-механизированных забоях (КМЗ) уровень травматизма в 1,5-3,0 раза ниже, чем в лавах с индивидуальной крепью. В призабойном пространстве наибольший травматизм от обрушений (до 76%) приходится на дорожки, отстоящие от линии забоя на 1,8-2,4м и на 0,6-1,2 м в лавах, оборудованных КМК-98. На отжим угля у линии забоя в КМЗ приходится до 6,5% общего травматизма. Довольно высокий травматизм в лавах вызывается порывами цепи конвейера, в том числе до 40% случаев травмирования по этой причине происходит при передвижке конвейера. Анализом распределения случаев травматизма по операциям и зонам нахождения рабочих в лаве получено, что в лавах, оборудованных КМ-87, наибольший травматизм (65,9%) происходит между линией забоя и первым рядом крепи вследствие обрушения пород кровли и отжима угля, а в КМК-98 на эти зоны приходится менее половины травм (49%). Основное количество травм по остальной ширине лавы приходится на обрушения при обслуживании и ремонте механизированной крепи (28,6% при КМ-87 и 32,6% при КМК-98). Для снижения производственного травматизма в очистном забое необходима конструкторская доработка лемеха для зачистки лавы и погрузочного щитка, внедрение системы дистанционного управления комбайном и передвижкой секций крепи. Уменьшить отжим угля можно за счет применения ступенчатой формы забоя с опережением выемки верхней части пласта на 0,17-0,20 м при устойчивой непосредственной кровле / 8 /. В нишах и на со-

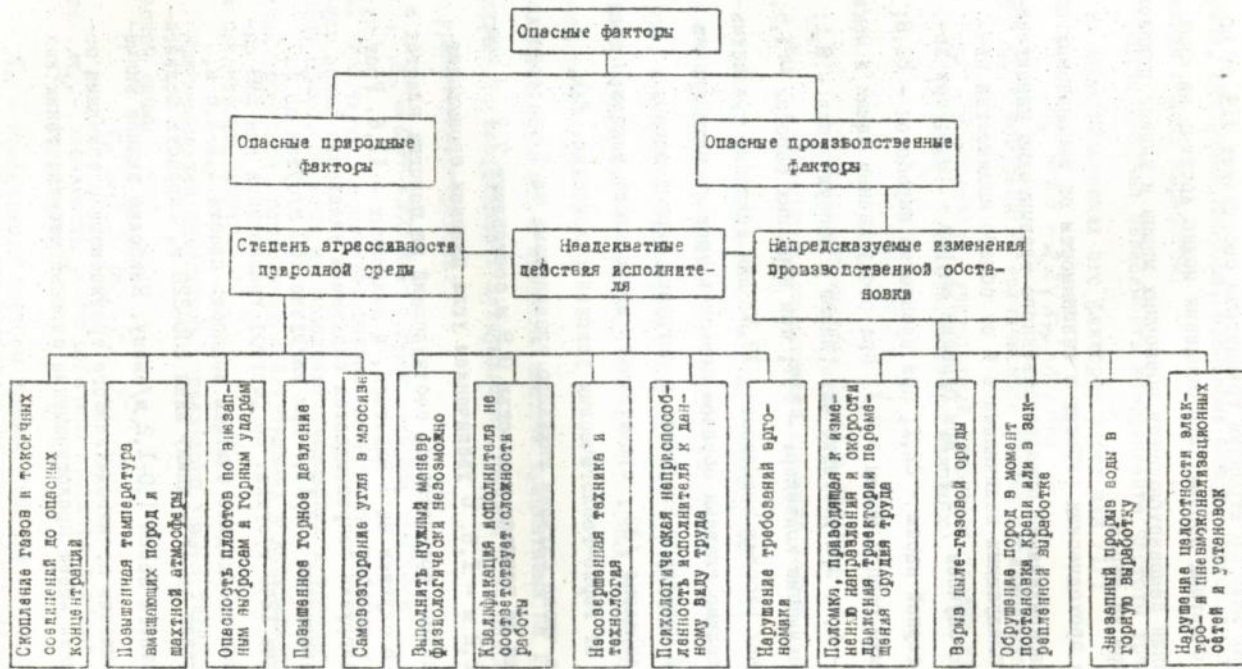


Рис. 4. Классификация опасных факторов шахтной среды

прижениях лавы со штреками травматизм составляет 11% от общего в очистных забоях. Его снижения можно достичь за счет применения самозарубающихся выемочных машин и выноса головок конвейера на штрек.

При проходческих работах в зависимости от выполняемых операций распределение производственного травматизма характеризуется следующими величинами в % от общего количества несчастных случаев / 9 /: при бурении шпуров - 10,8; при погрузке горной массы - 22,1; при креплении выработок - 20,8; при выемке горной массы - 7,3; при обслуживании машин и механизмов - 6,4; при доставке материалов и оборудования - 8,1; при наращивании конвейера - 3,7; при взрывных работах - 3,5; при прочих рабочих процессах - 17,3. Для снижения травматизма необходимо главным образом повысить уровень механизации работ по креплению выработок и погрузке горной массы.

Установлена /33/ существенная зависимость величины травматизма от горно-геологических условий разработки. Так, удельное число случаев тяжелого травматизма на 1 млн. тонн добычи угля на пластах мощностью 0,9 м составляет 7,2, а мощностью 2,2 м - 1,8. С увеличением угла падения происходит рост тяжелого травматизма, составляющий на пологих пластах в среднем 6 случаев на 1 млн. тонн, а наклонных - 11,6. Рост суточной нагрузки сопровождается снижением удельного числа случаев травматизма - с 11,2 при нагрузке 200 т/сутки до 3,7 при добыче 1240 т/сутки. По фактору травматизма для КМЗ оптимальными необходимо считать мощность пласта 1,1-1,6 м, угол падения до  $15^{\circ}$ , длину лавы 200-220 м, скорость продвижения очистного забоя 1,0-1,2 м/смену. Наиболее важное значение в снижении производственного травматизма с тяжелыми последствиями имеет предотвращение сложных аварий, таких как

верили, внезапные выбросы, подземные пожары, затопления и загрязнения горных выработок.

Корреляционная зависимость коэффициента частоты травматизма от обуславливающих его факторов имеет вид /1/:

$$K_z = 5,6 - 2,2 \sqrt{K_{Ty} \cdot K_T / K_{Cz}}, \quad (8)$$

где  $K_{Ty}$  - коэффициент технического уровня производства;

$K_T$  - коэффициент, учитывающий изменение уровня тяжести труда относительно базового

$$K_T = 0,2 + 0,8 U_T^{-1} \quad (9)$$

$U_T$  - общая оценка тяжести труда в баллах;

$K_{Cz}$  - коэффициент, учитывающий средства защиты,

$$K_{Cz} = N_{Ntci} / N_{NtD} + 1,1 N_{Nci} / N_{NcD} + 1,2 N_{Nci} / N_{NcD} \quad (10)$$

где  $N_c$  индексами - количество опасных производственных факторов, защищенных инженерно-техническими, организационными и личностными средствами защиты  $i$ -ой и базовой технологий соответственно.

В частном случае величина частоты травматизма на I млн. т добычи при коэффициенте детерминации, равном 0,9, описывается уравнением регрессии:

$$K_z = 0,91 + 373,89 y_1^{-1} + 2,73 y_2^{-1} - 40,01 y_3^{-1} - 125,57 y_4^{-1} \quad (11)$$

где  $y_1, y_2, y_3$  - соответственно численность рабочих в смену общая, занятых на выполнении неопасных и опасных рабочих процессов, защищенных коллективными и индивидуальными средствами защиты.

Критериальный показатель социального уровня технологической схемы

$$K_a = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^m \alpha_{ij} \cdot K_{zi} \cdot T_{ij}^{-1} \cdot T_{ij} \quad (12)$$

где  $\alpha_{ij}$  - значимость  $j$ -го рабочего процесса в общей трудоемкости, доля;

$K_{zi}$  - коэффициент частоты травматизма при выполнении  $i$ -ой группы процессов из трех, обусловленных орудиями труда, предметами труда и охранными мероприятиями;

$T_{нп}, T_{п}$  -- нормативная и планируемая трудоемкость выполнения  $i$ -го процесса, чел.смен/т.

Для КМЗ с КМ-87 средняя  $K_2 = 1,13$ ;  $K_с = 4,4 \cdot 10^{-6}$ , а для КК-101 с индивидуальной крепью соответственно 2,17 и  $21,7 \cdot 10^{-6}$ .

## 2.2. Предотвращение опасных последствий пылеобразования

Снижение пылеобразования в шахтах направлено на решение двух важных задач в области безопасности — предотвращение подземных взрывов пыле-метано-воздушных смесей и предупреждение профессиональных заболеваний горняков — силикоза и антракоза. Традиционные меры борьбы с пылеобразованием [31], пылесаживанием и способы флегматизация взрывчатости пыли снижают, но не устраняют опасности взрыва. Эффективность воздействия водных и сланцевых заслонов, а также противовзрывных установок зависит от своевременного их введения в действие и полноты использования запаса огнетушащего материала. Высокую эффективность и надежность применяемая имеет разработанное средство для взрывного распыления пламягасящих аэрозолей из полиэтиленовых сосудов, подвешиваемых в выработках [35,46]. Для различных по сечению выработок установлены оптимальная емкость, количество и рациональное размещение сосудов с пламягасящим веществом от забоя и по сечению выработки, а также величина заряда и тип ВВ. Применение этого распылительного средства обязательно в выработках, проводимых по угольным пластам, имеющим метаноносность более  $10 \text{ м}^3/\text{т.г.м.}$ , опасных по взрывам пыли, по внезапным и сульфурным выделениям метана. При взрывном способе проходки выработок, включая разрезные

печи, ниша и камеры, машки должны подвешиваться перед каждым циклом взрывания в соответствии с прилагаемым паспортом.

Для снижения пылеобразования в процессе выемки угля предложены составы для его предварительной обработки /36/.

### 2.3. Снижение опасных проявлений метановыделения в горных выработках

В предотвращении аварийности и травматизма, вызванных повышенным содержанием метана немалая роль принадлежит надежности контроля, призванного своевременно обнаруживать повышенные газовыделения и загазирования выработок. Переносные сигнализаторы решают задачу группового контроля в основном в подготовительных выработках в месте установки прибора. Разработка и внедрение на шахтах автоматического непрерывно действующего индивидуального сигнализатора метана, осуществляющего контроль непосредственно на рабочих местах, положили начало новому направлению в шахтной метанометрии, ставшему одним из общепринятых в мировом шахтном приборостроении.

При разработке метан-сигнализатора творческим коллективом при участии соискателя применен новый принцип - совмещение в одном приборе двух функций. Размещение сигнализатора метана в фаре головного светильника делает контролирующий прибор элементом экипировки горнорабочего и исключает влияние субъективного фактора при контроле.

Для прибора разработаны: новый тип чувствительного элемента датчика метана, удовлетворяющий требованиям незначительного энергопотребления, новый тип взрывозащищенной реак-

ционной камеры, специальной низковольтное искробезопасное реле, взрывозащищенный предохранитель и ограничитель тока, гибкий шестижильный шнур.

Разработанный метан-сигнализатор типов СМС-1 и СМС-2 имеет датчик метана массой до 30г, расположенный в фаре серийного светильника СГТ-3, и измерительную схему в специальной обечайке общей массой до 180г, размещенной между корпусом и крышкой аккумуляторной батареи. Фара и блок питания соединяются 1,5 м отрезком гибкого шнура АНС-3х1 + 3х0,35. Сигнализирующим элементом является лампа, переходящая при заданном содержании метана в режим мигающего свечения.

Серийное производство СМС-1 начато с 1979г. На Омском заводе "Электроточприбор". Разработанный для угольной промышленности метан-сигнализатор отвечает условиям применения в химической, нефтяной и газовой промышленности, в полиметаллических и урановых рудниках.

В настоящее время метан-сигнализатор типа СМС включен в обязательный перечень средств техники безопасности и применяется на большинстве опасных по метановыделению шахт стран Украины, России, Казахстана. Показательно, что там, где применяются индивидуальные сигнализаторы, практически не отмечается травматизм по газовому фактору. Известны многочисленные случаи спасения людей, покидавших рабочие места по сигналам СМС-1 при резком увеличении газовыделения непосредственно перед внезапным выбросом. Обслуживание приборов не потребовало никаких переделок в зарядных устройствах шахтных ламповых.

В снижении травматизма, особенно группового, первоочередное значение имеет применение научно обоснованных способов предотвращения всех форм обычных и экстремальных выделений метана и обеспечения его безопасного содержания в атмосфере выработок /10,20,32,43/. Выделения метана вызывают негативные последствия в социальном (ухудшения здоровья, травмирование и гибель людей), в технологическом (увеличение сроков подготовки горизонтов, снижение скорости подвигания очистных и подготовительных забоев), экономическом (увеличение затрат на вентиляцию, дегазацию, проведение противовыбросных мероприятий, ущерб от простоя забоев и аварий, сопровождающихся взрывами газа и др.) и экологическом аспектах (накопление метана в атмосфере Земли, воздействие на ее озоновый слой).

Газообильность выемочного участка зависит от природных (метановосности углей и пород, их мощности, удаления от разрабатываемого пласта) и горно-технических условий разработки (система разработки, порядок выемки пластов, схема проветривания, способ управления кровлей). Этими же факторами в основном определяется технически достижимая эффективность дегазации источников газовыделения в выработке участка. В разработанной "Инструкции" /47/ определены область применения и параметры дегазации разрабатываемого и смежных угольных пластов и достигаемая эффективность снижения газоразделения на выемочном участке. Предложен способ интенсификации дегазации разрабатываемого пласта на основании установленной закономерности изменения его напряженно-деформированного состояния в призабойной части, позволяющий повысить эффективность предварительной дегазации на 20-30% /38/. Способ гидроразрыва пласта из подземных выработок для его предварительной дегазации целесообразно применять при глубине до

600-700 м. Наиболее эффективным является способ дегазации пласта при помощи системы двух групп различно ориентированных скважин: параллельных линий очистного забоя и навстречу очистному забою под углом  $45-60^\circ$  от оси штрека. Способ испытан на 4 шахтах Донбасса, эффективность дегазации в 1,5-1,8 раза выше, чем при типовой схеме предварительной дегазации разрабатываемого пласта при сроке службы скважин не менее 6-9 месяцев. Дополнительного повышения эффективности предварительной дегазации можно достичь при нагнетании в скважины нового активного реагента / 5 /, обладающего высокой проницаемостью, изменяющего полярность угля вследствие своих электролитических свойств и приводящего к снижению сорбционной активности угля к метану и росту газоотдачи из пласта. Использование такой технологии позволит снизить выбросоопасность пластов.

Особую группу в выделениях метана в горные выработки составляют прорывы метана из почвы, сопровождающиеся ее поднятием и разрушением оекущими трещинами на крупные блоки без их отброса на значительные расстояния как при внезапных выбросах. Кроме того, это газодинамическое явление происходит на некотором расстоянии от забоя и обычно сопровождается предшествующими характерными признаками в виде кратковременных глухих ударов в глубине массива. Согласно существующим представлениям движущими силами этого газодинамического процесса можно считать упругие напряжения в массиве, подвергающемся влиянию горных работ, и газовое давление в образующихся полостях расслоения. Массив прочных пород почвы выработки, лежащий на более податливом слое, аналогичен заземленной жесткой плите, покоящейся на менее прочном основании / 50 /. Для такой модели применимы уравнения классической механики, описывающие прогиб под действием поперечной нагруз-

ки, действующей на верхнем основании,  $W(x, y)$ ; изгибающие моменты  $M_x$  и  $M_y$  и возникающие напряжения  $\sigma_x$ ;  $\sigma_y$ , в виде:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} = -\frac{1}{D} [q - \kappa(W_0 - W)] \quad (13)$$

при граничных условиях

$$W \Big|_{x=0} = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial x} \Big|_{x=a} = 0; \quad (14)$$

$$W \Big|_{y=0} = 0; \quad \frac{\partial W}{\partial y} \Big|_{y=b} = 0$$

$$M_x = -D \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right); \quad \sigma_x = \frac{E M_x}{h^2}; \quad (15)$$

$$M_y = -D \left( \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \right); \quad \sigma_y = \frac{E M_y}{h^2}; \quad (16)$$

где:  $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$  - жесткость плиты;

$E, \nu$  - модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты, Па;

$h$  - толщина плиты, м;

$q$  - действующая поперечная нагрузка по оси  $x$  и  $y$ , Па;

$\kappa$  - коэффициент постели, характеризующий слой породы, лежащей под плитой, Па/м;

$W_0$  - максимальные перемещения края плиты, м;

$a$  и  $b$  - линейные размеры плиты вдоль линии забоя и в перпендикулярном к ней направлении, м.

Решением приведенных уравнений и последующим моделированием на ЭВМ, а также анализом условий возникновения внезапных разрушений пород почвы установлен характер влияния основных факторов (рис.5). Разрушение плиты почвы, лежащей на пропластке угля или слое углистого и глинистого сланцев, возможно, если возникающие в плите напряжения превышают пределы прочности материала плиты. Вторым обязательным условием в отнесении выработки к опасным по внезапным разрушениям почвы и прорывам метана является наличие в почве метаносных пропластков угля или слоя пород. В разработанной методике прогноза /43/ предусматривается определение опасности горных выработок (подготовительных и очистных), а также опасных зон

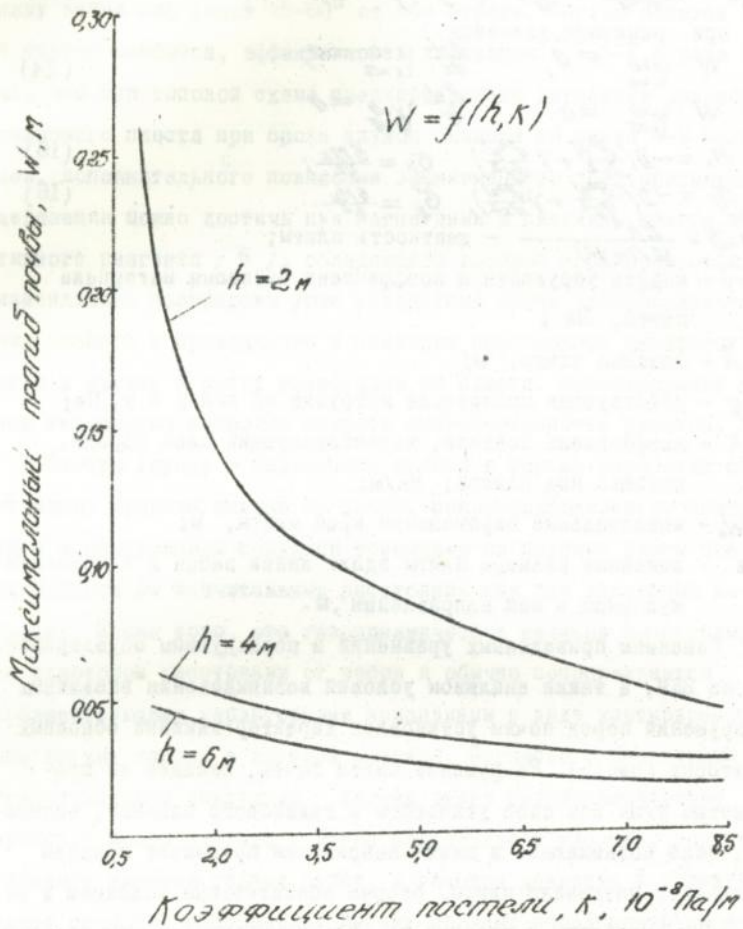


Рис. 5. Влияние коэффициента постели и толщины плиты  $h$  на прогиб почвы.

при изменении состава и свойств пород почвы выработки и дается оценка ожидаемых объемов метановыделения и его динамики.

Для предотвращения газодинамических явлений в горных выработках предусматривается опережающая выемка защитных пластов, дегазация потенциальных источников выделения метана, расположенных в почве выработки, расположение проводимой выработки вне зон концентрации напряжений на соседних угольных пластах.

На высокометаносных пластах обеспечить высокую нагрузку на забой и безопасную газовую обстановку можно только при комплексном применении эффективной схемы проветривания с точки зрения управления газовыделением и дегазации основных его источников / 13 /. Характер газовыделения из подрабатываемого и надрабатываемого массива согласуется с развитием процесса деформации пород, что подтверждено экспериментальными наблюдениями за смещениями пород и изменением газовыделения на II выемочных участках шахт Донбасса.

С точки зрения группового травматизма наиболее опасны внезапные выбросы угля и метана, пород и метана. Количество шахт, разрабатывающих выбросоопасные пласты, до 1988 года увеличилось, так в 1950 г. было 34 таких шахты, а в 1988г. - 109. К настоящему времени на 105 шахтах разрабатывается 250-260 выбросоопасных шахтопластов, частота выбросов на I млн. т добычи угля за последние годы уменьшилась и составляет 0,23-0,24. Анализом причин возникновения внезапных выбросов за пять лет установлено, что в 42% случаев они произошли при переходе на более глубокий горизонт на пластах, ранее считавшимися невыбросоопасными, в 41%-при нарушении параметров противовыбросных мероприятий, в 13%-в процессе осуществления этих мероприятий и в 4%-вследствие ошибок в прогнозе.

Понимо большого социального ущерба, вызываемого внезапными выбросами, требуются значительные материальные затраты на осуществление противовыбросных мероприятий и ликвидацию последствий выбросов /23/. В технологическом процессе добычи угля на противовыбросные мероприятия затраты времени в течение суток составляют от 4 до 10 часов /32/.

Наиболее надежным способом предотвращения внезапных выбросов является опережающая отработка маломощных пластов, расположенных на расстоянии от основного угольного пласта в свите, меньшей высоты зоны подработки или изработки у этого защитного пласта. Однако, из-за недостаточной оснащенности отрасли средствами механизации выемки тонких и весьма тонких пластов в Донбассе под защитой опережающей выемки работает не более 30% забоев на выбросоопасных пластах.

#### 2.4. Обеспечение безопасности взрывных работ в газовых шахтах

В предотвращении взрывов метано-воздушной смеси, инициируемых взрыванием зарядов ВВ в подготовительных и очистных выработках, важная роль принадлежит качеству забойки / 2 /. На импульс взрыва и коэффициент использования шнура (КИШ) оказывают влияние плотность прилегания забойки к стенкам шнура, длина забойки, объемный вес материала забойки, соотношение длины заряда ВВ и длины забойки.

Импульс давления взрыва на стенки шнура может быть представлен в виде:

$$G = \int_0^t \pi D P_2 (L_2 + y) dt \quad (17)$$

где:  $D$  - диаметр шнура, м;

$P_2$  - давление газов в шнуре в момент времени  $t$ , Па;

$L_2$  - длина заряда ВВ, м;

$y$  - перемещение забойки за время  $t$ , м;  $0 < y \leq L_2$ .

$G$  - длина забойки, м.

$$P_c = P_0 \left( \frac{C_0}{C_0 + S} \right)^n \quad (18)$$

где:  $P_0$  - начальное давление газа в шпуре после окончания детонации, Па;

$n$  - показатель, принимается равным  $n=1$  при изотермическом процессе,  $n=1,33$  при адиабатическом процессе.

$$P_0 = \frac{P_a V_0 T \Delta}{273(1-\alpha \Delta)}, \quad (19)$$

где:  $V_0$  - удельный объем продуктов взрыва, приведенных к нормальным условиям, м<sup>3</sup>/кг;

$P_a$  - атмосферное давление, Па;

$\Delta$  - плотность заряжания, кг/м<sup>3</sup>;

$$\Delta = \left( \frac{D_n}{D} \right)^2 \rho \quad (20)$$

где:  $D_n$  - диаметр патрона ВВ, м;

$\rho$  - плотность ВВ в патроне, кг/м<sup>3</sup>;

$\alpha$  - несжимаемая часть газов, для ВВ плотностью

$$1000-1600 \text{ кг/м}^3 \quad \alpha = (0,60+0,45) 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Решая (17) с учетом (18,19,20) для отрезка времени, равного времени движения забойки в шпуре до ее вылета, в предположении изотермичности процесса и плотного прилегания забойки к стенке шпура, получим

$$G = \lambda D C_0 \sqrt{1/P_0 C_0 (C_0 + S)^n}, \quad (21)$$

где:  $\lambda$  - коэффициент трения, для жидкой и пластичной забойки находится в пределах 0,0369-0,0434.

Между длиной забойки  $G$  и заряда  $C_0$  должно быть оптимальное соотношение, при котором достигались максимальные импульсы взрыва и КИШ, а также безопасное время выбрасывания забойки, способствующее повышению безопасности ведения взрывных работ на газовых шахтах.

Опасность воспламенения МВС зависит от времени задержки выбрасывания раскаленных продуктов взрыва. Это время опреде-

ляется временем выбрасывания забойки. Теоретическая модель движения забойки представляется на основе уравнения динамического равновесия

$$F = K + J, \quad (22)$$

где:  $F = \frac{\rho_0 \bar{u}^2}{4} \rho_L$  - движущая сила, кг; (23)

$$K = \frac{F}{3\lambda} \lambda \rho_0 \bar{u}^2 \bar{u}^2 - \text{сопротивление трению, кг; (24)}$$

$$J = \frac{F}{4\lambda} \lambda \rho_0 \bar{u}^2 \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} - \text{сила инерции, кг; (25)}$$

где:  $\rho_0$  - плотность забойки, кг/м<sup>3</sup>;

$\bar{u}$  - средняя скорость движения забойки, м/с

После преобразования (22) получим

$$\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} = \frac{\rho_0 \bar{u}^2}{\rho_0 \bar{u} (\bar{u} + \lambda)^2} - \frac{2\lambda \rho_0}{\bar{u}^2} \left( \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \right)^2. \quad (26)$$

Начальные условия:  $t_0 = 0$ ;  $\bar{u}_0 = 0$ ;  $\frac{\partial \bar{u}_0}{\partial t} = 0$

Решение

$$\bar{u} = \frac{\bar{u}_0}{\bar{u}_0} \sqrt{\frac{2\lambda^2 \rho_0 \bar{u}_0^2}{\lambda \rho_0 (\bar{u}_0 + \lambda)^2}}. \quad (27)$$

При

$$t_{\text{ш}} = t_0 + t_f$$

$$t_f = \frac{L}{\bar{u}} = \frac{L}{\bar{u}_0} \sqrt{\frac{\lambda \rho_0 (\bar{u}_0 + \lambda)^2}{2 \rho_0 \bar{u}_0^2}}. \quad (28)$$

При взрывании ПЖВ-20, имеющего  $P_0 = 87,95 \cdot 10^7$  Па, в шпуре длиной 1,8 м диаметром 0,04 м при длине заряда 0,54 м при водяной забойке различной длины расчетные значения  $\bar{u}$  и  $t_f$  приведены в табл.2

Таблица 2

Показатели	При длине забойки, м		
	0,25	0,50	0,75
Время движения забойки, мс	4,4	7,9	10,8
Импульс взрыва, кг.с	$26,7 \cdot 10^3$	$48,0 \cdot 10^3$	$65,0 \cdot 10^3$

По рекомендации МакНИИ для устранения воспламенения МВС время выбрасывания забойки должно быть не менее 3 мс.

В реальных условиях  $0,3 < \frac{L_2}{L_1} < 1$ , тогда при  $n = 1,33$  безопасная длина забойки, обеспечивающая требующую задержку времени ее выбрасывания, должна быть не менее

$$L_2 \geq 0,565 \sqrt{L_1 \cdot \rho \sqrt{\frac{P}{\rho_0}}} \quad (29)$$

Безопасная длина при прочих равных условиях зависит от плотности и гидравлических свойств забойки.

Сравнительная оценка различных видов забойки приведена в табл.3

Таблица 3

Материал забойки	Плотность забойки, кг/м <sup>3</sup>	Безопасная длина, м, при времени вылета, мс	
		5,0	10,0
Вода	1000	0,56	0,79
Глина	1800	0,49	0,69
ИЗМ-3	1900	0,47	0,66

наилучшие результаты получены при использовании забойки ИЗМ-3 /ЗУ / с подпором ее глиняной забойкой в соотношении  $\rho:1$ .

Температура продуктов взрыва на выходе из шпура в предположении адиабатического процесса может быть определена по соотношению изменения объема и температуры газа

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}$$

где  $T_1$ ;  $T_2$  - температура продуктов взрыва в момент взрыва (для ПЖВ-20 равна 2192 К) и при выходе из шпура, К;

$V_1$ ;  $V_2$  - объем, занимаемый продуктами взрыва в началь-

ный момент и при их выходе из шпура, м<sup>3</sup>.

$$V_1 = \frac{\pi D_n^2 L_0}{4}, \quad (31)$$

где:  $D_n$  - диаметр патрона ВВ, м.

$$V_2 = \frac{\pi D^2 (L_0 - L_1)}{4}. \quad (32)$$

После подстановки и преобразований получим

$$\frac{L_0}{L_0 - L_1} = \left( \frac{T_2}{T_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} \left( \frac{D_0}{D_n} \right)^2 \quad (33)$$

Согласно (33) при взрывании ПчВ-20 температура продуктов взрыва, не превышающая температуру воспламенения метана ( $T_2 = 913$  К), при  $D=0,04$  м и  $L_0 = 0,036$  м может быть достигнута при отношении длины заряда к длине шпура равном 0,087, что нереально. Поэтому главным направлением в обеспечении безопасности взрывных работ является воздействие на время выбрасывания забойки, определяемое не только ее длиной, но объемным весом (не менее 1800 кг/м<sup>3</sup>) и плотностью прилегания материала к стенкам шпура.

3. Проблемы экологической безопасности добычи угля в Донбассе

3.1. Воздействие подземной разработки на экологическую обстановку

Под влиянием подземной добычи происходят региональные изменения во всех средах экосистемы: гидрологической - из-за нарушения условий миграции и запасов подземных вод и сброса в поверхностные водоемы обычно загрязненных шахтных вод; аэродинамической - из-за выброса исходящего из шахты воздуха и влияния породных отвалов, вызывающих локальные изменения состава атмосферы и воздушных потоков; геомеханической - вследствие нарушения земной поверхности при подработке, строительстве угледерезов, шахт и породных отвалов; биометаморфи-

ческой - из-за изменений растительного и животного мира на суше и в водоемах.

На долю угольной промышленности приходится около 10% выбросов вредных газов, составляющих по Донбассу около 225 млн. т в год. Главными компонентами газовых выбросов шахт являются диоксид углерода и метан, вызывающие "парниковый" эффект в атмосфере. Из горящих породных отвалов ежегодно поступает в атмосферу 1,4 млн. т оксида углерода, 4,2 - сернистого газа, 0,1 - сероводорода и 0,02 - окислов азота. Метан и двуокись азота способствуют разрушению озонового слоя атмосферы, а диоксид углерода - повышению температуры нижних слоев атмосферы. Роль диоксида углерода из всех его источников в общем потеплении климата на Земле оценивается в 50-55%, причем, на долю угледобывающей отрасли всех стран приходится около 4-5%. По своему влиянию на состояние атмосферы Земли метан опаснее диоксида углерода, хотя объемы его выброса с вентиляционной струей меньше, чем диоксида углерода  $1/24$  /. дегазационными установками на шахтах дополнительно извлекается 0,5-0,6 млн. м<sup>3</sup> метана в сут., из которых утилизируется не более 15-20%. Для снижения негативного влияния подземной добычи угля на экологическую обстановку в регионах необходимо:

1) проводить профилактические мероприятия по предотвращению горения породных отвалов, по предупреждению эндогенных пожаров и внезапных выделений метана, взрывов газа и пыли;

2) применять эффективные способы и средства пылеподавления при очистной выемке, взрывных и проходческих работах, при транспортировке угля и породы;

3) внедрять малоотходную технологию добычи и проходки с оставлением породы в шахте;

4) осуществлять очистку обрасываемых шахтных вод;

5) расширять объемы и внедрять новые способы использования выдаваемого с вентиляционной струей и извлекаемого дегазацией метана, а в перспективе переходить на комплексную разработку донбасса как газо-угольного месторождения.

3.2. Влияние экологической обстановки в регионе на безопасность работы в шахте

Донецкий бассейн характеризуется высокой насыщенностью химически опасными предприятиями, содержащими в технологических линиях, производящими и сбрасывающими в атмосферу, на свалки и в сточные воды вредные вещества различных классов опасности.

Факты неоднократного поступления фенола, толуола, бензола, хлорбензола, цианидов и др. веществ в горные выработки шахты Александр-Запад ПО "Артемуголь" отмечались с 1983 года. Наиболее масштабное заражение произошло в декабре 1989 года на участке № 165 горизонта 350/450, когда концентрация хлорбензола в воздухе участковых выработок превышала ПДК от 164 до 289 раз, что привело к массовому отравлению горнорабочих и горноспасателей. Обширные заражения горных выработок в Центральном районе производили на шахтах "Углегорская", "Кондратьевка", им.М.И.Калинина.

Локальные заражения стволов токсичными веществами, переносимыми подземными водами с территории соседних коксохимических производств, зарегистрированы на шахтах им.Батова ПО "Макеевуголь" и им.Ильича ПО "Стахановуголь".

Реальная опасность заражения отдельных выработок и участков обусловила необходимость разработки методики прогноза и выполнения паспортизации шахт с определением ожидаемых токсичных веществ, вероятных путей их миграции в горные выработки и возможных зон появления концентраций, превышающих ПДК.

В угледобывающих регионах, потенциально опасных по химическому заражению, необходимо осуществление дополнительных мер безопасности, включающих прогнозирование, организацию контроля, разработку средств защиты людей, выполнение работ по предотвращению поступления токсичных веществ через горные выработки и массив пород, по проведению обеззараживания и нейтрализации зараженных выработок и шахтных вод /14/.

Транспортирование токсичных веществ по разрывным геологическим нарушениям и через трещиноватый массив пород осуществляется главным образом подземными водами. Накопление вредных и токсичных загрязнителей обычно приурочено к так называемым трещинным коллекторам в углях и породах, которые образуются в сводовых частях мелкочастотных складчатых структур.

Горные породы обладают довольно высокой адсорбционной активностью к большинству токсичных веществ, потенциально опасных по затеканию в подземные выработки. Так как температура горных пород повышается с глубиной, то процесс массопереноса происходит в изменяющихся температурных условиях. Для такого случая при описании переноса адсорбируемого токсичного компонента по трещине с помощью уравнения одномерного конвективного переноса необходимо дополнительно использовать уравнения изменения энтальпии адсорбируемого компонента и адсорбента, а также изменения адсорбционного равновесия с изменением температуры /2/. Математическая модель такого процесса может быть представлена в виде:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial t} + w \frac{\partial C}{\partial x} = 0; \quad (34)$$

$$\frac{\partial T_a}{\partial t} + \frac{\partial T_r}{\partial t} + w \frac{\partial T_r}{\partial x} = 0; \quad (35)$$

$$\frac{\partial T_r}{\partial t} = \kappa (T_r - T_a) + \beta \left( c - \frac{Q}{F} \right) Q; \quad (36)$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \beta \left( c - \frac{a}{\Gamma} \right); \quad (32)$$

$$a_0 = f(T); \quad \Gamma = f(T). \quad (38)$$

Начальные условия:

$$\text{адсорбция } t=0; \quad c(x,0) = a(x,0) = 0; \quad (39)$$

$$\text{десорбция } t=0; \quad c(x,0) = c_0; \quad a(x,0) = a_0.$$

Граничные условия:

$$\text{адсорбция } x=0; \quad t>0; \quad c(0,t) = c_0; \quad a(0,t) = a(t); \quad T(0,t) = T_0; \quad (40)$$

$$\text{десорбция } x=0; \quad t>0; \quad c(0,t) = 0; \quad a(0,t) = 0.$$

Обозначено:

$a$  - средняя текущая величина адсорбции, моль/г;

$a_0$  - равновесная величина адсорбции с концентрацией  $C_0$ , моль/г;

$c$  - текущая концентрация адсорбтива в потоке, моль/г;

$\Gamma = \frac{a_0}{C_0}$  - коэффициент Генри - фазового равновесия адсорбируемого компонента с его концентрацией в потоке;

$\beta$  - коэффициент массопередачи, 1/с;

$w$  - скорость конвективного переноса, м/с;

$J_a$  - энтальпия адсорбента, кал/г;

$J_n$  - энтальпия потока, кал/г;

$K$  - коэффициент теплоотдачи от потока к адсорбенту, отнесенный к единице его объема, кал/(г.с. К);

$T_n, T_a$  - температура потока и адсорбента, К;

$Q$  - тепловыделение процесса адсорбции, кал/моль.

Дополнительные условия для  $a_0 = f(T)$

$$I) \quad a_0^T = a_0^0 \exp \left[ -\lambda_T (T - T_0) \right], \quad (41)$$

где:  $a_0^0$  - предельная величина адсорбции при  $T_0$ , моль/г;

$\lambda_T$  - термический коэффициент предельной адсорбции, определяемый экспериментально, либо по формуле

$$\lambda_T = \frac{Q + (P_a/P_{a0})}{0,434 (T_{a0} - T_{a1})}, \quad (42)$$

где:  $\rho_0$  - плотность нормального раствора при температуре кипения, Ткп;

$\rho_{кр}$  - тоже при критической температуре, Ткр.

$$2) \quad T_n = f(x) \quad (43)$$

$$T_n = 273 + \frac{x \cdot \sin \alpha}{k_2},$$

где:  $\alpha$  - угол падения пласта или угол ориентировки трещины относительно горизонтали;

$k_2$  - геотермическая ступень, м/град.

Выразив энтальпию через теплоемкость и адсорбционный объем через пористость, в допущении  $T_a = T_n$  систему (34-37) можно записать в виде:

$$\frac{\partial a}{\partial t} + \frac{\partial c}{\partial t} + \omega \frac{\partial c}{\partial x} = 0; \quad (44)$$

$$[(1-\varepsilon)(c_a + \varepsilon c_n)] \frac{\partial T}{\partial t} + \omega c_n \frac{\partial T}{\partial x} + a \frac{\partial a}{\partial t} = 0; \quad (45)$$

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \beta \left( c - \frac{a}{\Gamma H} \right). \quad (46)$$

где:  $\varepsilon$  - пористость адсорбента;

$c_a, c_n$  - теплоемкости адсорбента и потока, кал/(г·град).

Введя безразмерные переменные

$x_1 = \frac{x \beta}{D}; t_1 = \frac{t \beta}{D}; \bar{c} = \frac{c}{c_0}; \bar{a} = \frac{a \Gamma}{c_0},$   
уравнения (44, 46) примут вид

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial x_1} = - \frac{\partial \bar{a}}{\partial t_1}; \quad (47)$$

$$\frac{\partial \bar{a}}{\partial t_1} = (\bar{c} - \bar{a}) \quad (48)$$

при дополнительных условиях:

для адсорбции  $\bar{c}(0, t) = 1; \bar{a}(x, 0) = 0;$

для десорбции  $\bar{c}(x, 0) = 1; \bar{a}(x, 0) = \Gamma; \bar{c}(0, t) = c.$

Опуская промежуточные преобразования, с использованием функции Римана получено решение (47, 48) в виде

$$\bar{c}(x_1, t_1) = e^{-x_1} \left[ e^{-t_1} I_0(2\sqrt{x_1 t_1}) + \right. \quad (49)$$

$$\left. + \frac{1}{x_1} \int_0^{x_1} e^{-\frac{t_1}{x_1}} I_0(2\sqrt{x_1 t_1}) dx_1 \right],$$

где:  $I_0(x)$  - функция Бесселя первого рода нулевого порядка мнимого аргумента.

Уравнение (45) преобразовано введением следующих безразмерных переменных

$$\bar{x} = \frac{x}{x_0}; \quad \bar{T}_H = \frac{T_H}{T_0}; \quad \bar{t} = \frac{t}{t_0}; \quad (50)$$

и замены

$$\frac{\omega C_n t_0}{C_{\text{всч}} \cdot x_0} = str \quad - \text{ параметр Струхали}; \quad (51)$$

$$C_{\text{всч}} = (1 - \varepsilon) C_a + \varepsilon C_n; \quad (52)$$

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{t}} + str \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{x}} = f(\bar{x}; \bar{t}) \quad (53)$$

о условиями:

$$\bar{T}(0, \bar{t}) = 1; \quad \bar{T}(\bar{x}, 0) = \bar{T}_H(\bar{x}). \quad (54)$$

Решение уравнения (53) с условиями (54) получено методом характеристик в виде

$$\bar{T} = \bar{T}_H(\bar{x} - str \bar{t}) + \int_0^{\bar{t}} f(\bar{x} - str \tau + str \tau, \tau) d\tau \quad (55)$$

при  $\bar{t} < \frac{\bar{x}}{str}$ ;

$$\bar{T} = 1 + \int_{\bar{t} - \frac{\bar{x}}{str}}^{\bar{t}} f(\bar{x} - str \tau + str \tau, \tau) d\tau \quad (56)$$

при  $\bar{t} > \frac{\bar{x}}{str}$ .

По разработанному алгоритму выполнены расчеты на ЭВМ процессов адсорбции и десорбции для значений кинетического коэффициента  $\beta$  и константы Генри  $\Gamma$ , определенных при лабораторных испытаниях сорбционной емкости аргиллитов, алевролитов и песчаников к токсичным веществам при различных температурах. На рис. 6 приведены расчетные кривые распределения концентрации хлорбензола по длине пути фильтрации и во времени для условий шахты Александр-Запад. Теоретические значения соответствуют характеристике зараженности массива, определенной экспериментально в наблюдательных скважинах и методом

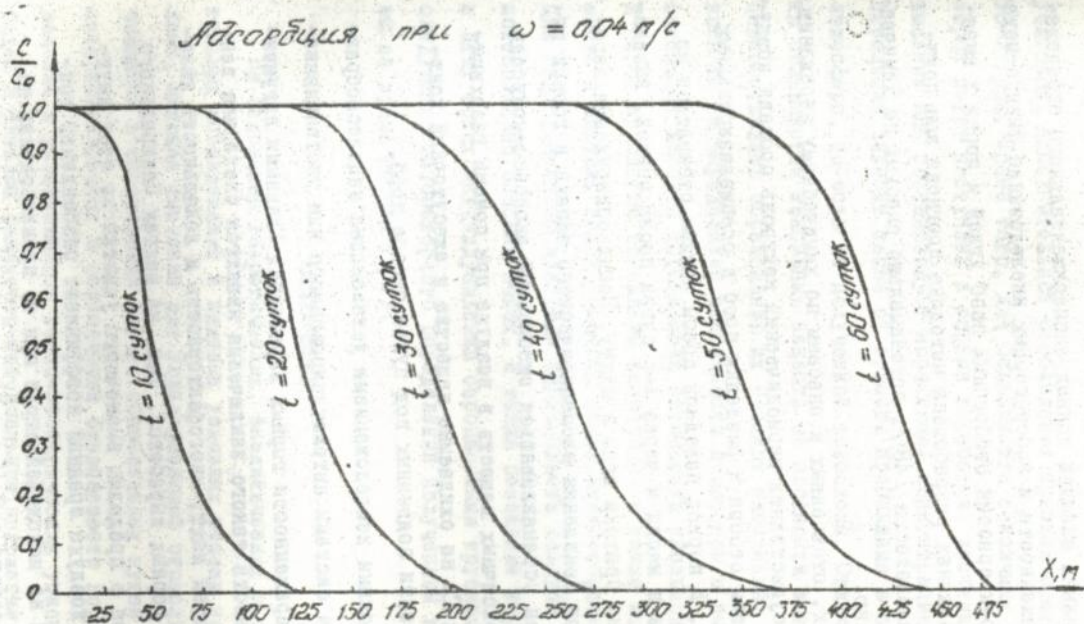


Рис. 6. Изменение концентрации хлорбензола при затекании в шахту при  $\omega = 0,04 \text{ м/с}$ ;  $\Gamma = 300$ ;  $\mu = 3 \text{ л/с}$ ;  $T_0 = 283 \text{ К}$ .

запуска флуоресцентных трассеров.

На основании анализа данных экспериментального определения зон зараженности и лабораторных исследований физико-механических характеристик отобранных проб углей и пород в выработках и скважинах разработана методика прогноза зон повышенной трещиноватости /48 /, потенциально опасных по химическому заражению.

На шахтах, отнесенных к опасным по химическому заражению, необходимо осуществлять периодический контроль состава воздуха и воды путем отбора и разделки проб в специализированных лабораториях. В период паводков пробы должны отбираться не реже трех раз в месяц и через 1-2 суток после ливней, вызвавших увеличение притока воды в шахту. После обнаружения заражения воды или появления неспецифического запаха в горной выработке должен устанавливаться ежедневный экспресс-контроль содержания токсичных веществ в воздухе при помощи газохимических трубок ТХ на ожидаемые вещества и ежесуточный контроль зараженности подземных вод путем отбора проб.

Аналитическими исследованиями установлена нецелесообразность создания системы автоматизированного или дистанционного контроля зараженности горных выработок. Главными аргументами превосмерности такого заключения являются специфика вентиляционных сетей шахт, многофакторность и локальность явления заражения горных выработок. Так, на шахтах Центрального района Донбасса в пределах выемочного участка за счет внутренних утечек воздуха средний коэффициент разбавления токсичной примеси на исходящей струе при ее проникновении на поступающей составит в 2,15 раза, максимальный - 2,6. На общешахтной исходящей струе при внешних утечках воздуха в канале вентилятора 21-36% для шахты, имеющей 12-14 выемочных

участков, дополнительное разбавление примеси может достигать 30-35 раз. Кроме того, для большинства токсичных веществ, которые могут поступить в горные выработки, десятикратное превышение ПДК соответствует поражающей концентрации, а тяжесть поражения зависит также от времени пребывания в зараженной атмосфере, то-есть от полученной токсодозы. Отличие плотности большинства токсичных веществ от плотности воздуха будет способствовать образованию их местных скоплений. Искожающее влияние на определение токсичности атмосферы в выработках оказывает высокая сорбционная активность угольной пыли, угля и пород ко многим токсичным веществам, а также их растворимость в шахтных водах. Поэтому более целесообразна организация периодического контроля зараженности воздуха и воды в потенциально опасных зонах, а также оснащение горнорабочих в этих зонах индивидуальными сорбционными трубками для последующего лабораторного определения полученной ими токсодозы за время работы /14 /..

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании теоретических, аналитических и экспериментальных исследований в шахтных условиях решена научная проблема, имеющая значение для угледобывающей отрасли и заключающаяся в определении научно обоснованных путей и способов совершенствования и обеспечения безопасности горного производства в усложняющихся горно-геологических условиях разработки и тяжелом финансово-материальном положении.

Основные научные и практические результаты заключаются в следующем:

1. Главным направлением совершенствования работы шахт должен стать комплексный подход к использованию недр, за-

ключающийся в разработке большинства шахтных полей как газо-угольных месторождений, в переходе на малоотходную технологию добычи, включающую использование в подземном пространстве и на поверхности извлекаемой породы, утилизацию шахтного метана, выдаваемого системами вентиляции и дегазации, использование подземных вод, откачиваемых шахтным водоотливом.

2. Разработаны структурные схемы технических решений по обеспечению малоотходного производства при подземной добыче угля, предусматривающие сокращение потерь угля в недрах, использование тепла и энергии исходящих вентиляционных струй и шахтных вод, энергии перемещения пород подработанного массива.

3. Произведено иерархическое структурирование факторов, влияющих на безопасность труда в шахте, в котором основополагающими первого уровня выделены технологические, экономические, социальные и личностные факторы, имеющие развитую сеть обуславливающих их показателей, технических средств и мероприятий. Дана оценка влияния каждой группы факторов на травматизм горнорабочих.

4. Изучены закономерности проявлений горного давления и распределения напряжений в породах вокруг полготовительных выработок и в очистных забоях, позволившие установить пути управления процессом деформаций пород и крепи, разработать способы упрочнения пород и усиления крепи для наиболее распространенных горно-технических условий при прохождении одиночной выработки и выработки, испытывающей влияние очистных работ. Выявлены основные факторы, влияющие на величину смещения пород кровли и почвы в горизонтальных и наклонных выработках, и установлен характер их проявлений. Показана нелинейная прямо пропорциональная зависимость ширины зоны

опорного горного давления впереди забоя выработки, проходимой узким и широким ходом, от глубины её расположения. Изучен характер изменения интенсивности смещений слоев пород кровли и почвы во времени и в двухмерных координатах, отмечено ее скачкообразное развитие, что предъявляет особые требования к показателям податливости и прочности охранных элементов и крепи выработок.

5. Выполнен анализ причин возникновения и показателей проявлений внезапных разрушений пород почвы и прорывов метана в подготовительных и очистных выработках. На основе теории упругости для защемленной прочной плиты, лежащей на упругом податливом основании, разработана физическая модель и дано математическое описание процесса развязывания и протекания внезапных разрушений пород почвы и прорывов из нее метана. Установленные связи между факторами, приводящие к возникновению изучаемого явления, и выполненное на ЭВМ моделирование, позволили разработать методику расчета напряженно-деформированного состояния пород почвы горной выработки, по величине которого прогнозируется опасность различных выработок и их участков по внезапным разрушениям почвы и прорывам метана.

6. На основании анализа горно-геологических условий разработки пластов угля в Донбассе на ближайшие годы и оценки влияния выемочного оборудования на безопасность добычных работ и производственный травматизм установлена необходимость приоритетного развития струговой выемки на тонких и весьма трюхких пластах. Помимо более низкого травматизма в лавах, оборудованных стругами, обеспечивается по сравнению с комбайновой выемкой на 15-20% более высокая нагрузка, допустимая по газовому фактору, и более благоприятные условия уп-

равления кровлей в лаве и поддержания подготовительных выработок впереди и позади очистного забоя.

7. Многолетние исследования производственного травматизма позволили установить его распределение в зависимости от горно-геологических условий разработки, вида выполняемых операций и места нахождения рабочих в очистных и подготовительных забоях, способа транспортировки угля, породы, материалов, уровня организации производственных процессов и выявить для каждой группы факторов их значения и условия, при которых можно обеспечить значительное снижение производственного травматизма.

8. Обобщением результатов исследований в области условий возникновения и развития эндогенных пожаров в шахтах Донбасса определены требования к выбору схемы подготовки горизонта и системы разработки пласта, к параметрам рабочего органа добычного оборудования, к схеме проветривания выемочного участка, к системе контроля самонагревания и самовозгорания угля и к обязательному комплексу профилактических мероприятий для предотвращения развития цепных окислительных процессов. Эти требования положены в основу "Инструкции по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров на шахтах Донбасса".

Дано математическое описание процесса самонагревания скоплений угля в выработанном пространстве, получено аналитическое решение и его численная реализация на ЭВМ, позволяющее установить координаты точки в выработанном пространстве, где возможно достижение критической температуры к концу инкубационного периода.

9. Для предотвращения опасных последствий пылеобразования, выражающихся в профессиональных заболеваниях горняков

и возможности взрыва пыли, разработаны и внедрены средства для взрывного распыления пламягасящих аэрозолей и составы для предварительной обработки пласта угля при его выемке. Обязательность применения распылительного средства для создания предохранительных аэрозольных завес при взрывных работах определена отраслевой "Инструкцией..."

Ю. Показано влияние обычных и экстремальных выделений метана в горных выработках на безопасность работ в шахтах. На эффекте использования установленной закономерности изменения напряженно-деформированного состояния пласта в призабойной части разработаны способы интенсификации его дегазации путем гидроразрыва из опережающей выработки, бурения двух групп различно ориентированных скважин и нагнетания в скважины нового активного реагента с электролитическими свойствами. Предложенные технологии обеспечивают снижение газовыделения из разрабатываемого пласта в 1,5-1,6 раза и уменьшают его выбросоопасность. В настоящее время на ЮВ шахтах Украины разрабатывается 250-260 выбросоопасных пластов, дающих 0,23-0,24 выброса на млн.т добычи. Из-за недостаточной оснащенности отрасли средствами механизации выемки тонких и весьма тонких пластов под защитой опережающей выемки работает не более 30% забоев на выбросоопасных пластах. Это положение вызывает необходимость более широкого применения предложенных способов увеличения интенсификации предварительной дегазации разрабатываемых угольных пластов.

II. Исследовано влияние забойки шпуров на предотвращение воспламенения МВС при ведении взрывных работ. Разработана теоретическая модель движения забойки в шпуре, позволившая выявить факторы, воздействием на которые можно обеспечить безопасное по иницированию воспламенения МВС время выбрасы-

вания забойки. По условию величины импульса взрыва и КИИ оптимальная длина забойки должна составлять  $1/0,6-0,8$  длины шпура. Забойка должна иметь удельный вес не менее  $1800 \text{ кг/м}^3$  и плотно прилегать к стенкам шпура. Предложенная при участии автора пластическая забойка ПЗМ-3 превосходит по своим защитным свойствам водяную забойку.

12. Показано негативное влияние подземной добычи угля на экологическую обстановку в регионах и в глобальном масштабе на изменение климата на Земле. Определены основные направления обеспечения экологически чистого процесса угледобычи, включающие оставление породы в шахте, профилактические работы по предотвращению горения породных отвалов, подземных пожаров, взрывов и внезапных выбросов газа, по снижению пылеобразования и др., очистку сбрасываемых шахтных вод, утилизацию извлекаемого дегазационными установками метана и переход на технологию освоения Донбасса как газо-угельного месторождения.

13. Установлены основные принципы прогнозирования опасности заражения горных выработок токсичными химическими веществами от их регулярных сбросов и аварийных выбросов на предприятиях, расположенных на горных отвалах шахт и вблизи них, заключающиеся в определении путей миграции токсичных веществ с подземными водами через нарушенный массив пород и с воздухом, поступающим в шахту, и в выявлении зон природной и техногенной нарушенности, способствующих транспортировке и аккумуляции химических токсичных веществ ввиду сорбционной активности и высокой проницаемости пород в таких зонах. Разработана физическая модель и дано математическое описание процесса переноса токсичного вещества через трещиноватый массив, учитывающее адсорбцию-десорбцию при

изменении температуры среды по пути фильтрации и изменение концентрации токсичного вещества в начальном сечении. Дано численное решение системы дифференциальных уравнений, позволяющее определять изменение концентрации по пути движения и во времени с использованием результатов лабораторных определений кинетических констант для пары адсорбент-токсичное вещество.

14. Своевременное обнаружение в выработках повышенного содержания опасных и токсичных газов способствует предотвращению или снижению возможности появления аварийных ситуаций, группового или индивидуального травматизма. Для обеспечения непрерывного контроля за превышением допустимого содержания метана на каждом рабочем месте разработан и реализован новый принцип в шахтной метанометрии, заключающийся в совмещении в одном изделии двух функций - индивидуального светильника и сигнализатора содержания метана. Автоматический метан - сигнализатор типа СМС является элементом экипировки горнорабочего, включен в обязательный перечень средств техники безопасности и применяется на газообильных шахтах ряда стран СНГ.

На шахтах, отнесенных по данным прогноза к потенциально опасным по химическому заражению, необходимо осуществлять периодический контроль путем отбора проб воды и пород для лабораторных анализов и выполнения экспресс-анализа воздуха при помощи трубок типа ГХ на прогнозируемые токсичные вещества.

При работе в зараженных выработках с незначительным превышением содержания токсичных газов рабочие должны обеспечиваться индивидуальными сорбционными трубками для определения полученной за смену токсодозы.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Евдокимов Ф.И., Саенко Г.В., Грядущий Б.А. Оценки безопасности технологических процессов угледобычи. // "Техника безопасности" - , Киев; Техника, - 1992, 124с

2. Грядущий Б.А. Опасные факторы подземной добычи угля в технологическом, социальном и экологическом аспектах // Донецк, ЦБНТИ МУП : Украины, - 1994, 158с

3. Некрасовский Я.Э., Гришко Н.Т., Локшин Б.С., Савостьянов А.В., Грядущий Б.А., Коржов В.Т. Проведение штреков широким забоем на пологих пластах. //М.; "Недра", - 1969, 128с

4. Тарадайко В.С., Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Струговая выемка угля. //Из-во "Донбасс", Донецк, - 1972, 63с

5. Гершун О.С., Чепенко А.В., Бродский В.З., Остапенко А.Ф., Грядущий Б.А. нормализация газового режима выемочных участков угольных шахт. //Киев; "Техника", - 1964, 83с

6. Грядущий Б.А., Малига М.Ф., Луцкии П.П. Геотермические условия и тепловой режим шахт Центрального района Донбасса. //М.; ЦНИЭИуголь, - 1980, 20с

7. Тарадайко В.С., Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Струговая выемка весьма тонких выбросоопасных пластов. //М.; ЦНИЭИ-уголь, - 1972, 48с

8. Намакштанский В.Я., Грядущий Б.А., Котлов Э.С. Повышение безопасности работ в комплексно-механизированных очистных забоях. //М.; ЦНИЭИуголь, - 1977, 13с

9. Брусилловский В.И., Грядущий Б.А., Галушко А.Л. Улучшение условий труда и обеспечение безопасности на шахтах. //М.; ЦНИЭИуголь, - 1978, 14с

10. Патрушев М.А., Самойленко Е.Я., Грядущий Б.А. и др. Совершенствование проветривания угольных шахт. //М.; ЦНИЭИ-

уголь, - 1986, 48с

11. Тарадайко В.С., Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Разработка и комплексная механизация выемки тонких угольных пластов. // "Уголь", - 1971, № 7, с.14

12. Вильчицкий В.В., Грядущий Б.А., Черниченко В.К. Развитие способов и средств нормализации микроклимата глубоких шахт. // "Уголь", - 1983, № 7, с.48-50

13. Лепихов А.Г., Грядущий Б.А., Фрейдман С.М. Схемы проветривания с обособленным разбавлением вредности. // "Безопасность труда в промышленности", - 1986, № 9, с.43-45

14. Алейникова Г.М., Грядущий Б.А. дополнительные меры безопасности для шахт, потенциально опасных по заражению токсичными веществами. // "Безопасность труда в промышленности", - 1991, № 12, с.50-51

15. Пашковский П.С., Грядущий Б.А., Заславский В.П. Опыт тушения злогобнного пожара на шахте им.9-й пятилетки объединения "Макеевуголь". // "Безопасность труда в промышленности", - 1992, № 3, с.12-14

16. Тарадайко В.С., Грядущий Б.А. Прогноз устойчивости горных выработок при столбовой системе разработки. // "Уголь Украины", - 1968, № 10, с.6-8

17. Грядущий Б.А., Тарадайко В.С., Котлов Э.С. Влияние способа выемки угля на проявление горного давления. // "Уголь Украины", - 1969, № 11, с.12-15

18. Черняк И.Л., Фрумкин Р.А., Петренко С.Я., Грядущий Б.А. Прогноз смещения кровли и почвы в подготовительных выработках при сплошной системе разработки. // "Уголь Украины", - 1971, № 11, с.15-19

19. Грядущий Б.А., Григорьев Л.К. Анализ горно-геологических условий проведения подготовительных выработок в Донецко-

Макеевском и Красноармейском районах Донбасса. // "Уголь Украины", - 1974, № 8, с.27-29

20. Патрушев М.А., Карнаух И.В., Грядущий Б.А. и др. Проветривание шахт Украины и его совершенствование. // "Уголь Украины", - 1982, № 4, с.2-4

21. Грядущий Б.А., Криворучко А.М. Тепловые условия труда в шахте и критерии их количественной оценки. // "Уголь Украины", - 1985, № 7, с.40-41

22. Зорин А.Л., Грядущий Б.А. Вопросы безопасности укрепления горных пород полимерами. // "Уголь Украины", - 1985, № 8, с.31-34

23. Грядущий Б.А., Кравченко Э.В., Браткова Л.С. Аварийность и ее экономические последствия на угольных предприятиях. // "Уголь Украины", - 1993, № 2, с.20-23

24. Зайденварг В.Е., Грядущий Б.А., Айруни А.Т. Влияние подземной добычи угля на накопление диоксида углерода и метана в атмосфере Земли и на климат планеты. // "Уголь Украины", - 1994, № 1, с.45-46

25. Грядущий Б.А., Пашковский П.С., Кравченко Э.В. Основные причины и экологические последствия эндогенных пожаров в угольных предприятиях. // "Уголь Украины", - 1994, № 3, с.1-10

26. Черняк И.Л., Грядущий Б.А. О механизме деформаций пород вокруг выработок, подверженных влиянию очистных работ на больших глубинах. // Проектирование и строительство угольных предприятий. М.; ЦНИЭУголь. - 1968, № 1, с.40-45

27. Черняк И.Л., Грядущий Б.А., Григорьев Р.И. Влияние обрушения основной кровли на проявление опорного давления. // "Технология добычи угля подземным способом", М.; ЦНИЭУголь. - 1969, № 6, с.27-29

28. Черняк И.Л., Григорьев Р.И., Грядущий Б.А. Влияние глубины разработки на величину зоны опорного давления. // "Технология добычи угля подземным способом". М.; ЦНИЭИуголь, - 1969, № 7, с.16-18

29. Петренко С.Я., Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Исследования влияния типа вземочной машины на величину допустимой по газовому фактору нагрузки на очистной забой. //М.; ЦНИЭИуголь. "Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело", - 1969, № 9, с.37-41

30. Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Применение струговой выемки на пологих пластах. //М.; ЦНИЭИуголь, "Технология добычи угля подземным способом", - 1971, № 3, с.14

31. Грядущий Б.А., Котлов Э.С., Мяснянкин В.В. Оптимальные скорости движения воздуха в очистных забоях по пылевому фактору. //М.; ЦНИЭИуголь, "Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело", - 1971, № II, с.12

32. Грядущий Б.А., Батманов Ю.К., Бутенко А.П. Возможные пути повышения эффективности вземки выбросоопасных пластов Донбасса. //М.; ЦНИЭИуголь, "Технология добычи угля подземным способом", - 1976, № 4, с.27-28

33. Тарадайко В.С., Котлов Э.С., Грядущий Б.А. Влияние горно-геологических и горно-технических факторов на производительность труда в лава. //М.; ЦНИЭИуголь, "Технология добычи угля подземным способом", - 1979, № 4, с.46-49

34. Грядущий Б.А. Влияние горно-геологических и горно-технических факторов на устойчивость горных выработок при столбовой системе разработки. //В сб. "Процессы управления при подземной разработке полезных ископаемых", М.; МГИ, - 1968, 6 с

35. Грядущий Б.А., Гешлин Л.А. Заслон для локализации

взрывов угольной пыли и газа. А.С. № II55777, опубл.  
15.05.85, бжл.№ 18

36. Грядущий Б.А., Бурчаков А.С., Пережилов А.Е. и др. Состав для снижения пылеобразующей способности угольного пласта. А.С. № 934056, опубл.07.06.1982, бжл.№ 21

37. Грядущий Б.А., Куклин Б.К., Патрушев М.А. и др. Способ разработки пологого газоопасного пласта, склонного к самовозгоранию. А.С. № II68714, опубл.23.07.85, бжл.№ 27

38. Грядущий Б.А., Бурчаков А.С., Давиденко А.А. и др. Способ гидравлической обработки высокогазоопасного угольного пласта. А.С. № 972145, опубл.07.11.82, бжл.№ 41

39. Грядущий Б.А., Даценко Д.Ф., Куприенок П.А. и др. Забoвочный материал. А.С. № 1575650, опубл. 30.06.90, бжл.№ 24

40. Грядущий Б.А. Исследование и прогноз устойчивости подготовительных выработок при столбовой системе разработки. //Донецк, ЦБТИ МУП Украины, - 1968, 9с.

41. Черняк И.Л., Тарадайко В.С., Грядущий Б.А., Григорьев Р.И. Временное руководство по прогнозу смещений пород на сопряжениях штреков с очистными забоями при столбовой системе разработки. //М.; Из-во МГИ, - 1968, 13с

42. Черняк И.Л., Грядущий Б.А., Петренко С.Я., Фрумкин Р.А., Эмиров Л.А. Временное руководство по прогнозу смещений кровли и почвы подготовительных выработок при сплошной системе разработки на шахтах комбината "Донецкуголь". //М.; Из-во МГИ., - 1969, 20с

43. Морев А.М., Скляр Л.А., Большинский И.М., Грядущий Б.А. и др. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок. //Макёвзка-Донбасс, Из-во МакНИИ, - 1987, 29с

44. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эн-

дотенных пожаров на шахтах Донбасса. //Донецк, ЦБНТИ Минуглепрома Украины, - 1984, 62с

45. Методика определения инкубационного периода самовозгорания угля. //Донецк, Из-во НИИГД, - 1994, 13с

46. Морев А.М., Толстых К.С., Грядущий Б.А. и др. Инструкция по созданию предохранительных аэрозольных завес при взрывных работах в угольных шахтах. //Макеевка-Донбасс, Из-во МакНИИ, - 1989, 21с

47. Морев А.М., Касимов О.И., Грядущий Б.А. и др. Временная инструкция по проектированию дегазации шахт Донбасса. //Донецк, ЦБНТИ Минуглепрома СССР, - 1981, 32с

48. Методика прогноза зон повышенной трещиноватости, пористости, проницаемости в складчатых структурах и разрывных нарушениях. //Донецк, Из-во НИИГД, - 1994, 26с

49. Грядущий Б.А. Оценка эндогенной пожароопасности и способы предупреждения самовозгорания угольного окопления. //Депонир. в ГНТБ Украины, 14.II.94 № 2128, - УК94, 12с

50. Грядущий Б.А., Морев А.М., Клойзнер С.М. К механизму возникновения внезапных разрушений породы выработок и прорывов метана. "Депонир в ГНТБ Украины, 17.IO.94, № 2001, УК94, 7с

51. Грядущий Б.А. Состояние и меры по нормализации климатических условий в шахтах Донбасса. У/Тезисы доклада на республиканском семинаре "Охлаждение рудничного воздуха на больших глубинах при современной технологии ведения горных работ" - Донецк, - 1984, с.21-22

В работах, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя заключается: в разработке классификаций изучаемых процессов по причинам их возникновения и характерным признакам, в выявлении корреляционных зависимостей и в разработке пред-

ложений по снижению воздействия опасных факторов - 1,8,9,10, 12,24,25,33,34; в анализе результатов экспериментов и статистических данных - 3,4,15,17,19,27-30; в объяснении механизма происходящих явлений и их теоретическом описании - 2,10,26, 49,50; в обосновании поправочных коэффициентов к нормируемым показателям при отклонении фактических условий труда в шахте от допустимых - 6,21,51; в разработке вопросов безопасности ведения технологических процессов угледобычи, противопожарной и противовазварийной защиты шахт - 5,7,11,13,14,16,18,20,22,23, 31,32,40-48; в разработке отличительных признаков изобретений - 35-39.

Соискатель



Б.А.ГРЯДУШИЙ

Griadushiy B. A. " Investigation dangerous and bad factors in the coal mines working out and realization the methods of lowering their negative influence ".

This is the form of a scientific report for the degree Doctor of Science on Speciality 05.26.01 - " Labour Protection and Fire Safety". The State Mining Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1995. The author has published 60 scientific works and has obtained 21 author's certificates. These works contain theoretical and experimental researches of orised conformitys and display such dangers as a mining pressure and conditioned by it traumatism, sudden havoc of ground rocks and a methane break, spontaneous combustion accumulation of a coal small fry in the worked out space, entering of toxic substances in the mine etc.

Obtained that for prevention of ignition and explosion of methane-aerial mixture during explosive works it is necessary to use special face cut and precantionary aerosol curtains. Revealed locality of infected zones of worked out sections by toxic substances.

Realized industrial introduction of worked out (normative) corresponding to norm documents and offered technical decisions, they give data about effectness of their utilization.

Грядущий Б. А. "Исследование опасных и вредных факторов в угольных шахтах, разработка и реализация способов снижения их негативного воздействия".

Диссертация в форме научного доклада на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.26.01 - "Охрана труда и пожарная безопасность", Государственная горная академия Украины, Днепропетровск, 1995.

Защищается 60 научных печатных работ и 21 авторское свидетельство. В работах содержатся теоретические и экспериментальные исследования закономерностей возникновения и проявления таких опасностей как горное давление и обусловленный им травматизм, внезапные разрушения пород почвы и прорывы метана, самовозгорание скоплений угольной мелочи в выработанном пространстве, поступление токсичных

веществ в шахту и др.

Получено, что для предотвращения воспламенения и взрыва НВС при взрывных работах необходимо применять специальную забойку и предохранительные аэрозольные завесы. Выявлена локальность зон заражения горных выработок токсичными веществами.

Осуществлено промышленное внедрение разработанных нормативных документов и предложенных технических решений. Приводятся данные об эффективности их использования.

Ключові слова: вугільна шахта, безпека, гірниче тиснення, метан, підвищені температури порід, ендогенні пожежі, пилоутворення, токсичні та шкідливі речовини, раптові викиди, екологічні збитки.

Відповідальний за випуск В.Т.Заїка

Підписано до друку 01.02.95. . Формат 60х90/16.  
Папір друкарський. Офсетний друк.  
Умовн.друк.арк. 2,00. . Умовн.фарб.-відб. 2,50.  
Тираж 100. Замовлення № 33.  
ЦЕНТІ Мінвуглспрому України  
340000 м.Донецьк, вул.Артема, 60

456881

AB 31.87

**AB 31.871**