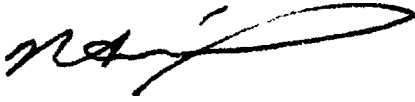


На правах рукописи



ЮРЧЕНКО Василий Алексеевич

**РАЗРАБОТКА АНКЕРНОЙ КРЕПИ НА ОСНОВЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАКРЕПИТЕЛЕЙ**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск 2004 г.

Работа выполнена в Институте горного дела Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель: - доктор технических наук
КЛИШИИ Владимир Иванович

Официальные оппоненты: - доктор технических наук
УСКОВ Владимир Александрович

доктор технических наук
ТАЦИЕНКО Виктор Прокопьевич

Ведущая организация: - Институт угля и углехимии СО РАН
(г. Кемерово)

Защита диссертации состоится 25 июня 2004 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 003.019.01 при Институте горного дела Сибирского отделения Российской академии наук (630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 54).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГД СО РАН.

Автореферат разослан " 21 " мая 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



А.И. Федулов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. При подземной разработке полезных ископаемых анкерные крепи являются экономически выгодными для крепления подготовительных горных выработок различного технологического назначения как самостоятельно, так и в сочетании с рамными крепями. Применение такого вида крепления позволяет не только снизить затраты, но и значительно увеличить темпы проведения горных выработок. По сравнению с рамными конструкциями крепей, анкерные крепи имеют ряд преимуществ: повышают безопасность ведения горных работ; обладают возможностью полной механизации процесса крепления; требуют меньшего расхода крепежных материалов и меньших затрат на их доставку; позволяют уменьшить сечение горной выработки и ее аэродинамическое сопротивление.

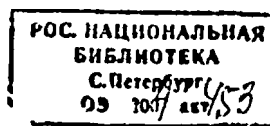
Основными элементами анкерной крепи являются анкер (стержень) и закрепляющее его устройство или материал. До 80-х годов прошлого столетия наибольшее распространение в нашей стране получили анкерные крепи с закреплением анкеров в забойной части шпура с помощью различных механических замков (точечное закрепление). С появлением удобных в эксплуатации химических составов на основе быстротвердеющих синтетических смол и минеральных закрепителей, позволяющих обеспечить закрепление анкера по всей длине или значительной его части (сплошное закрепление), наибольшее распространение из них получили сталеполимерные анкеры.

В условиях Кузбасса анкерная крепь в большинстве своем используется для крепления подготовительных выработок, срок службы которых колеблется в широких пределах - от нескольких месяцев до 20 и более лет. Однако вопросы длительного нагружения подобных конструкций и реологических свойств материалов не исследовались. Кроме того, закрепление сталеполимерных анкеров в обводненных скважинах затруднено, а значительное повышение температуры в выработке приводит к снижению прочности закрепляющей втулки анкера и аварийной ситуации в выработке. Опасны также токсичные вещества, выделяющиеся при химической реакции в момент закрепления анкеров и в процессе их эксплуатации.

Этим объясняется интенсивный поиск материалов закрепителя, в том числе на минеральной основе, и новых конструкций анкерного стержня позволяющих избежать указанных недостатков. Поэтому, диссертационная работа, направленная на обоснование параметров и разработку анкерной крепи, использующей в качестве закрепляющих материалов новые расширяющиеся быстротвердеющие цементные составы является актуальной и своевременной научной задачей, решение которой позволяет улучшить условия труда и снизить затраты на крепление и поддержание выработок в работоспособном состоянии.

Целью работы является разработка, и обоснование параметров анкерной крепи на основе минеральных закрепителей.

Идея работы заключается в использовании экологически безопасного способа анкерного крепления на базе минеральных закрепителей с расширяющимися цементами.



Задачи исследований:

- изучить изменения физико-механических свойств минеральных смесей и обосновать их состав, обеспечивающие необходимую несущую способность анкерной крепи;
- разработать новые конструкции несущих стержней;
- исследовать в лабораторных и шахтных условиях закономерности изменения силовых параметров анкерной крепи;
- разработать нормативные документы по применению анкерной крепи на минеральном закрепителе для горнодобывающих предприятий.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались анализ и обобщение результатов предыдущих исследований и практического применения анкерного крепления, экспериментальные испытания в лабораторных и шахтных условиях новых типов анкеров с минеральными закрепителями.

Научные положения, защищаемые автором.

1. Закрепление анкера в шпуре достигается применением закрепителя анкеров минерального патронированного (ЗАМП), изготовленного на основе расширяющейся смеси глиноземистого шлака, портландцемента, гипса и активатора твердения в виде кальцинированной соды, полученной совместным помоллом до конечной удельной поверхности 5300-5600 см²/г;

2. Минимальное время установки анкера обеспечивается использованием арматурного анкерного стержня с заострением в виде 4-х угольной пирамиды с углом при вершине - 30°, разрушающего при поступательном движении и вращении нетканую оболочку ЗАМП;

3. Несущей способности анкера определяется временем предварительного затворения ЗАМП в воде, которая после его выдержки в шпуре 20 мин составляет 40-50 кН при смещениях 4,5-7,0 мм, и после 40 мин - 80-100 кН при смещении до 10 мм.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации обоснована: достаточным объемом экспериментальных данных при исследовании физико-химических свойств минеральных смесей (360 опытов); стендовыми испытаниями анкерной крепи в условиях нагружения, соответствующих реальным; натурными исследованиями несущей способности анкеров на минеральных закрепителях в шахтных условиях.

Личный вклад автора состоит в научном обобщении средств анкерного крепления; экспериментальных исследованиях новых составов минерального закрепителя; обосновании и разработке конструкции анкерного силового элемента; разработке методик и проведении стендовых и натуральных экспериментов при исследовании силовых и деформационных параметров анкерного крепления; обработке и интерпретации полученных данных.

Научная новизна:

- для условий длительной эксплуатации горных выработок обоснована анкерная крепь на основе использования в качестве материала минеральных закрепителей, состоящих из расширяющегося портландцемента, глиноземного шлака, гипса и активатора твердения для закрепления анкера в шпуре;

- разработана анкерная крепь, позволяющая обеспечить закрепление стержня минеральной смесью в скважине с минимальным временем установки;
- определена несущая способность анкера и установлено время затворения ЗАМП в воде, влияющее на прочность закрепления анкера в шпуре.

Практическое значение работы. Результаты исследований позволяют обеспечить повышение надежности функционирования шахт и рудников, улучшение условий труда и снижение затрат на крепление и поддержание выработок в работоспособном состоянии. Выявлены и разработаны новые типы минеральных закрепителей и анкерных крепей.

Внедрение результатов и рекомендаций работы.

Научные результаты положены в основу нормативных документов: Технические условия на анкерные крепления АСМ-1 (ТУ 3142-001-47210319-2001) и АСМ-2 (ТУ 3142-002-47210319-2001) и закрепитель анкеров минеральный патронированный (ТУ 5738-02-00284635-2001). Разработаны новые типы анкеров с минеральными закрепителями, которые защищены авторскими свидетельствами и по результатам эксплуатационных испытаний в шахте рекомендованы межведомственной комиссией для применения на предприятиях угольной и горнорудной промышленности. В ЗАО «СибТрансУголь» создано производство по выпуску крепей типа АСМ и минерального патронированного закрепителя анкеров.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на технических советах в ЗАО «СибТрансУголь», ЗАО «Междуреченскуголь» (2000 - 2003 гг); Международных конференциях «Динамика и прочность горных машин» (Новосибирск, 2001, 2003 гг.), «Неделя горняка» (Москва, 2003, 2004 гг).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах, включая 5 патентов РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 135 страницах машинописного текста, содержит 24 рисунка, 26 таблиц, список литературы из 92 наименований работ отечественных и зарубежных авторов и приложений.

Автор выражает глубокую признательность сотрудникам лаборатории подземной разработки угольных месторождений ИГД СО РАН и ЗАО «СибТрансУголь» за оказанную помощь и содействие при выполнении работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель работы, перечислены основные результаты, выносимые на защиту, и описана структура диссертации.

Первая глава содержит анализ применения анкерного крепления горных выработок на угольных шахтах. Широкое промышленное применение анкерной крепи на шахтах Кузбасса началось в 70-х годах прошлого столетия после организации крупномасштабного производства металлических замковых анкеров распорного типа ШК-1м, АК-8у и АКМ. На протяжении 20-ти лет такими анкерами ежегодно крепили свыше 200÷300 км пластовых выработок с небольшой

площадь сечения и малым сроком службы. По мере увеличения ширины выработок до **4÷4,5** м и увеличения глубины горных работ до **300÷400** м объемы анкерного крепления стали неуклонно сокращаться из-за снижения устойчивости выработок и непредсказуемого режима работы металлических замковых анкеров в относительно слабых породах. По этой причине к концу 80-х гг. полностью прекратилась практика их применения в качестве основного средства крепления выработок.

В мировой горной практике широкое распространение получили сталеполимерные анкеры с ампулами на основе полиэфирных смол, которые обеспечивают устойчивое состояние выработок большого поперечного сечения, проводимых на глубине свыше 600 м от поверхности. Учитывая положительный опыт их применения, в Кузбассе созданы совместные с иностранными фирмами предприятия ООО «Фозрок-ТПС» и ЗАО «Карбо-ЦАКК» по производству отечественных ампул типа АП-1 и АКЦ-1 из местного сырья и импортных материалов, что послужило основой для дальнейшего развития анкерного крепления на шахтах бассейна. В настоящее время доля выработок закрепленных сталеполимерной анкерной крепью на отдельных шахтах составляет 60-98% от общей протяженности проводимых по пластам различной мощности выработок, включая наклонные стволы, уклоны, монтажные камеры, конвейерные и вентиляционные штреки шириной **5,5÷9,5** м.

Большой вклад в решение проблемы разработки анкерного крепления внесли В.Е.Ануфриев, А.А.Борисов, Р.П.Журавлев, А.А.Крамджян, Л.М.Коновалов, В.Г.Лаврик, В.Н.Рева, М.А.Розенбаум, С.Б.Стажевский, В.П.Тациенко, Н.И.Мельников, В.А.Усков, А.П.Широков и др.

Накопленный опыт показал, что сталеполимерные анкеры более надежны в эксплуатации и технологичны в установке, обладают высокой несущей способностью, но имеют ограниченный срок службы и высокую стоимость. Кроме того, полимерные ампулы пожароопасны и токсичны, что требует выполнения специальных мер по обеспечению безопасных санитарно-гигиенических условий работы с ними. Термостойкость закрепляющей втулки не превышает 300 - 350°С.

Отмеченные недостатки сталеполимерных анкеров стимулируют разработку новых типов анкерного крепления на основе неорганических вяжущих составов для закрепления анкеров в скважинах диаметром **28÷43** мм.

Во второй главе описаны результаты исследований свойств сырья для создания минерального закрепителя анкеров и представлены результаты проведенных лабораторных исследований. Большинство известных отечественных и зарубежных расширяющихся цементов предназначены для общестроительной практики изготовления растворов и бетонов, при которой растворная и бетонная композиции не должны быстро схватываться, т.к. требуется время для их транспортирования и укладки. Время начала схватывания таких цементов не менее **30÷45** мин. Для крепления же анкеров в угольных шахтах схватывание и твердение цемента должно проходить в более короткий промежуток времени, аналогичный достигнутому при применении сталеполимерных анкеров (не более **10÷30** мин). Из сказанного следует, что обычные цементные вяжущие не

могут быть применены для крепления анкеров при современных быстрых темпах проходки горных выработок.

В состав расширяющихся цементов входят портландцементы, как источники образования гидрата окиси калия $\text{Ca}(\text{OH})_2$, глиноземистые шлаки и химические активаторы твердения и расширения. Для регулирования реологических и других характеристик минеральных смесей в качестве добавок используются органические вещества (сульфато-спиртовая барда, карбамид, метил целлюлоза, ПАВ и др.). Основным и наиболее освоенным промышленным способом получения расширяющего компонента, содержащего алюминаты кальция, является получение глиноземистого клинкера либо методом спекания (Франция, Польша, Япония и др.), либо получения его в доменной печи при плавке чугуна из бокситов (Россия). Последний способ получения расширяющейся добавки самый низкий по себестоимости.

Исходя из территориальной близости расположения Пашийского металлургического-цементного завода (ПНЦЗ) на нем были отобраны пробы из различных мест шламового поля для изучения состава сырья. Химический анализ позволил установить, что взятые пробы в зависимости от места их отбора имеют различное содержание кремнезема (SiO_2) и извести (CaO) и по стандарту СТП 028-327-013-88 шлак соответствует сортам А, В и С.

Для экспериментальных работ по разработке рецептуры минеральных быстротвердеющих смесей были изучены и установлены химические составы природного гипса Залардинского и Ергачинского гипсовых рудников, а также цемента Тонкинского, Красноярского, Горнозаводского и Искитимского цементных заводов.

Для определения механической прочности и линейного расширения опытных составов, твердеющих минеральных смесей из цементного теста было испытано более двухсот образцов, из которых определены три состава (композиции № 1, 2, 3), имеющие наилучшие физико-механические показатели по скорости твердения, набору прочности и линейному расширению. Их отличие определяется сортом шлака, а общим является следующий базовый состав: портландцемент Красноярского цементного завода - 54%; глиноземистый шлак - 30%; гипс - 16%; кальцинированная сода - 1,5% (сверх 100%).

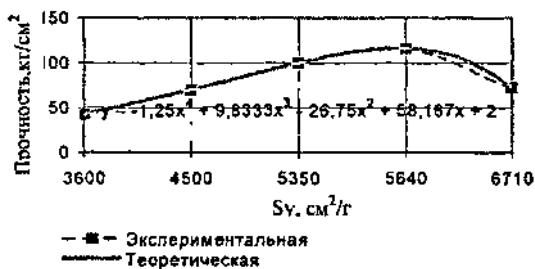


Рис.1. Зависимость прочности минеральной смеси на сжатие от тонкости помола

Перед испытаниями смеси измельчались и проводились исследования влияния тонкости помола на их прочностные характеристики (рис. 1). Оптимальной тонкостью помола минеральной смеси следует считать удельную поверхность в пределах $5300+5600 \text{ см}^2/\text{г}$. Такая смесь при 30-минутном твердении имеет прочность на сжатие $100 \text{ кг}/\text{см}^2$ и выше, а линейное расширение остается на достаточно высоком уровне ($1,7+1,8\%$). Минеральный закрепитель не токсичен, не пожароопасен и соответствует государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам; термостойкость минеральной смеси более 1000°C .

В третьей главе рассмотрены конструкции анкерных крепей, разработанных на минеральных закрепителях. Минеральные закрепители, упакованные в нетканую оболочку, получили название ЗАМП (закрепитель анкеров минеральный патронированный) (рис. 2). Упаковка по форме выполнена в виде цилиндра из водопроницаемого нетканого материала толщиной 0,4-0,5 мм, диаметром 23 мм и длиной 350 мм. Нетканая оболочка хорошо фильтрует воду при затворении патрона перед установкой в скважину.

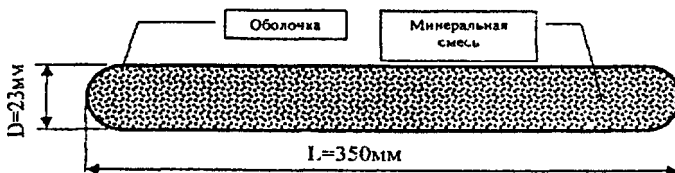


Рис. 2. Конструкция патронированного закрепителя

Оптимальное время предварительного замачивания патронов приведено в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость водосодержания ЗАМП от времени замачивания патронов

| Масса сухих патронов, г | Масса патронов в зависимости от времени замачивания, сск | | | Водонасыщение патронов, % | | |
|-------------------------|--|-----|-----|---------------------------|------|------|
| | 10 | 15 | 20 | 10 | 15 | 20 |
| 202 | 236 | 250 | 253 | 17,0 | 24,0 | 25,0 |
| 210 | 248 | – | 254 | 18,0 | – | 25,0 |
| 210 | 248 | – | – | 18,0 | – | – |

В результате выполненных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ были созданы, адаптированные к закрепителю ЗАМП, анкера АСМ-1 и АСМ-2 (рис. 3), устанавливаемые в скважины диаметром 28-30 мм, состоящие из стального стержня различных видов стандартной арматуры. Отличительной особенностью каждого из них являются узловые части наконечников. В первой конструкции (рис. 3а) грузонесущий стержень 1 выполнен с наконечником в виде 4° -угольной пирамиды с заостренным концом 2.

Усилие от кровли на стержень 1 передается через опорную шайбу 3, удерживаемой гайкой 4. Конструкция второго анкерного стержня отличается наличием опорного элемента 5 (рис. 3б), выполненного в виде винтового профиля.

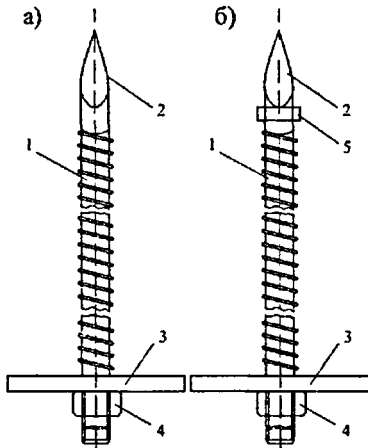


Рис.3 Анкеры: а-АСМ-1;б-АСМ-2

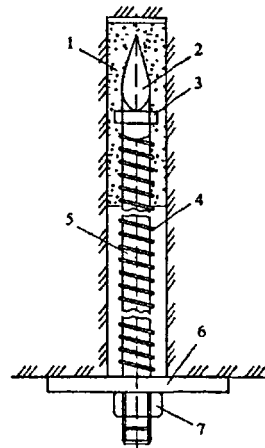


Рис. 4. Общий вид анкерной крепи

Технологией возведения сталеминеральных анкеров предусматривается затворение в воде и ввод в скважину требуемого количества патронов (рис. 4). Предполагается производить следующую последовательность: анкерный стержень осевой подачей проталкивает патронированный закрепитель в забойную часть скважины, а затем при совмещении осевой подачи и вращательного движения разрушают нетканую оболочку патрона, перемешивают состав смеси 1 гранями пирамиды 2, и лопастями шнека 3, а винтовая поверхность 4 стержня 5 перемещает состав смеси вдоль шпура. После начала твердения закрепителя на стержень 5 устанавливается опорная шайба 6, поджимаемая гайкой 7.

В четвертой главе изложены результаты стендовых испытаний силовых параметров анкерных крепей на минеральных закрепителях. Лабораторные испытания анкерной крепи на минеральных закрепителях проводились на стендовой установке в ИУУ СО РАН, общий вид которой показан на рис. 5. Силовой частью установки является пресс ИП-100, включающий корпус - цилиндр 1, плунжер с опорной плитой 2, две стойки 3, с жестко закрепленной на них траверсой 4. Дополнительно на фундаменте прессы укреплены четыре швеллера 5, которые в верхней части соединены с квадратной силовой рамой 6. В центре этой конструкции установлена трубочина 7, нижний торец которой опирается на плиту 2 прессы, а ее верхняя часть свободно проходит через раму 6. Рама удерживает трубочину от боковых смещений во время ее подъема. Внутри трубочины 7 подвешен на поперечной оси 8 разъемный корпус — имитатор буровой скважины 9 под анкер. Корпус — имитатор сделан разъемным, что позволяло после испытаний исследовать скважину в продольном «разрезе».

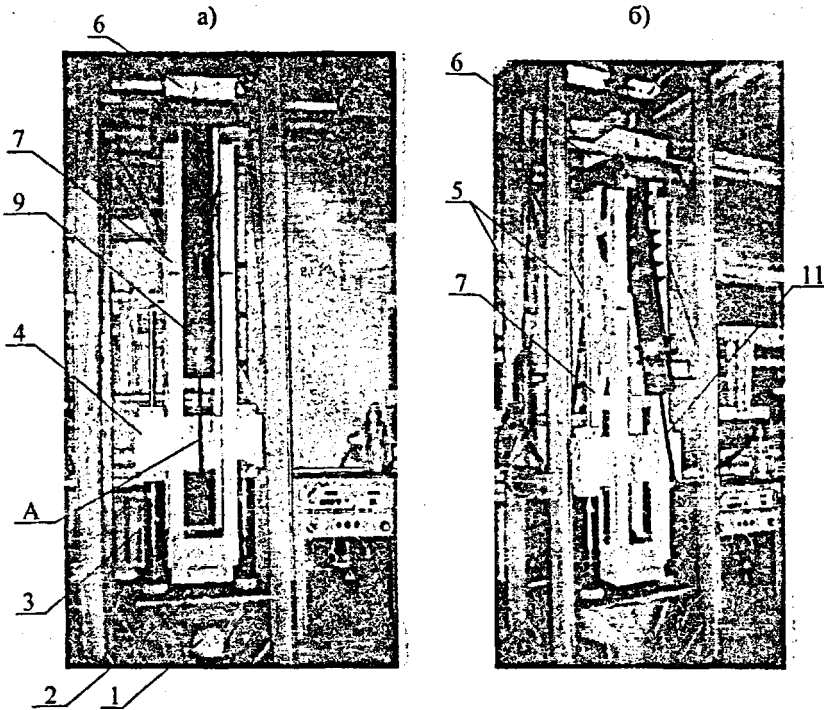


Рис. 5 Стенд для испытания анкерных крепей: а - положение перед нагружением; б - положение искусственной скважины при монтаже анкера в скважине

Испытания анкерной крепи производились в следующей последовательности. Подготовленный к испытаниям корпус-имитатор 9 поворотом вокруг оси 8 (рис. 5б) на $15-20^\circ$ выводится нижней частью из струбцины для доступа к отверстию скважины. После чего в скважину вставляли необходимое количество патронированной смеси и с помощью колонкового электропривода, одновременно вращая и делая осевую подачу, вводили в скважину стальной анкерный стержень 10. С установленным анкером корпус-имитатор 9 вновь поворотом на оси 8 возвращали в исходное положение, при этом концевая часть анкерного стержня входила в прорезь А траверсы 4 (рис. 5а). Затем на резьбовую часть анкера ставили шайбу и навинчивали гайку до упора шайбы в нижнюю часть траверсы. Силовое нагружение анкера производилось включением насосной станции прессы и регулируемой подачей масла под плунжер с плитой.

После включения насоса струбцина 7, с закрепленной в ней корпусом-имитатором 9, начинали перемещение вверх, а хвостовая часть анкера, закрепленная в прорези А траверсы 4, оставалась неподвижной. Регулируя расход насоса и давление, подаваемое в цилиндр прессы, изменялись такие параметры как

скорость нагружения и величина усилия воздействия на анкер. Параметры нагружения и перемещения анкерного стержня фиксировали соответствующие датчики, и после усиления их сигналов записывались регистрирующей аппаратурой.

Для закрепления анкеров в искусственной скважине применялись лучшие образцы минеральных смесей (композиции № 1, 2, 3), имеющие наилучшие физико-механические показатели по скорости твердения, набору прочности и линейному расширению. Исследования параметров закрепления анкеров (скорости нагружения и величины усилия воздействия на анкер) проводились при варьировании:

продолжительности замачивания ($t_{\text{зам}} = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ сек);

времени ожидания отверждения состава ($t_{\text{ожид}} = 0, 5, 10, 15, 30$ мин; 1 час;

сутки);

длительности перерыва пагружения после предварительного распора ($t_{\text{п}} = 0, 5, 10, 15, 30$ мин; 1 час; сутки).

Из практики монтажа анкерных крепей в горных выработках предварительное натяжение анкерного стержня во время проведения стендовых исследований было принято равным 20 кН.

По результатам стендовых испытаний анкерных крепей типа АСМ-1 и АСМ-2 построены графические зависимости, характеризующие несущую способность этих анкеров от многофакторных вариаций с закрепляющими составами. На рис. 6 приведены графики несущей способности анкерной крепи АСМ-1, стальной стержень которой закреплялся двумя патронами композиции № 1 с временем предварительного замачивания $t_{\text{зам}} = 4$ сек и различным временем ожидания твердения последних.

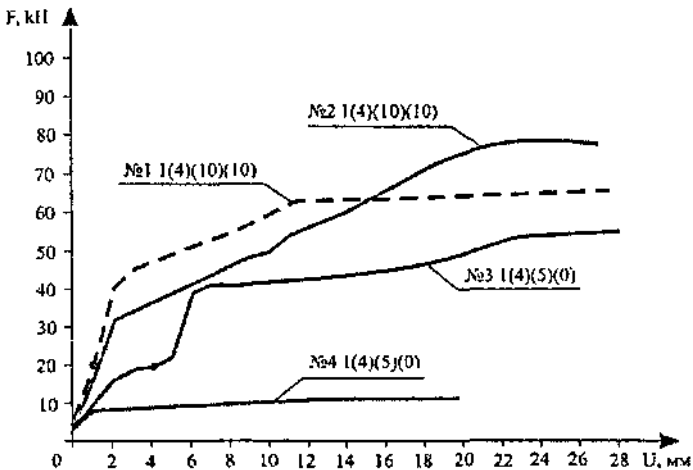


Рис. 6. Нагрузочные характеристики анкеров АСМ-1 при $t_{\text{зам}} = 4$ сек и $t_{\text{ожид}} = 10$ мин (кривые 1 и 2) и $t_{\text{ожид}} = 5$ мин (кривая 3)

Принятые условные обозначения на графиках № А Б (в) (г) (д): № А - номер графика; Б — номер композиции; (в) - время замачивания композиции ($t_{зам}$, сек); (г) - время ожидания твердения закрепителя после установки анкера в шпуре ($t_{ож}$, мин); (д) - продолжительность перерыва после предварительного нагружения.

Максимальная несущая способность анкерной крепи не превысила 80 кН. Рост нагружения сопровождался высокой податливостью (U) анкерного стержня. Самую низкую несущую способность имел анкер, нагружаемый с постоянной скоростью без перерыва после достижения на стержне анкера предварительного нагружения $F_{пр} = 20$ кН.

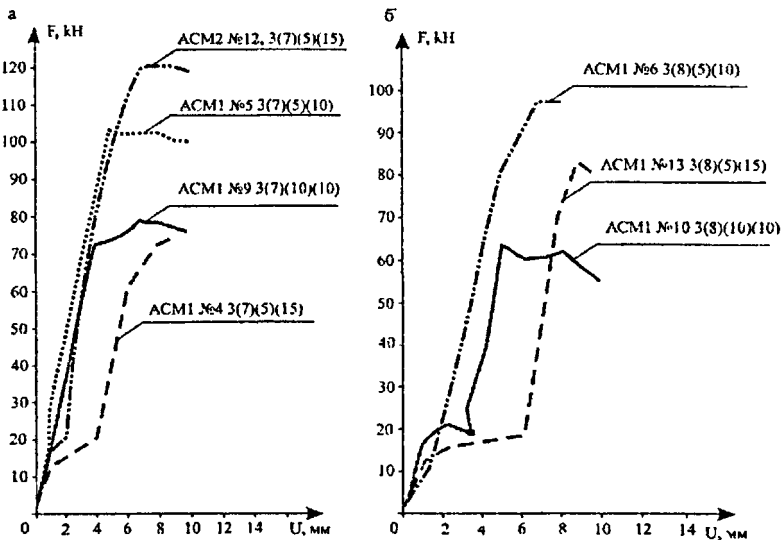


Рис. 7. Нагрузочные характеристики анкеров АСМ-1 с ампулами композиции № 3: а – при $t_{зам} = 7$ сек; б – при $t_{зам} = 5$ сек

Результаты исследования несущей способности анкерных крепей АСМ-1, закрепленных минеральной композицией № 3 представлены на рис. 7. Предварительное время замачивания патронированных закрепителей составляло для графиков 1, 2, 3, 4 (рис. 7а) $t_{зам} = 7$ сек; для графиков 5, 6, 7 (рис. 7б) $t_{зам} = 5$ сек. В этих условиях крепь АСМ-1 резко набирает несущую способность при весьма малой (до 6 мм) податливости. Максимальная величина нагружения не превышала 125 кН, а минимальная величина удержания анкерного стержня в скважине составила 73 кН. Результаты испытаний анкеров АСМ-1 на минеральной композиции № 3, показали, что они повысили несущую способность на 30÷40%. Наилучшим временем предварительного замачивания минеральной композиции № 3 является $t_{зам} = 6÷7$ ссек.

Максимальная несущая способность анкера АСМ-2, закрепленного минеральной композицией № 3, при $t_{зам} =$ до 10 сек достигла 125 кН, после чего

несущая способность начала несколько снижаться, а податливость возрастать (рис. 8). Для графиков 1 и 2 время предварительного замачивания составляло 7 сек, для графика 3 – $t_{зам} = 5$ сек. Графики 1 и 2 показывают высокую интенсивность нарастания несущей способности анкеров. Податливость после достижения нагрузки выше 120 кН не превышала 11 мм. На графике 3 указанная величина нагружения произошла после просадки анкера на 23 мм.

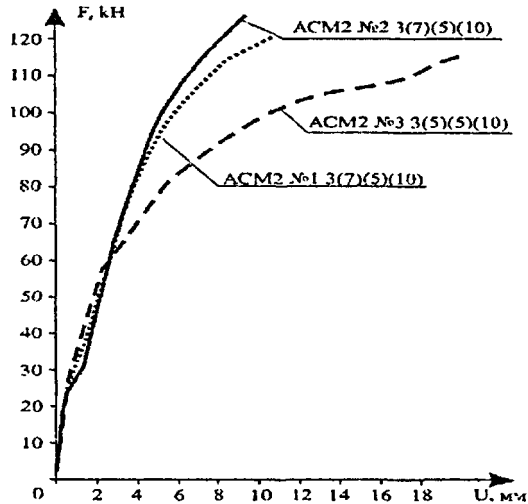


Рис. 8. Нагрузочные характеристики анкеров АСМ-2 с ампулами композиции № 3

Последующие эксперименты показали стабильную работу анкеров АСМ-2, закрепленных минеральной композицией № 3 с предварительным временем замачивания $t_{зам} = 7$ сек; временем ожидания отверждения после установки в шпуре анкера $t_{ожид} = 5$ мин и при продолжительности перерыва после предварительного нагружения ($F_{пр} = 20$ кН) $t_n = 10$ мин. При сравнении несущей способности рассматриваемых анкеров установлено, что анкер АСМ-2 совершает работу (717 кН·мм) большую, чем АСМ-1 (665 кН·мм).

В табл. 2 приведены среднеквадратические отклонения и коэффициент вариации совершаемой работы при нагружении сравниваемых анкеров.

Таблица 2

| Наименование показателей | Тип анкера | |
|---|------------|-------|
| | АСМ-2 | АСМ-1 |
| Средняя работа (А), кН·мм (площадь под графиками) | 717 | 655 |
| Среднеквадратическое отклонение | 63 | 188 |
| Коэффициент вариации, % | 9 | 29 |

В отличие от анкеров АСМ-1, анкеры АСМ-2 показали стабильную работу при взаимодействии с композициями № 1, 2 и 3. После предварительного

распора прочность закрепления анкера резко возрастает (на уровне 30–40 кН), что выше полученной при креплении сталеполимерными анкерами. Во время лабораторных экспериментов установлено влияние на прочность закрепления анкеров следующих факторов: продолжительности замачивания патронированных смесей ($t_{зам}$); времени ожидания отверждения состава ($t_{ожид}$); длительности перерыва в нагружении после предварительного распора (t_n). Увеличение $t_{ожид}$ и t_n ведет к увеличению интенсивности нагружения и прочности закрепления анкеров.

В пятой главе приведены результаты шахтных испытаний анкерных крепей на минеральных закрепителях. Опытная партия анкерных крепей АСМ-1 и АСМ-2 с патронированными закрепителями ЗАМП прошла испытания в вентиляционном штреке № 0-3-1-20 ОАО «Шахта им. В.И. Ленина». Проходка штрека велась по пласту III мощностью около 9 м, залегающего под углом 7-13°. Непосредственная кровля пласта мощностью до 10 м была представлена алевролитом средней устойчивости с прочностью на сжатие 38 МПа, основная кровля - песчаник мощностью 17–30 м и прочностью на сжатие 120 МПа. Сечение штрека имело трапециевидную форму (ширина по почве выработке 4,0 м и высота 2,6 — 3,0 м). Верхняк из швеллера № 8 длиной 3,5 м крепился тремя анкерами.

Температура воздуха в выработке в период установки анкера +15°С, температура пород в районе шпура +13°С и температура воды в емкости, в которой проводилось замачивание патронов +13,5°С. Всего было установлено 66 анкеров (по 33 каждого типа) и закреплено 22 м вентиляционного штрека.

В период эксплуатационных испытаний проводились хронометражные наблюдения за продолжительностью выполнения операции по возведению анкерных крепей АСМ-1 и АСМ-2 с двумя патронами ЗАМП (табл. 3).

Таблица 3

Результаты хронометражных наблюдений

| Операции тип крепи | Минимальное время, с | | Максимальное время, с | | Среднее время, с | | % от общего времени | |
|---|----------------------|---------------|-----------------------|-------|------------------|-------|---------------------|-------|
| | АСМ-1 | АСМ-2 | АСМ-1 | АСМ-2 | АСМ-1 | АСМ-2 | АСМ-1 | АСМ-2 |
| Замачивание патрона | 8 | 8 | 8 | 14 | 8 | 9 | 6,0 | 6,5 |
| Досылка патронов в скважину и их уплотнение | 35 (3 шт.) | 35 (2 шт.) | 53 | 53 | 48,1 | 48,1 | 36,0 | 36,0 |
| Установка анкера | 33 | 20 | 80 | 149* | 63,2 | 65,4 | 47,4 | 47,3 |
| Завинчивание гайки | 13 | 12 | 16 | 16 | 14,1 | 14,4 | 10,6 | 10,3 |
| Общее среднее время выполнения операций | 64 | 63 | 146 | 146 | 133,4 | 133,4 | 100 | 100 |

*данное значение получено при установке анкера с тремя патронами ЗАМП.

Среднее время бурения шпура глубиной 2,0 м составило 327сек (5 мин 27 сек), максимальное - 5 мин 54 сек. По данным хронометража, технологический процесс установки подхвата с тремя анкерами длится в течение 18 минут без технологических перерывов, за это время анкер набирает прочность не менее 40 кН.

Определение сопротивления анкеров АСМ-1 и АСМ-2 извлечению проводилось с помощью прибора ПКА-1. Замеры показали, что через 30 мин после установки анкера сопротивление составляло не менее 45 кН, а после 24 часов - 65 кН. Для определения смещения горных пород кровли выработки, закрепленных опытными образцами анкерной крепи, были установлены реперные станции.

Время замачивания патронов для обеспечения установки крепи изменялось от 7 до 14 сек, при среднем 9 сек. Усредненные величины смещений анкерных крепей в начальный период представлены на рис. 9.

Графики отражают несущую способность анкерной крепи, устанавливаемой по следующей технологической схеме. Патронированный закрепитель предварительно замачивался в воде при температуре 15°C, после чего анкерным стержнем досылался в забойную часть скважины. Осевая подача анкерного стержня производилась при одновременном его вращении с частотой $n = 600$ об/мин. После монтажной досылки анкерного стержня делалась технологическая пауза - время, необходимое для схватывания закрепителя. Шахтные исследования показали, что минимальное время начала схватывания составляет **10÷20 мин.**

Предварительную несущую способность анкерных крепей характеризуют участки кривых oa и oa' , соответственно для анкерной крепи АСМ-1 и АСМ-2. На участке ad и $a'd'$, податливость крепи резко возрастает без видимого роста сопротивления нагрузению. Поэтому нагружения в точках a и a' были приостановлены и продолжались через 20 мин после ожидания вторичного отвердения закрепителя. Участки вторичного нагружения анкерных крепей характеризуются кривыми dc и $d'c'$. На указанных участках крепи круто набирали несущую способность, имея при этом незначительную податливость (менее 3мм). В точках c и c' нагружения стальных конструкций анкеров в целях их сохранности были прекращены.

Таким образом, через 20 мин несущая способность анкерных крепей достигает не менее 40 кН, а через 40 мин выходит на максимальную несущую способность, равную предельной прочности стального анкерного стержня. В дальнейшем, за более чем полугодовой период наблюдений на опытном участке вентиляционного штрека с анкерными крепями АСМ-1 и АСМ-2 расслоений пород кровли и образования трещин не наблюдалось.

Использование анкерного крепления на основе минеральных закрепителей обеспечивает длительный срок службы горных выработок, в том числе в обводненных условиях, возможность закрепления без выделения токсичных веществ и способствует сохранности выработок в аварийных ситуациях при значительном повышении температуры в выработках и в массиве горных пород.

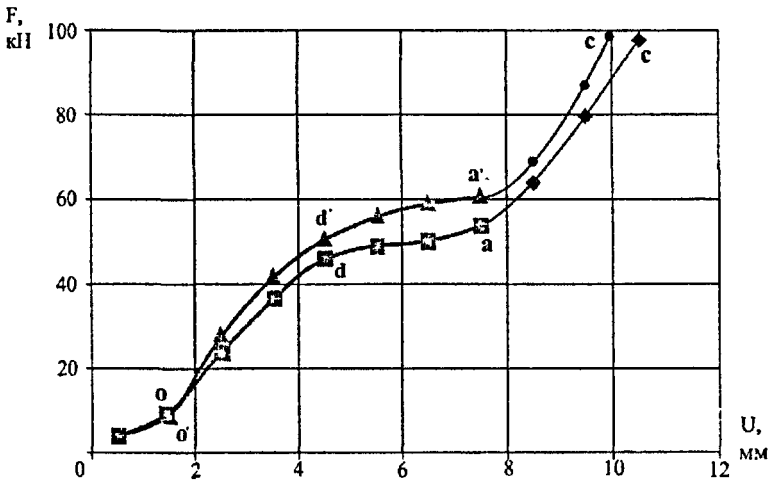


Рис. 9 Нагрузочные характеристики анкерной крепи (среднестатистические)

- ◆ Текущее рабочее состояние (АСМ-1) $y = 2,3x^2 - 27,3x + 127,75$
- Текущее рабочее состояние (АСМ-2) $y = 6x^2 - 89x + 392$
- Период предварительного нагружения (АСМ-1) $y = 0,0005x^6 + 0,0022x^5 + 0,232x^4 - 3,3722x^3 = 15,91x^2 - 16,161x + 8,5387$
- ▲ Период предварительного нагружения (АСМ-2) $y = 0,0035x^6 - 0,1172x^5 + 1,5976x^4 - 10,929x^3 + 36,477x^2 - 38,947x + 15,517$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для экономики, заключающиеся в креплении горных выработок на угольных шахтах и рудниках анкерами на минеральном закрепителе и обеспечивающие повышение надежности, улучшение условий труда и снижение затрат на крепление и содержание выработок.

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в следующем.

1. Объем применения сталеполимерных анкерных крепей на отдельных шахтах составляет 60-98% от общей протяженности проводимых горных выработок. Сталеполимерные крепи, обладая рядом положительных качеств, имеют и потребительские недостатки: закрепляющие втулки, сформированные из различных полимерных составов, являются горючими и токсичными; их термостойкость не превышает 300-350°C; закрепляющие втулки, сформированные из некоторых видов полимерных материалов, начинают терять прочность на 2÷3 год эксплуатации.

Анкерная крепь на основе минеральных закрепителей обеспечивает длительный срок службы горных выработок, в том числе в обводненных условиях, возможность закрепления без выделения токсичных веществ и способствует сохранности выработок в аварийных ситуациях при значительном (до 1000°C) повышении температуры в выработках и в массиве горных пород.

2. Обоснована возможность использования для изготовления минерального закрепителя анкеров расширяющихся портландцементов цементных заводов сибирского региона. Установлено влияние глиноземного шлака на физико-механические свойства закрепителя. Наиболее высокие значения прочности (в 1,3 раза) и линейного расширения в начальный период обеспечивается использованием в составе смеси шлака с содержанием $\text{SiO}_2 \leq 8,5\%$ и $\text{CaO} \leq 43\%$.

3. Выполнен поиск многокомпозиционных материалов минеральных закрепителей и получен опытным путем оптимальный состав, включающий 50–52% портландцемента, 30% глиноземного шлака, 16–18% гипса и другие химические добавки. Лабораторными исследованиями установлено, что максимальная активизация твердения и расширения цементной смеси происходит при измельчении входящих компонентов до тонкости помола с удельной поверхностью $5300 \div 5600 \text{ см}^2/\text{г}$ и содержании кальцинированной с (Na_2CO_3) в пределах 1,0–1,8%.

4. Обоснованы и предложены конструкции анкерных стержней из арматуры винтового профиля в виде 4^х-угольной пирамиды с углом при вершине 30°, что обеспечивает разрушение нетканой оболочки, используемой для упаковки смеси, активное перемешивание ее компонентов до однородного состава и равномерное плотное распределение по всей длине закрепляемого участка скважины.

5. Стеновыми исследованиями в искусственной скважине установлены нагрузочные характеристики анкерной крепи, закрепленной минеральной смесью, упакованной в нетканую водонепроницаемую оболочку в виде патрона, который предварительно перед установкой в шпур затворяется в воде. Время затворения определяет интенсивность набора несущей способности анкера, которая после его выдержки в шпуре в течение 20 мин составляет 40–50 кН при смещениях 4,5–7 мм, а после 40 мин 80–100 кН и смещении до 10 мм.

6. Шахтными экспериментами подтверждена рациональность упаковки минеральной смеси в виде патрона из нетканого водонепроницаемого материала толщиной 0,4–0,5 мм, диаметром 23 мм и длиной 350 мм. Такой патрон обеспечивает необходимую фильтрацию воды и насыщение смеси, легко разрушается в забое пирамидальным наконечником анкера, смесь хорошо перемешивается. Несущая способность анкерной крепи через 10 мин достигает величины не менее 20 кН, через 40 мин - более 100 кН.

Установлено, что время операций по установке анкера с минеральным заполнителем не превышает заложенного в технологию проведения и крепления горной выработки сталеполимерными анкерами и не сдерживает темпов ее проходки, а трудоемкость возведения крепи и санитарно-гигиенические условия соответствуют требованиям нормативных документов. Несущая способность анкерных крепей сопоставима со сталеполимерными. Технологическая

схема установки анкерной крепи позволяет закреплять подхват (верхняк) на трех анкерах в течение 16,6 мин, на четырех - в течение 20 мин и рационально совмещать эти операции с другими работами в выработке.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Магдыч В.И. Системы анкерного крепления с минеральной основой/Магдыч В.И., Новосадов В.К., Утиралов О.А., Юрченко В.А. // ТЭК и ресурсы Кузбасса. Кемерово, 2001.- № 4.
2. Магдыч В.И. Анкерная сталеминеральная крепь типа АСМ/ Магдыч В.И., Некрасов В.В., Утиралов О.А., Юрченко В.А. /М.: Уголь, 2003 - № 1.
3. Магдыч В.И. Региональная экономическая политика / Магдыч В.И., Юрченко В.А. //Труды II межд.конф. «Динамика и прочность горных машин»- ИГД СО РАН, Новосибирск, 2003, т. I., С. 37- 40.
4. Юрченко В.А. Обоснование параметров и разработка анкерной крепи на основе минеральных закрепителей / Юрченко В.А., Утиралов О.А., Магдыч В.И. - Препринт № 46. - Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004, - 50 с.
5. Свидетельство на ПМ № 22970. Анкер / Магдыч В.И., Новосадов В.К., Утиралов О.А., Юрченко В.А. - Оpubл. в БИ, 2002, № 13.
6. Свидетельство на ПМ № 22971. Анкер / Магдыч В.И., Новосадов В.К., Утиралов О.А., Юрченко В.А.- Оpubл. в БИ, 2002, № 13.
7. Патент РФ № 2205959. Закрепитель анкеров минеральный патронированный и способ его получения / Магдыч В.И., Новосадов В.К., Утиралов О.А., Юрченко В.А. - Оpubл. в БИ, 2003, № 16.
8. Патент РФ № 2204536. Способ получения расширяющейся цементной смеси / Магдыч В.И., Новосадов В.К., Спицин В.А., Утиралов О.А., Юрченко В.А. - Оpubл. в БИ, 2003, № 14.
9. Патент РФ № 2205960. Анкерная крепь / Магдыч В.И., Новосадов В.К., Утиралов О.А., Юрченко В.А. - Оpubл. в БИ, 2003, № 16.

ЛР № 020909 от 01 09 99
Подписано к печати 13 05 2004
Формат 60x84/16
Объем 1 печ л Тираж 100 экз Заказ № 28

Институт горного дела СО РАН
630091, Новосибирск, Красный проспект, 54

11304