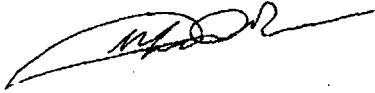


На правах рукописи



ПОДДУБНЫЙ Иван Александрович

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РАЗРАБОТКА
ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ ВЫРАБОТОК
УГОЛЬНЫХ ШАХТ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ**

Специальность 25.00.22 - «Геотехнология (подземная,
открытая и строительная)»

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кемерово - 2004

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет» и ОАО «Кузбасский научно -исследовательский институт шахтного строительства»

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор
Хямяляйнен Вениамин Анатольевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Угляница Андрей Владимирович;

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Лгунов Анатолий Степанович

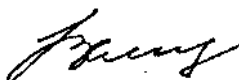
Ведущая организация - ОАО «Кузбассгипрошахт» .

Защита состоится 30 апреля 2004 г. в 15-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.102.02 Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет» по адресу: 650026, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кузбасский государственный технический университет».

Автореферат разослан «19» марта 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

 ХЯМЯЛЯЙНЕН В.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Угольная промышленность является одной из важнейших горнодобывающих отраслей. Больше половины общего объёма добываемого угля и практически весь объём высококачественного угля приходится на подземную добычу. В настоящее время происходит углубление горных работ, отработаны легкодоступные месторождения, идёт консервация и ликвидация нерентабельных шахт. Консервация и ликвидация угольных шахт идёт, как правило, путём их затопления. Это приводит к повышению уровня подземных вод, загрязнению чистых водоносных горизонтов и, в целом, к ухудшению; экологической обстановки в угольных регионах. Кроме того, в России более 20 000 м участков выработок находится в затопленном состоянии только вследствие аварий на шахтах.

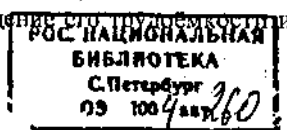
Весьма перспективной является «сухая» консервация угольной шахты, когда осуществляется дренирование подземных вод в ствол и последующая их откачка в очистные сооружения на поверхности. Однако, применение традиционной технологии дренирования и сбора воды приводит к значительным размерам депрессионной воронки и большим водопритокам, что в свою очередь требует создания подземных водосборников увеличенного размера и значительных затрат на водоотлив. Отсутствие регулирования дренирования подземных вод приводит, например, к увеличению притока воды во время паводка более чем в два раза.

Представляется целесообразным рассмотреть возможность регулирования притока воды в вертикальную выработку путём сооружения вокруг ствола тампонажно — дренажной завесы и возведения водоупорных перемычек в сопряжениях с горизонтальными выработками для создания подпора подземных вод и регулирования перепуска воды через дренажные и водоспускные скважины. При этом особую актуальность приобретают вопросы обоснования параметров технологии тампонажа, возведения водоупорных перемычек и сооружения водоспускных скважин, учитывающих специфику сопряжения вертикальной выработки с горизонтом.

На основании вышеизложенного представляется актуальным обоснование параметров и разработка технологии изоляции выработок угольных шахт от затопления.

Настоящая работа отражает результаты исследований, выполненных автором в период 1997 - 2003 гг. в Кузбасском государственном техническом университете и ОАО «Кузниишахтострой» в соответствии с отраслевыми координационными планами Минэнерго РФ по заданию Государственного учреждения по вопросам реорганизации и ликвидации нерентабельных шахт и разрезов (ГУРШ).

Цель работы заключается в обосновании параметров и разработке технологии изоляции от затопления выработок угольных шахт, обеспечивающих регулирование дренирования подземных вод, сокращение стоимости.



Идея работы состоит в учёте особенностей геометрии области фильтрации сопряжения вертикального ствола с горизонтом при обосновании параметров тампонажа горного массива и дренирования подземных вод для разработки комбинированной технологии изоляции выработок от затопления, включающей в себя тампонаж горных пород, возведение водоупорных перемычек, сооружение водоспускных скважин и организацию регулируемого дренирования подземных вод.

Задачи исследования:

- обосновать параметры тампонажа горных пород и дренирования подземных вод в сопряжении вертикального ствола с горизонтом;
- обосновать и разработать технологию возведения водоупорных перемычек с инъекционной подготовкой массива горных пород в условиях сопряжения вертикального ствола с горизонтом;
- обосновать и разработать технологию дренирования подземных вод в вертикальный ствол через водоспускные скважины.

Методы исследований. Выполненный комплекс исследований включает в себя анализ и обобщение литературных источников, теоретические и экспериментальные исследования с использованием методов гидродинамики, натурные исследования, численные расчеты на ПК, технико-экономический анализ.

Научные положения защищаемые автором:

- на участках сопряжения вертикального ствола качественный тампонаж в пределах 1,5 м от скважины обеспечивается при постоянном расходе и переменном (увеличивающемся) давлении на скважине, причём с изменением раскрытия трещин от 0,005 до 0,0005 м время нагнетания изменяется с 3 до 25 мин, а максимальное давление на скважине изменяется с 0,6 до 2,4 МПа;
- величина водоперетока через массив горных пород вокруг перемычки в сопряжении вертикального ствола на два порядка меньше величины притока воды в ствол по его длине за счёт клиновидности перемычки и её непосредственного выхода в ствол, при этом выход дренажных шпуров за пределы зоны тампонажа приводит к резкому увеличению водопритока (в 5 раз);
- технологическая схема инъекционной подготовки массива горных пород на участке сопряжения с вертикальным стволом, обеспечивающая качественный тампонаж, включает в себя возведение тампонажной завесы вокруг ствола и клиновидной перемычки, инъекционное уплотнение тела перемычки в процессе её возведения, инъекционное укрепление кондукторов и анкеров для повышения устойчивости перемычки, сооружение дренажного слоя и дренажных шпуров на участке тампонажа вокруг ствола;
- сцепление перемычки с массивом горных пород обеспечивается с помощью железобетонных анкеров с запуском в горный массив более 1,5 м и в тело перемычки не менее 0,6 м, которые соединяются с продольным металлическим каркасом (арматурой), причём в сечениях первого и последнего рядов анкеров перпендикулярно оси перемычки устанавливаются металлические сетки;

-регулируемый перепуск воды в ствол с дебитом до $1536 \text{ м}^3/\text{ч}$ обеспечивается семью водоспускными скважинами, оборудованными кондукторами, запорной арматурой, закреплёнными металлическими анкерами, причём длина кондуктора составляет 2,5 -3,0 м, толщина его стенки 9 мм, диаметр анкерного болта - 20 мм, нагрузка на буровой станок при возможном гидроударе может достигнуть 6450 И.

Научная новизна работы заключается:

- в установлении параметров технологии нагнетания тампонажных растворов, обеспечивающих качество тампонажа массива горных пород на участках сопряжения с вертикальной выработкой;

- в оценке величии водоперетоков вокруг перемычки и вертикальной выработки, учитывающих особенности геометрии области фильтрации в условиях сопряжения с вертикальной выработкой;

- в разработке технологической схемы инъекционной подготовки массива горных пород вокруг перемычки и вертикальной выработки, обеспечивающей возможность регулирования дренирования подземных вод и устойчивость клиновидной перемычки;

- в обосновании возможности сцепления тела безврубовой перемычки с массивом горных пород за счёт, железобетонных анкеров, связанных с арматуркой её тела;

- в обосновании возможности регулируемого перепуска воды в вертикальную выработку через водоспускные скважины и оценке их дебитов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением классических методов гидродинамики и апробированных численных методов расчёта, положительными результатами опытно - промышленных испытаний технологии изоляции выработки угольных шахт от затопления.

Личный вклад автора заключается:

- в определении пределов изменения времени и давления нагнетания тампонажных растворов на участках сопряжения вертикальных стволов с прилегающими выработками;

- в оценке влияния клиновидности перемычки на величину водоперетока через массив горных пород;

- в обосновании и разработке технологии инъектирования массива горных пород и тела перемычки, обеспечивающей укрепление кондукторов и анкеров и создание качественной противодиффузионной завесы;

- в обосновании параметров установки в теле перемычки железобетонных анкеров в сочетании с металлической сеткой;

- в обосновании конструкции водоспускных скважин и оценке их водопускной способности.

Научное значение работы заключается в определении параметров тампонажа горных пород и дренирования подземных вод, учитывающих специфику условий сопряжения вертикального ствола и обосновании на их основе технологии изоляции выработок от затопления с регулируемым перепуском воды в ствол.

Практическая ценность. Применение разработанной технологии изоляции выработок от затопления, включающей в себя комбинацию технологий тампонажа, возведение водоупорных перемычек в сопряжениях вертикальной выработки и сооружение водопропускных скважин с регулируемым перепуском воды, позволяет уменьшить приток в выработку, затраты на водоотлив и, в целом, реализовать «сухую» ликвидацию угольной шахты.

Реализация работы. Основные положения диссертационной работы вошли составной частью в четыре проекта по ликвидации ш. «Байдаевская» и три отраслевых нормативных документа.

1. Руководство по технологии возведения противодиффузионных завес для предотвращения прорывов воды в действующие шахты и исключения экологических последствий при их ликвидации. - Кемерово: Кузнецкшахтострой, 2001.

2. Технологические схемы создания противодиффузионных завес на участках возведения водоупорных предохранительных перемычек. - Кемерово: Кузнецкшахтострой, 2001.

3. Альбом технологических схем комбинированного тампонирувания для предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций при проходке и эксплуатации горных выработок. - Кемерово: Кузнецкшахтострой, 2001.

Технология изоляции выработок с регулируемым дренированием подземных вод прошла опытно - промышленную проверку при организации водоотлива и предупреждения внезапного прорыва подземных вод на осевом вентиляционном стволе закрываемой ш. «Байдаевская». Фактический экономический эффект составил 59,1 млн руб.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: на ежегодных научно - технических конференциях студентов, аспирантов, преподавателей КузГТУ (г. Кемерово, 1999 - 2003 гг.); «Неделе горняка» (г. Москва, 2000, 2001 гг.); IV Международной научно - практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» (г. Кемерово, 2001 г.); Международной научно - практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минерального сырья» (г. Новокузнецк, 2002 г.). Работа «Технология возведения противодиффузионных завес вокруг водоупорных перемычек горных выработок» отмечена Большой золотой медалью на выставке - ярмарке «Экспо-уголь» (г. Кемерово, 2002 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе 2 монографии.

Объём и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 144 страницах машинописного текста, содержит список литературы из 108 наименований, 24 таблицы, 39 рисунков и 4 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена анализу способов дренирования подземных вод, возведения водоупорных перемычек, тампонажа горных пород. На основе анализа литературных источников показана актуальность диссертационной работы, обоснованы цель и задачи исследований.

Вопросы дренирования (осушения), а также ликвидации шахтных и карьерных полей достаточно полно отражены в работах С.К. Абрамова, Н.С. Болотских, В.И. Воронцова, Б.Г. Воропаева, М.С. Газизова, Г.Н. Гензеля, Е.С. Гладченко, Н.Ф. Косарева, С.В. Кравчука, Л.В. Крупкина, В.С. Кузьмина, Н.Г. Кю, З.П. Лебежанской, Г.Г. Малёванного, В.С. Момчилова, В.Д. Нартова, А.Т. Николаенко, И.Ф. Осканича, Ю.С. Осипенко, Е.П. Писанца, Ю.В. Пономареико, И.К. Станченко, И.П. Твердохлебова, И. А. Тимошкова, М.И. Чельцова, О.И. Чернова, Г.Б. Шабера, А.С. Ягунова и других.

Анализ показывает, что наряду с дренированием подземных вод весьма эффективным является способ предупреждения внезапных прорывов воды в горные выработки путём возведения водоупорных предохранительных перемычек. В Кузбассе ежегодно усиливают и сооружают более 1000 изолирующих перемычек. Из них более одной трети являются перемычками, рассчитанными на большие давления воды до 1-2 МПа и более, и возводятся, в основном, из бетона с врубами. Низкая эффективность работы водоупорных перемычек под большим давлением обусловлена значительными перетоками воды через массив нарушенных горных пород вокруг тела перемычки. Для протяжённых горизонтальных выработок эта проблема в значительной степени решена в Кузниишахтострое и КузГТУ. В сопряжениях вертикальных стволов, когда тело перемычки выходит непосредственно в ствол и её форма имеет обратную клиновидность, решение вышеуказанной проблемы приобретает особую актуальность. При этом перспективным является инъекционная подготовка массива горных пород тампонажными растворами для исключения перетока воды вокруг тела перемычки и улучшения его сцепления с массивом горных пород.

Исследованием тампонажа трещиноватых пород и инъекционным укреплением грунтов занимаются в МГУ, СПбГИ, ИГД им. А.А. Скочинского, НИИОСПе, ПО "Спецтампонажгеология", АО "Днепрошахтострой", "Кузбассшахтострой", ДонУГИ, МГГУ, МакИСИ, УГГГА, КузГТУ, Пермском государственном техническом университете, Гидроспецпроекте, ВНИИГе им. Б.Е.Веденева, ЦНИИСе, НИИОМШСе, ВИОГЕМе, Кузниишахтострое и некоторых других научно-исследовательских и производственных организациях.

Исследованию процесса тампонажа водоносных горных пород, моделирования и, в целом, специальным способам проведения горных выработок посвящены работы многих исследователей, среди них А.Н. Адамович, И.Т. Айтматов, А.А. Барях, И.В. Баклашов, Н.С. Булычёв, Ю.В. Бурков, П.П. Гальченко, П.П. Гончарук, Е.Г. Дуда, П.Н. Должиков, Е.Б. Дружко, В.А. Жеребцов, Ю.З. Заславский, Е.П. Калмыков, Б.А. Картозия, Э.Я. Кипко, Г.И. Комаров, Б.А. Корецкий, В.Н. Кочетков, Б.И. Кравцов, Ю.Н. Куликов, В.А. Лагунов, Н.Т. Лога-

чёв, О.Ю. Лушникова, А.П. Максимов, Г.И. Маньковский, В.И. Митраков, И.Д. Насонов, В.М. Пампура, В.В. Першин, Б.Д. Половов, Н.М. Поляков, Ю.А. Полозов, Л.П. Понасеико, С.М. Простов, М.А. Саламатов, Ю.Н. Спичак, П.С. Сыркин, А.В. Угляница, В.А. Хямяляйнен, М.Н. Шуплик и многие другие.

Из анализа вышеприведённых работ следует, что применение традиционной схемы дренирования и водоотлива подземных вод при консервации или ликвидации угольной шахты приводит к значительному развитию депрессионной воронки и большому водопротокам, что, в свою очередь, требует значительных затрат на водоотлив. В связи с этим целесообразно рассмотреть вопрос организации регулируемого дренирования (водоспуска) подземных вод путём возведения водоупорных перемычек в сопряжениях вертикального ствола с горизонтальными выработками, возведения вокруг перемычек и по длине ствола противодиффузионной тампонажной завесы и сооружения дренажных и водоспускных скважин, соединяющих ствол с заполненными водой горизонтальными и наклонными выработками. При этом использование существующих рекомендаций по технологии тампонажа и оценке водоперетоков не представляется возможным ввиду особенной геометрии фильтрации тампонажного раствора и воды в районе сопряжения ствола с горизонтальной выработкой.

Во второй главе приведено обоснование параметров технологии тампонажа горных пород и дренирования подземных вод в сопряжениях вертикального ствола с горизонтальными выработками. При этом приведены разработанная принципиальная технологическая схема изоляции выработок от затопления, рекомендации по выбору параметров технологии тампонажа и результаты оценки величины водоперетока через массив горных пород вокруг водоупорной перемычки в сопряжении ствола до и после тампонажа.

Предлагаемая комбинированная технологическая схема (рис. 1) включает в себя создание противодиффузионной тампонажной завесы вокруг ствола по его длине, возведение в сопряжениях ствола с действующими горизонтами предохранительных водоупорных перемычек с предварительной инъекционной подготовкой массива горных пород, устройство дренажных (водоспускных) скважин из ствола до пересечения с вышерасположенными затопленными выработками. При этом водоспускные скважины позволяют регулировать размеры депрессионной воронки, напор подземных вод и приток воды в водосборник. Это в свою очередь позволяет регулировать систему водоотлива. Причём появляется возможность регулирования водоотлива в экстремальных ситуациях (например, во время паводка).

Основными параметрами технологии тампонажа являются давление нагнетания раствора, его расход в скважину, радиус распространения, время нагнетания, плотность заполнения трещин и пустот тампонажным камнем. За основу при численных расчётах взята модель нестационарной фильтрации тампонажного раствора в неоднородных средах, разработанная в КузГТУ В.А. Хямяляйненым. Численные расчеты выполнены с использованием компьютерной программы, разработанной в КузГТУ совместно с В.М. Пампурой. При этом в процессе исследований особое внимание уделялось процессам тампонажа в местах сопряжения вертикальной и горизонтальной выработок.

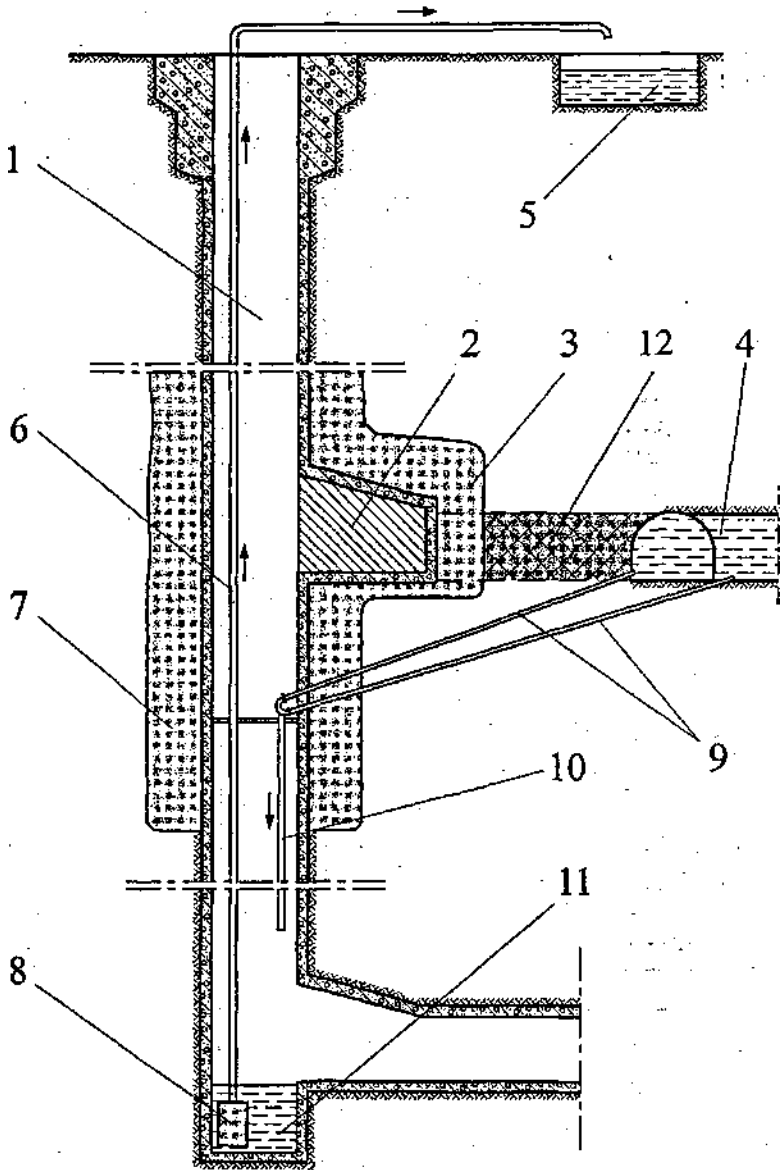


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема изоляции выработок горизонта от затопления:

1 — вертикальный ствол; 2 - перемычка в сопряжении вертикального ствола с горизонтом; 3 - противофильтрационная тампонажная завеса вокруг тела перемычки; 4 - изолируемый горизонт; 5 - отстойник; 6 - став труб водоотлива на поверхность; 7 - противофильтрационная тампонажная завеса вокруг ствола; 8 - погружной насос; 9 - водоспускные скважины; 10 — водоспускная труба; 11 - водосборник; 12 - нарушенный предохранительный целик

В соответствии с представлениями классической гидродинамики основная задача о течении тампонажного раствора от скважины сведена к определению распределения давления из следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[rF \frac{\partial P}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[F \frac{\partial P}{\partial z} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left[F \frac{\partial P}{\partial \varphi} \right] = \frac{m_0 \cdot \beta}{1 + \beta P (m_0 / m)} \frac{\partial P}{\partial t}, \quad (1)$$

где F - функция физического состояния системы «тампонажный раствор - массив горных пород», впервые введенная Хямяляйненным В.А., характеризующая изменение коэффициента проницаемости раствора в процессе тампонажа, $\text{м}^2/\text{Па}\cdot\text{с}$; P - давление, Па; m_0 - коэффициент трещинной пустотности естественного массива; m - коэффициент трещинной пустотности массива в процессе тампонажа; p - комплексный параметр трещиноватости, Па^{-1} , равный $\beta = \beta^* / m$ (β^* - коэффициент объемного сжатия горных пород, Па^{-1}); t - время, с; r, z, φ - цилиндрические координаты.

Наиболее характерные результаты по оценке радиуса распространения раствора и давления на скважине при изменении раскрытия трещин от 0,5 до 5 мм приведены на рис. 2.

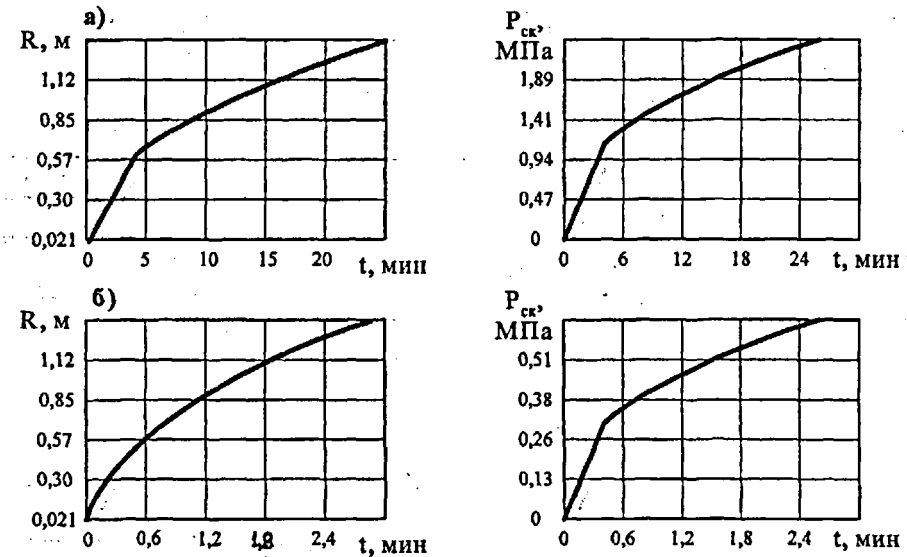


Рис. 2. Графики зависимости радиуса распространения раствора R и давления на скважине $P_{ск}$ от времени нагнетания t при раскрытии трещин 0,0005 м (а) и 0,005 м (б)

При оценке величины водоперетока через массив горных пород вокруг водоупорной перемычки в основу математической фильтрационной модели положены ранее разработанные автором совместно с КузГТУ фильтрационные модели перетока воды через перемычку, установленную в протяжённой горизонтальной выработке, и притока воды в выработку через тампонажно - дренажную завесу.

В соответствии с предложенной технологической схемой изоляции выработки от затопления разработана комбинированная расчётная фильтрационная модель, позволяющая оценить приток воды в ствол через массив вокруг перемычки и по длине ствола. Численное решение поставленной задачи сведено к суперпозиции решений двух вышеотмеченных задач. В отличие от ранее рассмотренной задачи учтено переменное сечение перемычки по длине выработки.

Оценка величины водоперетока через массив горных пород непосредственно вокруг перемычки сводится к двумерной краевой задаче по определению давления воды P в области фильтрации из следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[rk(r) \frac{\partial P}{\partial r} \right] + k(r) \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = 0, \quad (2)$$

где $k(r)$ - распределение коэффициента проницаемости в различных областях фильтрации, x, z - цилиндрические координаты, м.

Внешние граничные условия представляют собой задание давления воды. На внутренних границах областей с различной проницаемостью задаётся равенство давлений и их градиентов, то есть скоростей. На границах перемычки задаётся условие неперетекания жидкости.

В соответствии с ранее построенной моделью фильтрации воды через тампонажно - дренажную завесу задача по оценке перетока воды сведена к решению двух плоских задач. Оценка притока воды в ствол через тампонажную завесу между соседними дренажными шпурами сведена к решению следующего дифференциального уравнения для давления:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[rk(r) \frac{\partial P}{\partial r} \right] + \frac{k(r)}{r^2} \frac{\partial^2 P}{\partial \varphi^2} = 0, \quad (3)$$

где r, φ - полярные координаты в поперечном сечении ствола.

Задача по определению притока через дренажные шпуры сведена к решению дифференциального уравнения, аналогичного (2).

Численный расчёт выполнен на ПК по программам КузГТУ для условий сопряжения осевого вентиляционного ствола ш. «Байдаевская».

На рис. 3 в виде графиков приведены результаты оценки величины перетока воды в обход перемычки до тампонажа (рис. 3, а) и после тампонажа (рис. 3, б, в, г).

Анализ результатов численного счёта показывает, что на величину перетока воды через массив вокруг перемычки наличие тампонажной завесы не

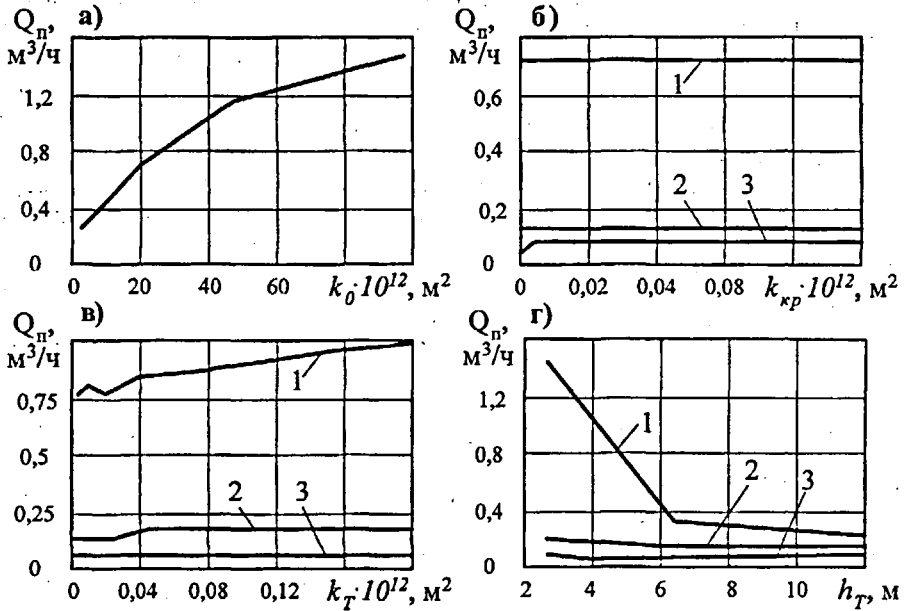


Рис.3. Графики зависимости величины перетока воды вокруг перемычки Q_n до тампонажа от коэффициента проницаемости на контуре выработки k_0 (а) и после тампонажа от коэффициента проницаемости крепи и закрепной оболочки $k_{кр}$ (б), коэффициента проницаемости тампонажной завесы $k_т$ (в) и толщины завесы $h_т$ (г): 1 - $k_0 = 100 \cdot 10^{12} M^2$; 2 - $k_0 = 10 \cdot 10^{12} M^2$; 3 - $k_0 = 1 \cdot 10^{12} M^2$

оказывает существенного влияния вследствие клиновидности перемычки и возможности перетока воды через нарушенный в сопряжении массив за пределами зоны тампонажа (рис. 3, а, в). Проницаемость закрепной оболочки (крепи) вокруг перемычки не влияет на величину перетока (рис. 3, б). Уменьшение влияния толщины тампонажной завесы наблюдается начиная с расстояния 7 м от поверхности перемычки (рис. 3, г).

В главе 3 приведены обоснование и результаты разработки технологии возведения водоупорных перемычек с инъекционной подготовкой массива горных пород в условиях сопряжения вертикального ствола с горизонтом.

Обоснование и разработка технологии осуществлены с учётом результатов моделирования течения тампонажных растворов и воды в массиве горных пород, приведённых в главе 2. Технологические схемы разработаны для широкого круга горно-техпических и горпо-геологических условий сооружая вертикальных стволов угольных шахт. Численные значения параметров технологии и конкретизация отдельных моментов получены для условий сопряжении осевого вентиляционного ствола ГП «Шахта «Байдавская» с гор. -100,0 м (пласт 30) и гор. -183,95 м (пласт 29а).

По аналогии с технологией возведения водоупорных перемычек в протяжённых выработках перемычка сооружается последовательно четырьмя заходами. В отличие от известной технологии сцепление перемычки с массивом горных пород усиливается железобетонными анкерами, а тело перемычки - продольной арматурой. В первом и последнем рядах по длине перемычки к железобетонным анкерам монтируют металлическую сетку.

Схема расположения железобетонных анкеров и кондукторов для нагнетания раствора показана на рис. 4, конструкция и расположение арматуры, металлической сетки - на рис. 5.

В главе 4 приведены обоснование и разработка технологии дренирования подземных вод в вертикальный ствол через водоспускные скважины. Разработаны рекомендации по бурению и оборудованию скважин, цементации их стволов. Выполнен расчёт параметров дренажа подземных вод через водоспускные скважины и тампонажную завесу как по длине ствола, так и вокруг водоупорных перемычек. Разработаны схемы водоотлива в главный водосборник и непосредственно на очистные сооружения на поверхности. Произведён расчёт производительности насосов. Все рекомендации по технологии цементирования пород вокруг скважины и дренированию подземных вод осуществляются на основе результатов моделирования течения тампонажных растворов и фильтрации воды, приведённых в главе 2, с учётом обоснования и разработок технологических решений главы 3.

Для осевого вентиляционного ствола ш. «Байдаевская» предусмотрено сооружение семи водоспускных скважин при бурении их с двух рабочих полков. Схемы расположения водоспускных скважин приведены на рис. 6 и 7, а максимальные расчётные дебиты водоспускных скважин - в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные дебиты водоспускных скважин

| № скважины | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Итого |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Дебит, м ³ /ч | 225,0 | 296,0 | 252,0 | 229,0 | 170,0 | 171,0 | 193,0 | 1536,0 |

Результаты натуральных замеров водопритоков приведены в табл. 2.

Сравнение данных табл. 1 и табл. 2 показывает, что предложенная технология дренирования через водоспускные скважины вполне обеспечивает сбор всей поступающей воды на ш. «Байдаевская».

Конструкция водоспускной скважины включает в себя ствол скважины с установленной в нём трубой - кондуктором и закрепляющими её металлическими анкерами, тройник, задвижку, запорные вентили, манометр, отводящие и подводящие напорные шланги. Глубина заделки трубы - кондуктора, рассчитанная по условию среза цементного камня между трубой и породой, составляет 2,67 м. Диаметр анкерного болта для крепления трубы - кондуктора - 20 мм. Нагрузка на буровой станок при внезапном прорыве подземных вод при диаметре скважины 76 мм составляет 6450 Н. Отсюда следует целесообразность

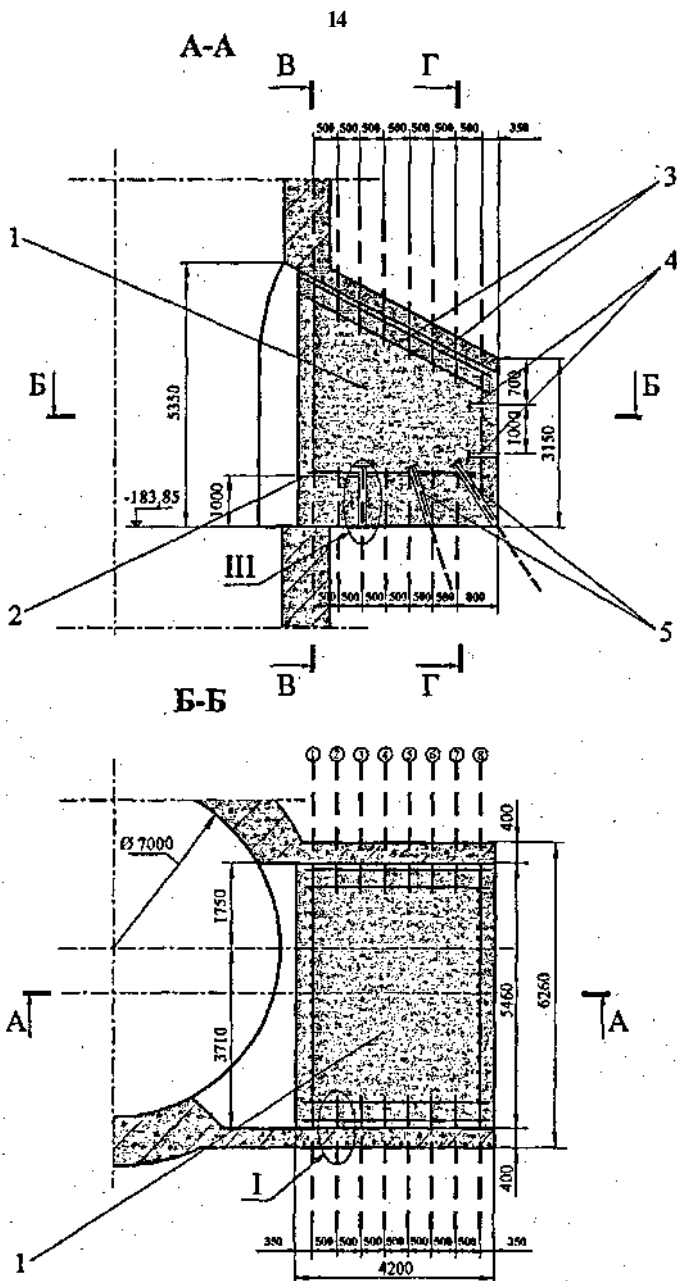
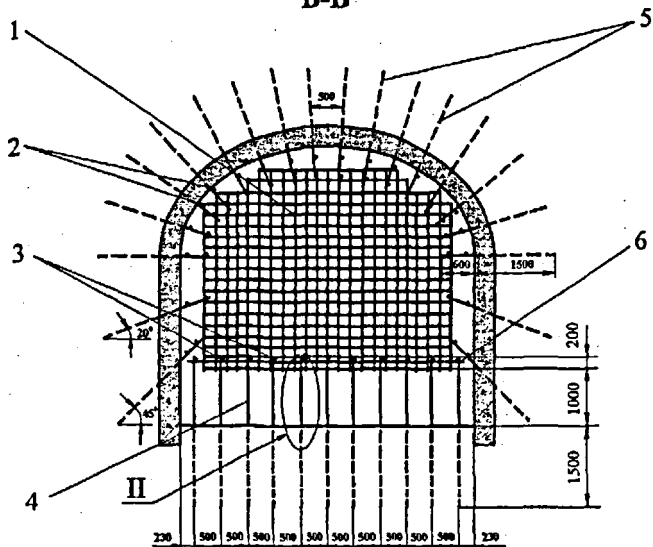


Рис. 4. Схема расположения арматуры, железобетонных анкеров и кондукторов:
 1 - бетонная перемычка; 2 - граница бетонной подушки; 3 - продольная арматура 0 16 мм, длиной 4,2 м; 4 - труба кондукторная 0 48 мм, длиной 0,7 м, 3 шт.; 5 - труба кондукторная 0 146 мм, длиной 1,2 м, 17 шт.

В-В



Г-Г

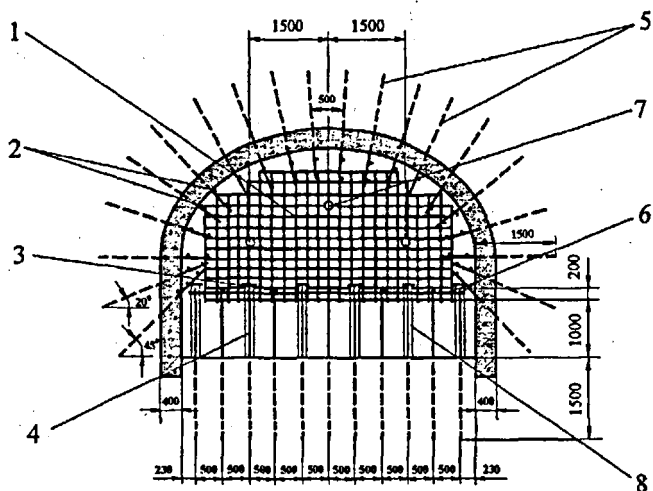


Рис. 5. Схема расположения арматуры кондукторных труб и металлической сетки в сечениях сопряжения ствола рис 4:

1 — металлическая сетка № 20; 2 - продольная арматура 0 16, длиной 4,2 м; 3 - продольная арматура 0 16, длиной 3,85 м; 4 - железобетонный анкер длиной 2,7 м; 5 - железобетонный анкер длиной 2,1 м; 6 - поперечная арматура 0 16, длиной 5,2 м; 7 - труба кондукторная 0 48 мм, длиной 0,7 м, 3 шт.; 8 - труба кондукторная 0 146 мм, длиной 1,2 м, 17 шт.

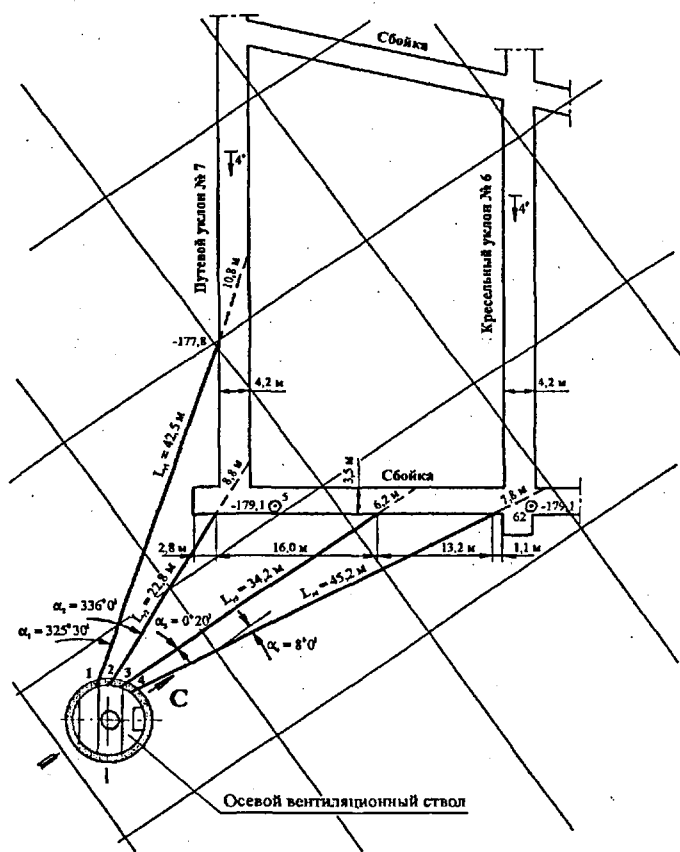


Рис. 6. Схема расположения водоспускных скважин при бурении с рабочего пола № 1

Результаты натуральных замеров водопритоков на ГП «Шахта Байдаевская»

| Месяц года | Измеренная величина водопритока (м ³ /ч) по годам | | |
|------------|--|---------|---------|
| | 2000 г. | 2001 г. | 2002 г. |
| Январь | 378 | 316 | 347 |
| Февраль | 376 | 317 | 316 |
| Март | 416 | 331 | 356 |
| Апрель | 455 | 484 | 447 |
| Май | 488 | 526 | 390 |
| Июнь | 350 | 526 | 356 |
| Июль | 339 | 481 | 353 |
| Август | 367 | 453 | 344 |
| Сентябрь | 452 | 456 | 379 |
| Октябрь | 455 | 388 | 346 |
| Ноябрь | 403 | 386 | 317 |
| Декабрь | 348 | 366 | 333 |

бурения станком СБГ-1м, усилие подачи которого составляет 645 кН. Усреднённая интенсивность искривления водоспускных скважин в борт выработки составляет 0,1489 град/м; в почву - 0,0939 град/м. Для уменьшения искривления скважин следует, по возможности, бурить перпендикулярно наплавлению пород, с небольшими осевыми нагрузками на буровой инструмент. Для предотвращения вероятного гидроудара на буровой станок в момент выбуривания в затопленную выработку целесообразно использовать разработанное запорное устройство (превентор), состоящее из кондукторной тубы, задвижки, переходника и шарового крана. Цементацию пород вокруг ствола водоспускной скважины в случае значительной трещиноватости и невозможности её сохранения осуществляют в соответствии с рекомендациями разделов 2 и 3. В отличие от обычного тампонажа после окончания нагнетания производят бурение по не схватившемуся тампонажному раствору. Максимальные дебиты водоспускных скважин составляют от 170 до 296 м³/ч, а средняя их пропускная способность изменяется от 88 до 145 м³/ч. Время спуска воды из затопленных выработок составляет 19,7 суток. Максимальный дебит составляет 1536 м³/ч, а суммарная средняя пропускная способность всех скважин - 770 м³/ч. Для условий ш. «Байдаевская» откачку воды с гор. -300,0 м в главный водосборник гор. +110,0 м следует осуществлять центробежными насосами ЦНС 300х480, а на очистные сооружения - насосами ЦНС 180х900. Время перепуска воды в период нормального водопритока составляет 30,3 суток, а в период максимального водопритока - 32,4 суток.

В пятой главе приведены результаты опытно - промышленной проверки и технико - экономическая эффективность использования разработанной технологии на ш. «Байдаевская». Регулируемый перепуск воды через водоспускные скважины позволяет исключить строительство нового водосборника увеличенного объёма, что позволяет сэкономить 59,1 млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно - квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения по обоснованию параметров и разработке способов изоляции от затопления выработок на основе инъекционного упрочнения массива горных пород и регулируемого дренажа, обеспечивающие решение важных прикладных задач в геотехнологии при консервации угольных шахт.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации сводятся к следующему.

1. Часто неперспективные и нерентабельные шахты, часть из которых работает на одних пластах с действующими, и их шахтные поля находятся в непосредственной близости друг от друга, подрабатывают одна другую. Их консервация и закрытие связаны с подтоплением и возможностью прорыва воды в действующие шахты. При этом регулируемое дрепирование подземных вод в вертикальную выработку требует возведения водоупорных перемычек в сопряжениях ствола с горизонтами. При этом существующие рекомендации и технология возведения водоупорных перемычек с тампонажем массива горных пород в протяжённых выработках не могут быть здесь использованы по причине выхода перемычки в ствол и её неудобной «обратной» клиновидности.

2. На участках сопряжения стволов в пределах изменения раскрытия трещин от 0,0005 до 0,005 м качественный тампоаж растворами на основе цемента обеспечивается на первой стадии нагнетания при постоянном расходе и переменном (увеличивающемся) давлении на нагнетательной скважипе. При этом время нагнетания для обеспечения требуемого радиуса цементации уменьшается с 25 до 3 мин, а максимальное давление на скважине - с 2,4 до 0,6 МПа.

3. Наличие тампонажного слоя вокруг вертикальной выработки оказывает значительное влияние на величину водопритока в ствол. Величина водопритока уменьшается минимум в восемь раз, а при коэффициенте проницаемости завесы $k_T \ll 0,01 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ стремится к нулю. Наиболее сильное влияние толщины зоны тампонажа наблюдается при её увеличении до 1,5-2,0 м. Дренажный слой без дренажных шпуров не оказывает значительного влияния на величину водопритока в ствол.

4. Величина водоперетока через массив вокруг перемычки на два порядка меньше величины притока воды в ствол по его длине за счёт клиновидности перемычки и её непосредственного выхода в ствол. При переходе границ тампоажного слоя с увеличением длины шпуров в дренажном слое происходит увеличение водопритока в пять раз.

5. В отличие от перемычек в протяжённых горизонтальных выработках в рассматриваемых сопряжениях нет острой необходимости тампонирования массива вокруг перемычки с целью уменьшения или исключения водоперетока. Большую актуальность здесь приобретает инъекционная подготовка как средство укрепления массива. Особое значение имеет также установка анкеров, повышающих устойчивость перемычки противодавлению напорных подземных

вод в связи с «обратной» клиновидностью перемычки в сопряжении с вертикальной выработкой.

6. Принципиальная технологическая схема инъекционной подготовки массива горных пород на участке сопряжения вертикального ствола с горизонтом включает в себя возведение противofильтрационной тампонажной завесы вокруг ствола и клиновидной перемычки, инъекционное упрочнение тела перемычки в процессе её возведения, инъекционное укрепление кондукторов и анкеров для повышения устойчивости при действии напорных вод со стороны горизонтальной выработки, устройство дренажного слоя и дренажных скважин на участке тампонажа вокруг ствола для уменьшения напора подземных вод на тампонажную завесу и крепь выработки.

7. Учитывая клиновидность перемычки в сопряжении и направление давления подземных вод, её сцепление с массивом горных пород осуществляется с помощью железобетонных анкеров с запуском в массив более 1,5 м и в тело перемычки не менее 0,6 м, которые соединяются с продольным металлическим арматурным каркасом. Шаг установки железобетонных анкеров - 0,5 м. В сечении первого и последнего рядов анкеров перпендикулярно оси перемычки устанавливают металлические сетки.

8. Возведение водоупорной перемычки осуществляют четырьмя заходками. На первой заходке устанавливают железобетонные анкера, продольную арматуру, поперечную сетку и бетонную подушку в подошве выработки. На второй заходке укладывают бетон до половины высоты выработки. На третьей заходке заполняют бетоном половину оставшегося сечения выработки. На четвёртой заходке навешивают сетку со стороны ствола и бетонируют оставшуюся часть выработки. На всех заходках производят инъекцию цементным молоком контакта тела перемычки с массивом горных пород и крепью, а также границ частей перемычки между заходками.

9. Регулируемый перепуск воды в ствол с дебитом до 1536 м³/ч обеспечивается семью водоспускными скважинами, оборудованными кондукторными трубами и запорной арматурой, закреплёнными металлическими анкерами. При этом глубина заделки трубы - кондуктора, рассчитанная по условию среза цементного камня между трубой и породой, составляет 2,2 - 3,0 м. Диаметр анкерного болта для крепления трубы - кондуктора - 20 мм. Нагрузка на буровой станок при внезапном прорыве подземных вод при диаметре скважины 16 мм может достигнуть 6450 Н. Отсюда следует целесообразность бурения станком СБГ-1м, усилие подачи которого составляет 645 кН.

Рекомендации по выбору параметров инъекционной подготовки массива горных пород и технология изоляции от затопления выработок, основанная на возведении водоупорных перемычек в сопряжениях вертикального ствола и перепуска воды через водоспускные скважины, реализованы в трёх отраслевых нормативных документах и проектах института «Кузниишахтострой» на ш. «Байдаевская». Экономический эффект за счёт исключения необходимости возведения дополнительного водосборника и уменьшения стоимости водоотлива составляет (в ценах 2002 г.) 59,1 млн руб.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах.

1. Хямяляйнен В.А. Возведение противодиффузионных завес вокруг водоупорных перемычек / В.А. Хямяляйнен, Г.С. Франкевич, Ю.В. Бурков, В.А. Жеребцов, Л.П. Понасенко, И.Л. Поддубный // РАЕН, КузГТУ. - Кемерово, 2000. - 119с.
2. Хямяляйнен В.А. Численная модель фильтрации воды вокруг водоупорных перемычек капитальных выработок / В.А. Хямяляйнен, В.А. Жеребцов, В.М. Пампура, И.А. Поддубный // Строительство шахт и подземных сооружений. Материалы Российско - Китайского симпозиума. - Кемерово, 2000. - С. 51 - 53.
3. Хямяляйнен В.А. Фильтрационная модель тампонажно - дренажной завесы вокруг выработки / В.А. Хямяляйнен, С.Л. Понасенко, В.М. Пампура, И.А. Поддубный // Вестник КузГТУ. - 2002. - №2. - С.57-61.
4. Хямяляйнен В.А. Экспериментальное обоснование повышения эффективности дренирования через тампонажно-дренажные завесы путем гидроразрыва горных пород / В.А. Хямяляйнен, С.Л. Понасенко, И.А. Поддубный // Вестник КузГТУ.-2002.-№ 2. - С.52-56.
5. Хямяляйнен В.А. О возведении тампонажно - дренажных завес в выработках дренажных и угольных шахт / В.А. Хямяляйнен, С.Л. Понасенко, И.А. Поддубный // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов: - Сб. научных статей международной научно - практической конференции. Сиб ГИУ. - Новокузнецк, 2002. - С. 112 - 115.
6. Хямяляйнен В.А. Возведение тампонажно-дренажных завес / В.А. Хямяляйнен, С.Л. Понасенко, И.А. Поддубный, Ю.В. Бурков, Г.С. Франкевич, Л.П. Понасенко, В.А. Жеребцов // РАЕН, КузГТУ. - Кемерово, 2003. - 138 с.
7. Поддубный И.А. Обоснование технологии изоляции горных выработок угольных шахт от затопления.. Вестник КузГТУ. - 2003. - №5. - С. 49-54.

Подписано в печать 17.03.04.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.
Печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ **194**
ГУ КузГТУ, 650026, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Типография ГУ КузГТУ, 650099, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А.

№ - 6 49 5