Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук»

На правах рукописи



НУРГАЛИЕВ Евгений Илдарович

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК БЕЗВРУБОВЫМИ МОНОЛИТНЫМИ ПЕРЕМЫЧКАМИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВОЗВЕДЕНИЕМ ТАМПОНАЖНЫХ ЗАВЕС

специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
А.Е. Майоров
доктор технических наук (25.00.22),
профессор РАН (горные науки)

Кемерово 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ 14

1.1. Общий анализ состояния вопроса 14

1.2. Анализ конструктивных и технологических решений для изоляции пластовых выработок безврубовыми перемычками 22

1.3. Анализ особенностей технологии инъекционного тампонажа приконтурного массива горных пород 30

1.4. Анализ физических характеристик минеральных составов на цементном вяжущем 35

1.5. Диагностика и контроль технического состояния изоляционных сооружений 43

1.6. Выводы 45

2. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАССОВОГО ВОДО-ТВЕРДОГО СООТНОШЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ТЕЛА БЕЗВРУБОВОЙ МОНОЛИТНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И СОЗДАНИЯ ТАМПОНАЖНОЙ ЗАВЕСЫ, НА ИХ ПРОЧНОСТНЫЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ 49

2.1. Обоснование базового состава и рецептур цементных смесей . . . 49

2.2. Исследование физико-механических характеристик разработанных цементных смесей 56

2.3. Исследование реологических характеристик разработанных цементных смесей 65

2.4. Цеховые испытания цементных смесей и технологических режимов производства 80

2.5. Выводы 84

3. ОЦЕНКА РАЗМЕРА ОКРУЖАЮЩЕЙ ТАМПОНАЖНОЙ ЗАВЕСЫ ОТ УСЛОВИЙ ЕЕ ВОЗВЕДЕНИЯ, ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ПАРАМЕТРАМИ ТЕЛА БЕЗВРУБОВОЙ МОНОЛИТНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ 87

3.1. Обоснование процесса интеграции монолитной перемычки в окружающий приконтурный углепородный массив 87

3.2. Исследование размеров приконтурной зоны пропиточного безнапорного тампонажа 92

3.3. Исследование размеров приконтурной зоны инъекционного (нагнетательного) тампонажа 99

3.4. Обоснование параметров возведения тампонажных завес вокруг монолитных перемычек пластовых выработок 107

3.5. Выводы 111

4. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК БЕЗВРУБОВЫМИ МОНОЛИТНЫМИ ПЕРЕМЫЧКАМИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВОЗВЕДЕНИЕМ ТАМПОНАЖНЫХ ЗАВЕС ИЗ ЦС УГМ-П И УГМ 115

4.1. Разработка конструктивных и технологических решений по возведению консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» 116

4.2. Технологический регламент возведения консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» 123

4.3. Шахтные исследования технологии изоляции пластовых выработок консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками 131

4.4. Технико-экономическая оценка 148

4.5. Анализ полученных результатов. Выводы и методические рекомендации 152

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 157

ЛИТЕРАТУРА 161
ПРИЛОЖЕНИЯ 187
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты проведения реологических исследований цементных смесей (ЦС) 188
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Схема автоматического смешивающего агрегата АСА-1-001 С 204
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Сертификаты соответствия и акты испытаний физических характеристик цементных смесей УГМ и УГМ-П в независимых лабораториях 207
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Титулы инструкций по применению цементных смесей УГМ и УГМ-П 218
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Пример документации, подтверждающей внедрение цементных смесей УГМ и УГМ-П и технологии изоляции пластовых выработок угольных шахт консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками 220
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Титулы методических указаний по неразрушающему контролю состояния перемычек, оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород . . . 307
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Справки ООО «УГМ-Сервис», АО «НИИГД» 309

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Основным современным регламентированным технологическим приёмом локализации и изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих, является опалубочное возведение изолирующих безврубовых монолитных перемычек из специализированных смесей на основе цемента (ИП), обладающих необходимой прочностью, термо- и теплостойкостью, негорючестью. Только в угольных шахтах Кузбасса ежегодно возводят и эксплуатируют более 1 тыс. указанных изолирующих сооружений, непосредственно влияющих на состояние общешахтной атмосферы, долю кислорода, монооксида углерода и метана в выработанном пространстве, эндогенную пожароопасность, общую безопасность и эффективность ведения горных работ. Современные технологии и регламенты угледобычи требуют повышения количества изолирующих сооружений. Основной объем ИП возводится именно в пластовых выработках (штреки, сбойки и т.д.). При этом, условия эксплуатации ИП осложнены наличием вмещающего угольного пласта с сильно нарушенной приконтурной зоной, что предъявляет особые требования к используемым технологиям изоляции, конструкциям и материалам.

Главной, не решённой до настоящего времени проблемой является отсутствие полноценной герметичности и управляемой консолидации тела ИП с трещиноватым вмещающим углепородным массивом пластовых выработок. При этом, известные решения по технологии изоляции выработок и тампонажу приконтурной зоны реализованы обособленно, а используемые материалы не унифицированы, что, в общем, снижает качество изолирующих сооружений, повышает трудоёмкость и стоимость работ. Также, известный опыт изоляции, применительно к пластовым выработкам, *не учитывает*: локальные нормативные требования; особенности нарушенной структуры вмещающего углепородного массива и режимы фильтрации специализированных цементных смесей; необходимую рациональную геометрию окружающей тампонажной

завесы (минимум распространения вдоль горной выработки при максимуме ширины); необходимость применения новых составов из импортозамещающих совмещаемых материалов с заданными реологическими и физико-механическими характеристиками для возведения тела перемычки и тампонажной завесы; необходимость унификации и объединения во времени технологических операций с учетом эксплуатационной специфики ИП в современных условиях и требованиях к воздушной среде подземного пространства. Отсутствуют технологии комплексной интеграции изолирующего сооружения в нарушенную приконтурную зону и его консолидацию с вмещающим углепородным массивом.

Очевидно, что опалубочное возведение изолирующей безврубовой монолитной перемычки, технологически увязанное с одновременным управляемым возведением тампонажной упрочняюще-уплотняющей завесы с заданными характеристиками, из смесей на минеральном вяжущем с единым базовым составом, даст эффект повышения скорости и качества изоляции пластовых выработок угольных шахт. При этом, будет обеспечена консолидация тела ИП с трещиноватой приконтурной зоной пластовых выработок.

Работа выполнена по направлениям программ фундаментальных научных исследований ФИЦ УУХ СО РАН в части комплексного освоения и сохранения недр Земли, инновационных процессов разработки месторождений полезных ископаемых; программы СО РАН «Научное и технологическое обеспечение социально-экономического развития Кемеровской области»; в рамках договорных работ научно-производственной компании ООО «УГМ-Сервис» (Упрочнение Горного Массива, Кемерово) с угледобывающими компаниями России, 2012-2019 гг.

Цель работы: обоснование и разработка технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес, обеспечивающей эффективную и безопасную подземную разработку угольных месторождений при ресурсосберегающих строительстве и эксплуатации шахт.

Основная идея работы состоит в совмещении управляемых процессов возведения изолирующей безврубовой монолитной перемычки и тампонажа окружающей углепородной зоны смесями на едином минеральном вяжущем, обеспечивающих управляемую консолидацию системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса».

Объект исследования: изолирующие перемычки пластовых выработок угольных шахт.

Предмет исследования: технология возведения изолирующих безврубовых монолитных перемычек с одновременным тампонажем окружающей углепородной зоны смесями на едином минеральном вяжущем.

Задачи исследований:

– установить зависимости влияния массового водо-твердого соотношения цементных смесей, разработанных для возведения тела безврубовой монолитной перемычки и создания тампонажной завесы, на их прочностные и реологические характеристики;

– установить зависимость размера окружающей тампонажной завесы от условий ее возведения, во взаимосвязи с параметрами тела безврубовой монолитной перемычки;

– разработать способы изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес.

Методы исследований:

– научный анализ и обобщение научно-технической информации в области инъекционного тампонажа массивов горных пород и изоляции горных выработок и выработанных пространств, тоннелей и гидротехнических сооружений, теории фильтрации суспензий, диагностики и контроля технического состояния подземных сооружений – представлены в 1 главе;

– методы разрушающего контроля при определении пределов прочности образцов цементных смесей на одноосное сжатие и изгиб; методы вискозиметрических исследований образцов растворов с построением реологических кривых течения – представлены во 2 главе;

– реометрические методы контроля проницаемости массива пород, основанные на хронометражных наблюдениях и оценке скорости падения давления воздуха в контрольной ёмкости; визуально-измерительные методы контроля состояния возведённых изолирующих перемычек, контура горных выработок и стенок диагностических скважин в прилегающем массиве пород, с проведением инструментальных замеров – представлены в 3 и 4 главах;

– обработка результатов натурных экспериментов, численные расчёты на персональном компьютере – представлены во 2-4 главах.

Научные положения, защищаемые автором:

– разработанные на основе отходов ТЭС и металлургических предприятий цементные смеси, в зависимости от их массового водо-твердого соотношения от 0,35 до 1,0, обеспечивают нелинейный рост значений предела прочности на одноосное сжатие перемычки до 23,2 *МПа* и изгиб до 5,8 *МПа*; при этом, реологические параметры разработанных цементных смесей, в зависимости от их массового водо-твердого соотношения в диапазоне от 0,45 до 0,25, характеризуются степенными и линейными реологическими моделями течения, обеспечивая нелинейный рост значений динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0 и эффективной динамической вязкости $\mu_{эфф}$;

– при возведении перемычки ширина тампонажной завесы достигает 1,5 м за счет безнапорного заполнения (пропитки) трещин бортов горной выработки раскрытием от 1 до 10 мм, а ширина зоны инъекционного тампонажа прямо пропорциональна глубине инъекционных шпуров и заданному углу их наклона над контуром перемычки с заполнением трещин раскрытием более 0,1 мм.

– эффективная консолидация изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» достигается совмещением процессов возведения тела изолирующей монолитной безврубовой перемычки из смесей на едином минеральном вяжущем, проникающих в прилегающий приконтурный углепородный массив, одновременно тампонируемый через веер объединённых коллектором нагнетательных шпуров.

Научная новизна работы **заключается в:**

– обосновании физико-механических и реологических характеристик разработанных цементных смесей на едином минеральном вяжущем с механо-активированными золо-шлаковыми отходами для новой технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес;

– обосновании размеров зон пропиточной безнапорной и инъекционной фильтрации по раскрытым трещинам разработанных цементных смесей (нестабильных водо-твердых суспензий) с изменяемым водо-твердым соотношением, учитывающих их физико-механические, реологические характеристики и геометрию зоны трещиноватости окружающего тело перемычки углепородного массива;

– обосновании совмещённых процессов возведения тела монолитной безврубовой перемычки из разработанных цементных смесей, проникающих в нарушенную приконтурную углепородную зону, одновременно тампонируемую через веер объединённых коллектором нагнетательных шпуров, для обеспечения эффективной консолидации с массивом создаваемой изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» в условиях пластовых выработок угольных шахт.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций **подтверждается:**

– корректной постановкой и решением задач исследования;

– применением апробированных классических методов и методик;

– удовлетворительной сходимостью результатов аналитических, экспериментальных, лабораторных, натурных исследований разработанных способов возведения изолирующих сооружений;

– положительными результатами масштабной опытно-промышленной апробации технологии возведения изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» и ее элементов в шахтах Кузбасса.

Личный вклад автора **заключается в:**

– анализе и обобщении результатов известных теоретических и экспериментальных исследований в области изоляции горных выработок, инъекционного упрочнения и уплотнения горных пород, постановке и выполнении задач данного исследования, в разработке методик и проведении экспериментальных исследований, обработке полученных результатов, в обосновании, разработке и формулировке всех положений диссертационной работы;

– установлении зависимости влияния водо-твердого соотношения разработанных цементных смесей на их прочностные и реологические характеристики;

– установлении зависимости размера тампонажной завесы вокруг изолирующей перемычки от режимов и условий ее возведения;

– обосновании и разработке способов изоляции пластовых выработок угольных шахт консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками в условиях пластовых выработок угольных шахт;

– разработке составов импортозамещающих цементных смесей УГМ и УГМ-П, и их адаптации под существующий сырьевой рынок Кузбасса; разработке опытных образцов уникального облегчённого насосно-смесительного оборудования; адаптации реометрического экспресс-метода оценки трещиноватости и контроля качества тампонажа приконтурного углепородного массива пород с применением современных устройств и оборудования;

– создании промышленного полу-автоматизированного производства сухих цементных смесей УГМ и УГМ-П заданной производительности и качества для промышленной апробации авторской технологии и ее широкомасштабного внедрения.

Отличие от ранее выполненных работ заключается в обосновании и широкомасштабной апробации технологических решений, позволивших объединить процессы заполнения опалубки, пропиточный безнапорный и

инъекционный способы тампонажа, обеспечивших качественную интеграцию изолирующего сооружения в трещиноватый приконтурный углепородный массив с созданием консолидирующейся изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» в условиях пластовых выработок угольных шахт.

Научное значение работы заключается в расширении области применения и обосновании процессов управления физическими характеристиками структурно-анизотропного углепородного массива при монолитном возведении консолидированных изоляционных сооружений, интегрируемых в нарушенную приконтурную зону пластовых выработок в процессе управляемой фильтрации водо-твердых суспензий на едином минеральном вяжущем по прилегающим трещинам.

Практическое значение работы заключается в совершенствовании и расширении области применения способов качественной и эффективной изоляции безврубовыми монолитными перемычкам из импортозамещающих минеральных смесей пластовых выработок с сильно трещиноватой приконтурной зоной. Разработанная технология является частью комплекса мероприятий по пластовой дегазации, проветриванию горных выработок, обеспечению снижения уровня метана в общешахтной атмосфере и кислорода в отработанном пространстве, профилактике и тушению эндогенных пожаров при ресурсосберегающем строительстве и безопасной эксплуатации угольных шахт. Разработанные методические указания, инструкции и инструментальное обеспечение, специализированные смеси и оборудование, рациональные технологические режимы, являются элементами комплексной системы изоляции пластовых выработок с контролем качества работ.

Реализация работы. Для промышленной апробации разработанной технологии и ее широкомасштабного внедрения автором запущено полу-автоматизированное производство цементных смесей УГМ и УГМ-П мощностью 2,5 тыс. тонн в месяц, создана научно-производственная компания «УГМ-Сервис» («Упрочнение Горного Массива», г. Кемерово). На шахты РУК

(Евраз), СУЭК-Кузбасс, БЕЛОН, УК «Промуглесбыт, Холдинг «Сибуглемет», УК «Заречная», УГМК, Антоновская, Торговый Дом Меркурий, ТопПром, Сибирская угольная компания, Шахта Большевик, и др. (общее количество – около 40 шахт), за 2013-2019 г.г. поставлено более 48,5 тыс. тонн сухих смесей УГМ и УГМ-П, возведено более 1 тыс. изоляционных сооружений. Этапы работ оформлены актами приемки изоляционного сооружения, актами выполненных работ, в том числе актами выполнения тампонажных работ, диагностики и контроля технического состояния ИП, реометрического контроля приконтурной зоны с оценкой трещиноватости и фильтрационных свойств массива до и после тампонажа (см. Приложения). Основные результаты диссертационной работы вошли в разработанные локальные инструкции по применению смесей УГМ и УГМ-П, в методические указания по неразрушающему контролю состояния перемычек, по оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород, являющиеся стандартом научно-производственной компании ООО «УГМ-Сервис» и приняты к обязательному исполнению на шахтах УК «Распадская» (приказ от 31.08.2018 г. № 405). Таким образом, разработан апробированный полный технологический комплекс – от специализированных цементных смесей УГМ и УГМ-П, технологических решений и схем, образцов уникального облегчённого насосно-смесительного оборудования, до экспресс-методов и аппаратуры контроля качества работ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были представлены на международных и российских научно-практических конференциях, в том числе: ежегодных конференциях молодых ученых «Развитие», ФИЦ УУХ СО РАН; международных научно-практических конференциях «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири» – «Сибресурс», КузГТУ; IX Китайско-Российском симпозиуме «Геотехнология, интеллектуальная техника и охрана окружающей среды», г. Циндао, Китай; III Международном инновационном горном симпозиуме, КузГТУ. Технологические решения и предложения по модернизации технологий

изоляции горных выработок докладывались на технических совещаниях угледобывающих компаний и в профильных организациях.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 7 публикаций в периодических изданиях из перечня ВАК и 3 патента на изобретения РФ.

Объём и структура диссертации. Состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 245 наименований, изложенных на 186 страницах; приложений, изложенных на 125 страницах; содержит 47 рисунков, 18 таблиц.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

1.1. Общий анализ состояния вопроса

Мировые тенденции роста энергопотребления неизбежно отражаются и на ситуации в угольной промышленности страны. Россия является одним из мировых лидеров, занимая шестое место по объёмам угледобычи после Китая, США, Индии, Австралии и Индонезии. Отечественная угольная промышленность может обеспечить все потребности экономики страны и постоянно наращивает экспортный потенциал. Происходит неизбежный рост – только Кузбасс добыл в 2016 году более 227 млн., а в 2018 году уже 255,3 млн. тонн угля. Шахты ставят очередные рекорды – за один месяц из одного очистного забоя, например, добыто 1 млн. 407 тыс. тонн угля (шахта имени В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс», 2017). Планируется увеличить добычу угля в Кузбассе к 2025 году до 394,6 млн. тонн. В современных экономических условиях приоритетна выборочная отработка угольных пластов в свите, с увеличением скорости подвигания очистного забоя до 200-300 м/мес.

Широкое распространение в мире получила схема добычи «шахта-лава», что обусловлено эффективной структурой, обеспечивающей при одном очистном забое максимальную концентрацию горных работ и минимальные издержки производства. В 2017 году 42 из 57 российских шахт функционировали в режиме «шахта-лава». Количество действующих комплексно-механизированных очистных забоев (КМЗ) за период с 2000 по 2018 гг. снизилось со 170 до 70, а среднесуточная нагрузка на КМЗ за этот период возросла с 1324 до 5105 т/сут [221]. Доля систем разработки пластов короткими забоями в общем объёме подземной угледобычи в мире составляет не более 15%. Системы разработки короткими забоями являются более гибкими по сравнению с длинными, а стоимость оборудования при этом не превышает 30% стоимости оборудования длинного забоя. Вместе с тем, при увеличении глубины

разработки требуется увеличение размеров целиков, что увеличивает потери угля, создаёт опасность горных ударов. Не извлекаемые целики формируют зоны повышенного горного давления при отработке свит пластов, что как правило, ограничивает глубину разработки. Тем не менее, примером эффективного применения технологии является коротко-столбовая система отработки (КСО) мощного пласта III, применённая в шахте «Распадская-Коксовая» (ЕВРАЗ) [216]. Также отрицательно сказываются на технико-экономические показатели работы шахт простои современного оборудования, вызванные повышенным газовыделением, отжимом угля, вывалами, повышенными водопритоками, остановками при переходе геологических нарушений, организационно-технические причины.

Сложность горно-геологических условий залегания угольных пластов на шахтах России, а также несоответствие применяемых способов управления газовыделением в горные выработки и состоянием массива пород в условиях повышенных нагрузок на очистные забои, обуславливают высокий уровень аварийности при ведении подземных горных работ. Ежегодное повышение глубины на 15-20 м сопровождается ростом горного давления и природной газоносности разрабатываемых пластов, что предопределяет особую актуальность решения вопросов контроля и управления состоянием массива для обеспечения его заданной устойчивости; газовыделением и проветриванием выемочных участков для обеспечения снижения уровня метана в шахтной атмосфере и кислорода в отработанном пространстве, профилактики эндогенных пожаров [216, 221].

Например, потенциал современного оборудования КМЗ используется, как правило, не более чем на 30%, ограничен главным образом «газовым фактором» и эффективностью работы системы проветривания горных выработок, направленной на обеспечение аэрологической и пожарной безопасности [221].

В указанных условиях особо стоит выделить проведение и эксплуатацию пластовых горных выработок, которые характеризуются комбинированной структурой вмещающего массива уголь-порода, прилегающей к целикам или

отрабатываемому участку; повышенной концентрацией напряжений приконтурной зоны; разрушением и деформацией краевых частей целиков и бортов штреков в статическом и динамическом режимах; случаями неблагоприятной ориентации выработок относительно главных максимальных напряжений пласта; низкой устойчивостью краевых частей пласта и боковых пород [61, 62, 220].

Известно, что движение фронта очистных работ должно быть обеспечено последующей изоляцией отработанного пространства и качественным проветриванием выработок. Применение современных схем проветривания с отводом метановоздушной смеси из выработанного пространства невозможно без изолирующих взрывоустойчивых сооружений, основное количество которых возводится именно в пластовых горных выработках. Основным современным регламентированным технологическим приёмом локализации и изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих, управления системой вентиляции и профилактики эндогенных пожаров, является опалубочное возведение изолирующих безврубовых монолитных перемычек из специализированных смесей на основе цемента, обладающих необходимой прочностью, термо- и теплостойкостью, негорючестью [44, 63-69, 158, 167-169].

Каждая шахта, в том числе и за рубежом [236], за период своей эксплуатации возводит сотни подобных изолирующих сооружений в сбойках охранных целиков угля, в разрезных печах, штреках, и т.д. На Рисунках 1.1, 1.2 и 1.3 представлены примеры технологий отработки угольного пласта, требующей последовательной изоляции перемычками каждого участка и блока ежегодно. Уже к 2012 году, и по настоящее время, в Кузбассе сложился рынок основных производителей специализированных цементных смесей (ЦС): Текбленд, Барьер, Эльбленд, составляющий около 40 тыс. тонн сухих смесей в год для монолитного возведения тела взрывоустойчивых изолирующих безврубовых монолитных перемычек (ИП) [105].

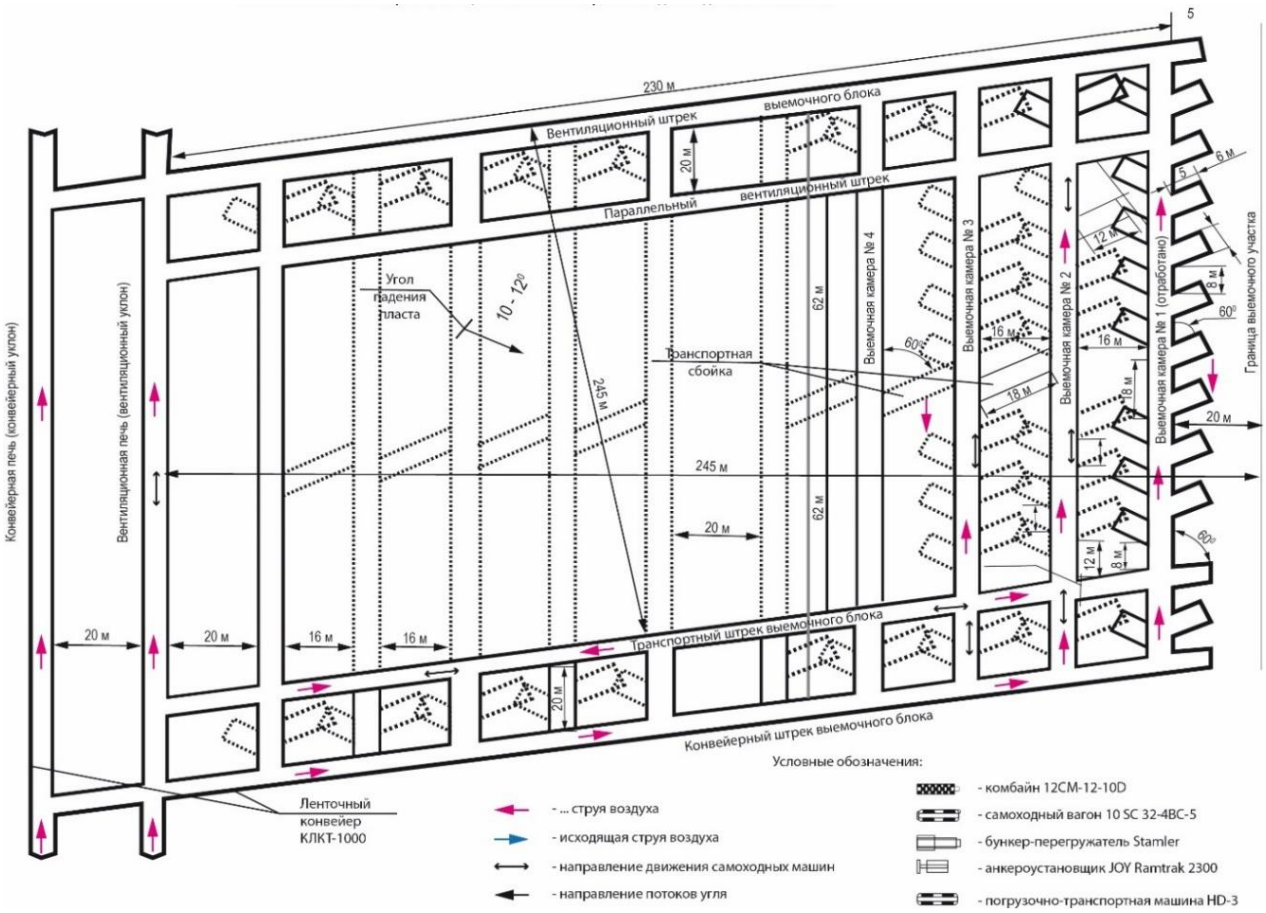


Рисунок 1.1 – Технологическая схема отработки пласта КСС обратным ходом на две выемочные печи (Шахта им. В.И. Ленина)

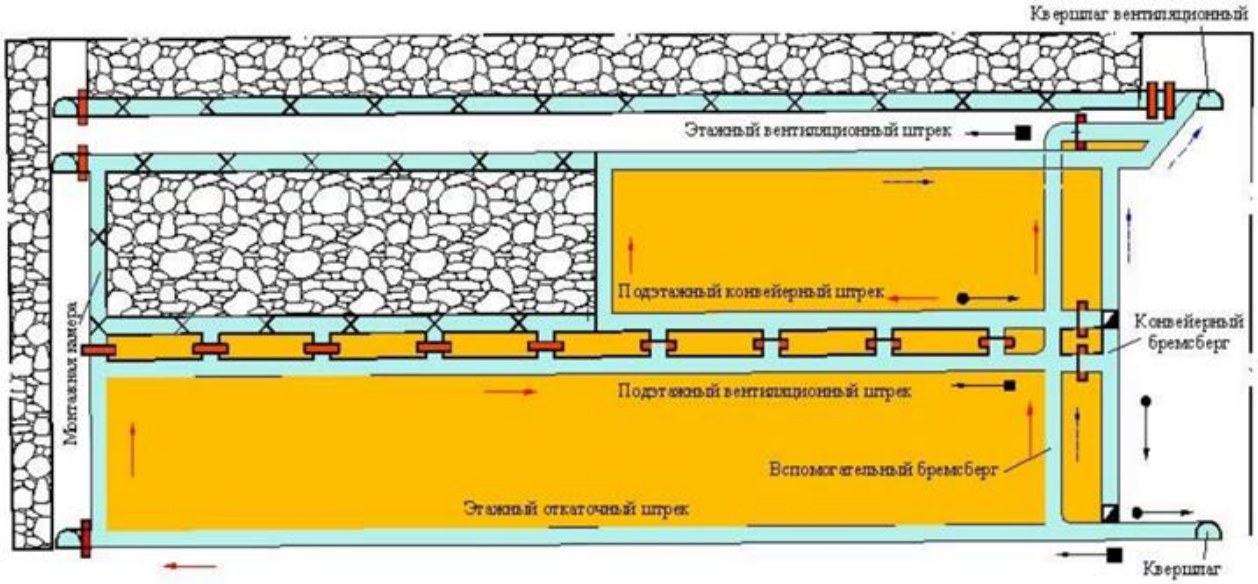
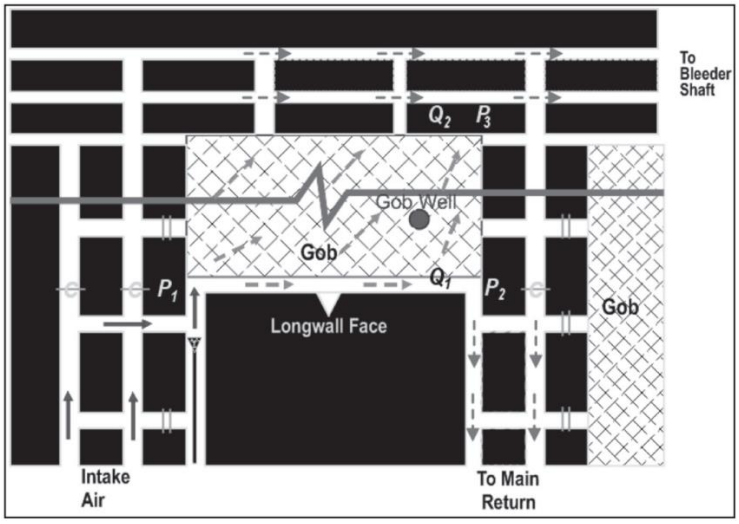
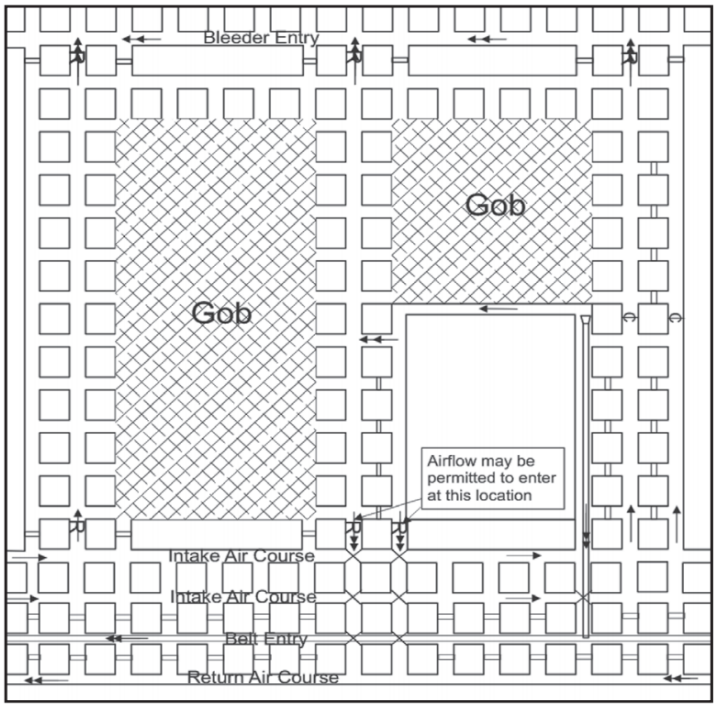


Рисунок 1.2 – Классическая схема проветривания выемочного столба лавы с газоотсасывающими установками

а)



б)



а) – б) варианты отработки угольного пласта.

Рисунок 1.3 – Примеры схем проветривания выемочных участков с перемычками (в условиях угольных шахт США)

Таким образом, в мире вводят и эксплуатируют десятки тысяч изоляционных сооружений, а на примере шахтах Кузбасса – более 1000.

Текущая ситуация, связанная с возведением и эксплуатацией ИП горных выработок угольных шахт Кузбасса, сложилась следующим образом:

– отсутствует полноценный регламент к физическим характеристикам применяемых специализированных смесей и технологии возведения указанных

перемычек, диагностике и контролю их технического состояния, оценке остаточного ресурса эксплуатируемого сооружения. Периодически нарушаются требования производителя к технологии затворения и подачи смесей в опалубку;

– изоляционное сооружение не рассматривается как система «перемычка-приконтурный массив», практически не учитывается физическое состояние приконтурной зоны как перед возведением, так и в процессе эксплуатации перемычек (особо важно в пластовых выработках). В свою очередь, отсутствует должная герметичность сооружения (в основном по периметру тела перемычки в зоне контакта с контуром выработки и непосредственно по трещинам приконтурной нарушенной углепородной зоны), отсутствует должная консолидация с трещиноватым вмещающим массивом пород. Также известны случаи, когда волна «хлопка» передвигала монолитную безврубовую перемычку на 1-2 метра вдоль горной выработки. Устарели применяемые конструктивные и технологические схемы возведения изоляционных сооружений;

– в попытке снижения стоимости сухих смесей при участии в тендерах, производители пошли простым путем – снижают расход на единицу объёма, что влияет на повышение пористости цементного камня, снижение периода эксплуатации и прочности сооружения, требует более точного соблюдения условий приготовления раствора. При этом снижается общий вес сооружения, который также важен, но не отражён в расчетных моделях действующей «Инструкции по изоляции…» [63];

– опалубка после заливки перемычки не снимается в большинстве случаев, скрывая реальную ситуацию, а техническая паспортизация ведётся по упрощённой схеме;

– контроль за техническим состоянием перемычек проводится заинтересованным кругом лиц и/или разделён между собственником (шахта), производителем материалов, производителем работ, ВГСЧ, Ростехнадзором;

– факт периодического возникновения эндогенных пожаров в отработанных участках подтверждает неполноценность работы используемых

комплексов мероприятий по изоляции горных выработок, где герметичность перемычек является определяющей, а качественная консолидация с массивом – безусловным требованием.

Широкое внедрение ИП обусловлено экономическими причинами. При этом, актуальным и в полной мере так и не решённым остался вопрос герметичности сооружения и эффективности мероприятий по уплотнению пород вокруг безврубовых перемычек. Для сложных условий ведения горных работ и для особо ответственных изоляционных сооружений, нормативной документацией рекомендованы комбинированные схемы изоляции с возведением тампонажных завес. При этом, обычно, технологические процессы возведения тела ИП и противофильтрационного экрана (тампонажной завесы) разделены во времени, используют различные материалы без учёта их технологической и конструктивной совместимости, что в общем снижает качество сооружения, повышает время возведения и трудоёмкость работ, не обеспечивает полноценной интеграции сооружения с приконтурной зоной пород. Также, известный опыт комплексной изоляции в полной мере не учитывает: локальные нормативные требования; особенности нарушенной структуры вмещающего углепородного массива пластовых выработок и процессы фильтрации специализированных цементных смесей; рациональную геометрию окружающей тампонажной завесы (минимум распространения вдоль горной выработки при максимуме ширины); необходимость применения новых совмещаемых друг с другом составов из импортозамещающих материалов с заданными реологическими и физико-механическими характеристиками для возведения тела перемычки и тампонажной завесы; необходимость унификации и объединения во времени технологических операций.

В общем, данная ситуация не способствует повышению качества изоляционных сооружений и вызывает вопрос о их техническом состоянии и функциональной пригодности.

Исследованием физических процессов, связанных с технологиями управления физическим состоянием массива пород, в том числе, повышения

устойчивости контура и изоляции горных выработок, инъекционного тампонажа трещиноватых пород, занимались/занимаются научно-исследовательские и производственные организации: Спецтампонажгеология, МакИСИ, КузНИИшахтострой, ВостНИИ, НИИГД (РосНИИГД), Кузбасский и Пермский ГТУ, Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, ИГД СО РАН, ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского, ГИ УрО РАН, ИГД ДВО РАН, ГИ ФИЦ КНЦ РАН, СФУ, ИГДС СО РАН, ИГДГиГ СФУ, ТулГУ, МИСиС, СПбГУ, МГУ, СибГИУ, УГГУ, Гидроспецпроект, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, АО ЦНИИС, ВНИИОМШС, ВИОГЕМ, Триада-Холдинг, и др. При этом, современный уровень развития указанных направлений достигнут благодаря работам: А.А. Баряха, И.В. Баклашова, Ю.В. Буркова, И.И. Вахрамеева, П.П. Гальченко, Е.Б. Дружко, Е.Г. Дуды, В.В. Евтушенко, А.А. Еременко, Л.М. Ерофеева, Ю.З. Заславского, В.П. Зубова, В.С. Зыкова, Е.П. Калмыкова, А. Камбефора, Б.А. Картозия, И.В. Качана, Э.Я. Кипко, А.Б. Кондратова, Ю.Н. Куликова, М.В. Курлени, В.А. Лагунова, Г.Г. Литвинского, Н.Т. Логачева, О.Ю. Лушниковой, А.Е. Майорова, А.П. Максимова, Г.И. Маньковского, В.И. Митракова, И.Д. Насонова, В.Н. Опарина, А.Н. Панкратенко, Ю.А. Полозова, Б.Д. Половова, С.М. Простова, М.А. Саламатова, В.М. Серякова, Ю.Н. Спичака, П.С. Сыркина, Н.Г. Трупака, А.В. Угляницы, А.П. Федоровича, В.Н. Фрянова, В.А. Хямяляйнена, И.Л. Черняка, Е.И. Шемякина, А.А. Шилина, и др. [14, 15, 18, 25-27, 33, 37, 49, 50, 52, 54-59, 60, 70-74, 76-79, 81-83, 88, 89, 93, 95, 96, 99, 100, 103-107, 114, 136, 137, 150-153, 173, 179-181, 182-185, 187, 188, 192, 217].

Для развития направления изоляции также актуальны исследования в области гидротехнического строительства, в части инъекционной цементации массива вокруг тоннелей, в основаниях и теле плотин, в области стабилизации оснований зданий и сооружений. Актуальны технологии и опыт тампонажа в нефте- и газодобывающей промышленности [8, 10].

Непосредственно с технологиями возведения и оценки работоспособности изоляционных сооружений, предупреждения и тушения подземных эндогенных пожаров в угольных шахтах, задачами проветривания шахт,

воздухопроницаемости угольных и породных массивов, также связаны работы А.Е. Баганиной, Е.И. Глузберга, В.В. Егошина, В.А. Жеребцова, В.Г. Игишева, О.Ю. Лукашова, Д.Ю. Палеева, И.А. Поддубного, Л.П. Понасенко, А.В. Попова, В.Б. Попова, И.В. Попова, В.А. Портола, С.А. Эпштейн и др. [11-13, 41, 42, 44, 53, 86, 90, 91, 98, 105, 134-140, 149, 154, 155, 160, 164, 165, 189, 204, 205, 226, 232, 243].

Для реализации исследования также важен практический опыт изоляции горных выработок и отработанных пространств на всех шахтах Кузбасса.

Далее рассмотрим известные конструктивные и технологические решения, применяемые для изоляции пластовых выработок угольных шахт.

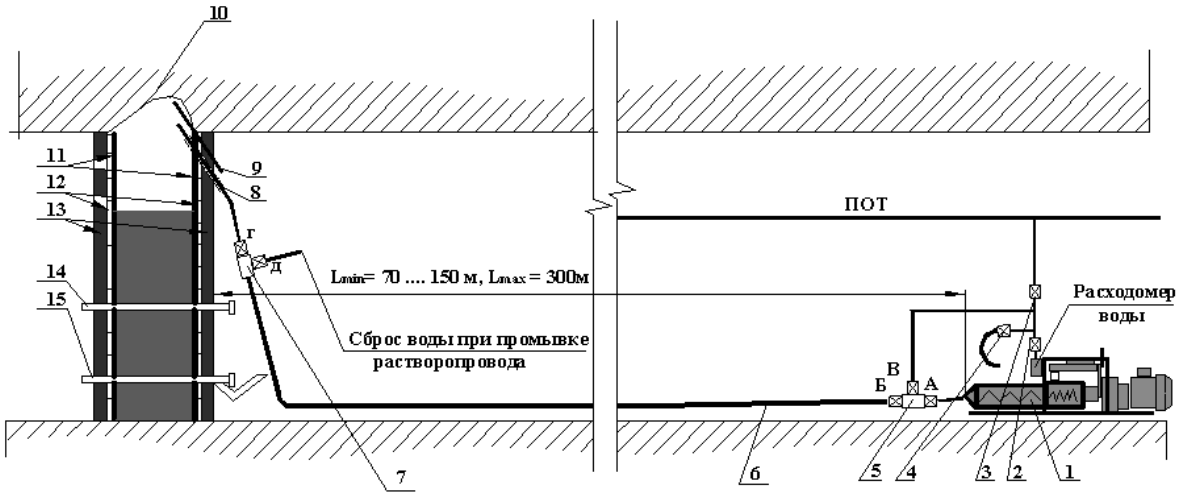
1.2. Анализ конструктивных и технологических решений для изоляции пластовых выработок безврубовыми перемычками

Безврубовые перемычки отличаются от обычных отсутствием вруба в прилегающей приконтурной зоне горных выработок. Попытка создать вруб в приконтурном массиве пластовой выработки обычно приводит к его локальному обрушению и значительному выпуску перемятого угля с зоны отжима бортов. Практикой установлено, что работы по разделке и закладке вруба трудоёмки и занимают от 30 до 80% времени на возведение перемычки, а на закладку вруба расходуется 20-50% материалов, идущих на перемычку. Стоимость безврубовых перемычек в 1,5-2 раза ниже, чем перемычек с врубом. Тем самым, обусловлена актуальность широкого применения данной технологии в горном деле, однако, такой подход накладывает существенные требования к качеству подготовки приконтурной зоны вмещающей горной выработки, адгезионной прочности и сцеплению применяемых цементных смесей с горными породами, к общей устойчивости сооружения (особенно в пластовых выработках, обычно характеризуемых нарушенной приконтурной зоной).

По классической технологии безврубовые перемычки в нарушенных породах так же, как и перемычки с врубом, не рекомендовано возводить сразу на

всю высоту выработки, а сооружать в три-четыре приёма. Материалом для перемычек может служить кирпич, бетон, брусья, бетонные смеси и др. Наиболее перспективны являются специализированные сухие смеси на основе цемента для монолитной опалубочной технологии возведения сооружения. Перемычки из цементных смесей получили широкое распространение на шахтах Кузбасса вследствие того, что их возведение характеризуется высокой технологичностью и качеством изоляции, сравнительно малыми затратами времени при относительно низкой стоимости [63, 64, 105].

Технологическая схема возведения безврубовых перемычек на основе известных цементных смесей Текбленд, Барьер, Эльбленд представлена на Рисунке 1.4, с примером выкопировки технической документации (Рисунок 1.5).



1 - насосный агрегат; 2 - кран регулирования подачи воды; 3 - кран подачи воды от ПОТ; 4 - кран для промывки камеры насосного агрегата; 5 - тройник с кранами для аварийной промывки системы; 6 - растворопровод; 7 - тройник с кранами для промывки растворопровода; 8 - труба нагнетательная; 9 - труба контрольная; 10 - локальный вруб; 11 - внутренняя обшивка опалубки (полиэтилен, полипропилен, мешковина, брезент); 12 - отшив из обрезных плах (доска к доске); 13 - распорные стойки; 14 - труба пробоотборная; 15 - труба водоотводная с гидрозатвором.

Рисунок 1.4 –Технологическая схема возведения монолитных безврубовых перемычек на основе цементных смесей

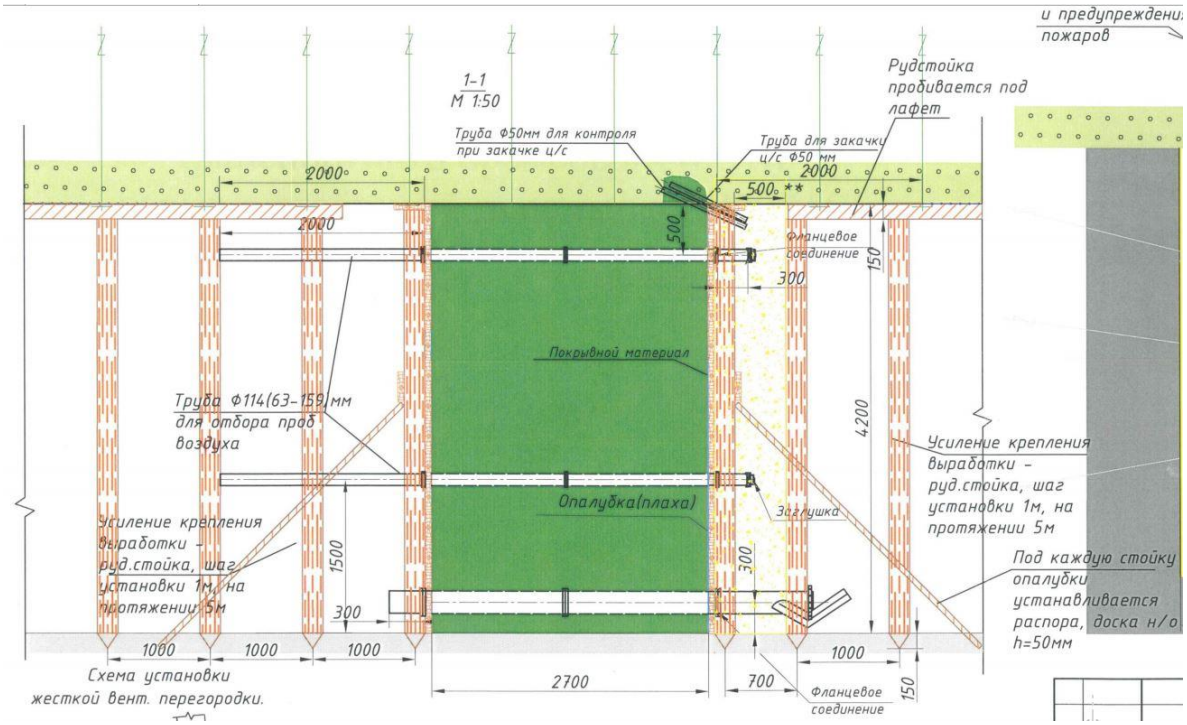
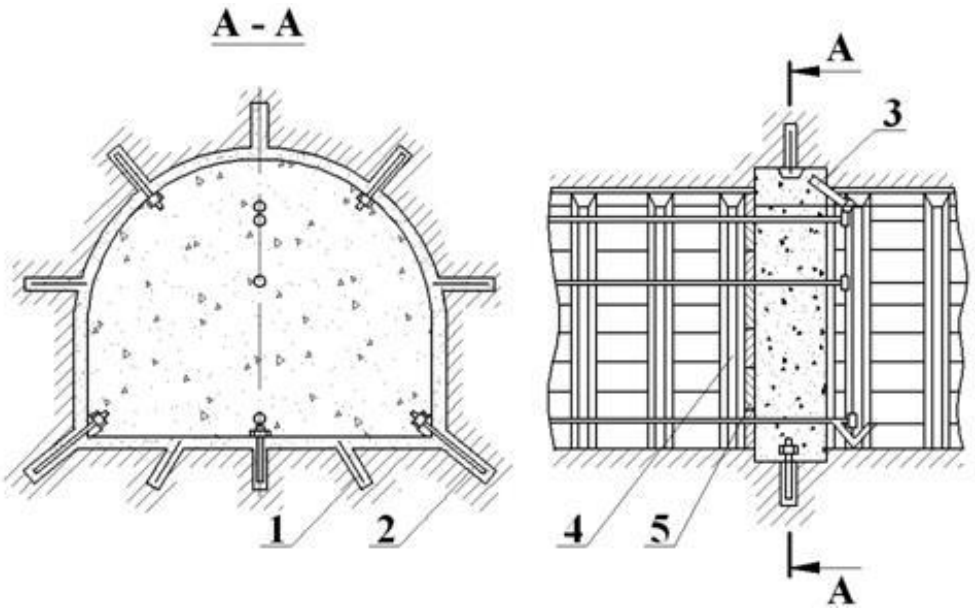


Рисунок 1.5 – Пример конструкции монолитной изолирующей перемычки пластовой выработки (выкопировка с технической документации)

Основными недостатками, характеризующими данный тип конструкций и технологию возведения, является следующее: после возведения, вследствие незначительной усадки материала и/или частичного естественного недолива смеси, практически у всех монолитных конструкций в зоне контакта с кровлей выработки присутствует не смыкание с контуром – наличие щелевого пространства около 5-20 мм; значительная погрешность соблюдения водо-твердого соотношения при работе насосно-смесительной установки (человеческий фактор, не тарированные приборы учёта расхода воды или их отсутствие, нестабильное давление воды в шахтном пожарном водопроводе и др.), что непосредственно влияет на снижение качества сооружения; практически отсутствует контроль оценки трещиноватости и общей нарушенности приконтурной зоны как перед возведением изолирующей перемычки, так и в процессе ее эксплуатации; отсутствует регламент к физическим характеристикам применяемых цементных смесей, оценке и

контролю качества интеграции монолитного тела изолирующей перемычки с приконтурным массивом.

Известным обобщающим технологическим решением является комбинированный способ изоляции с применением тампонажа цементными смесями и дополнительным армированием приконтурной зоны. При тампонаже породы и угля в каждый из шпуров вводят герметизатор и растворонасосом под давлением 0,3-0,5 МПа подают раствор, который заполняет щели, трещины и пустоты в породах и угле. В качестве тампонажных растворов могут быть материалы, применяемые для упрочнения и герметизации массива в шахтах. Для усиления связи в теле перемычки и породах делают паз (канал), в который через трубы нагнетают под давлением цементный раствор или раствор цементных смесей. Повышение устойчивости безврубовых перемычек против осевых нагрузок достигается применением анкеров, вводимых в тампонажные или специально пробурённые шпуры. Например, бетонная безврубовая перемычка (Рисунок 1.6) возводится в следующем порядке [63]. В месте сооружения тела перемычки убирают затяжки, разбивают отслоившиеся куски породы и угля по периметру выработки и бурят шпуры длиной 0,7-1,0 м на расстоянии 0,8-1,0 м друг от друга. В шпуры заводят арматуру 1 и анкеры 2. Количество и диаметр арматурных штырей и анкерных болтов выбирают в зависимости от состояния пород, сечения выработки и ожидаемого горного давления. Прогоны спецпрофиля, конфигурация и размеры которых определяются формой и периметром выработки, присоединяют к анкерным болтам, закреплённым в породе (угле). Арматуру заводят в шпуры и в жёлоб спецпрофиля по мере установки прогонов, которые образуют по всему контакту с породами полый кольцевой канал, соединённый с устьями шпуров. В канал заводят четыре-пять отрезков труб 3 диаметром 40-50 мм. Перемычки сооружают в той же последовательности, что и обычные (врубовые) бетонные. Для этой цели со стороны изолируемого пространства устанавливают две-три деревянные стойки 4, к которым прибивают доски опалубки 5. Опалубку со стороны действующих выработок возводят по мере укладки бетона.



1 – арматура; 2 – анкер; 3 – отрезок трубы; 4 – деревянная стойка;
5 – доска опалубки.

Рисунок 1.6 – Безврубовая бетонная перемычка

Затем, в кольцевой паз через трубу, в несколько приёмов закачивают цементный раствор (Ц:П-1:1) или раствор цементных смесей под давлением 0,3-0,5 МПа. Цементный раствор заполняет пустоты и трещины в породах и скрепляет с ними арматуру, анкера и спецпрофиль. Созданный цементный пояс уплотняет контакт тела перемычки с породами. После схватывания бетона (через 7-10 дней) опалубку снимают, цементным раствором выравнивают поверхность бетона, заделывают раковины и пустоты в перемычке и сопряжении с породами. Затем перемычку железнят или покрывают защитным полимерным слоем.

Данный, достаточно типичный пример комбинированного способа изоляции горной выработки монолитной перемычкой, показывает значительную трудоёмкость, многооперационность, сложность и длительность возведения сооружения.

Представителен опыт комплексного возведения изолирующих водоупорных перемычек и изоляции капитальных выработок угольных шахт с применением способов цементации прилегающих к сооружению нарушений. Апробированные решения для данных особо ответственных сооружений

являются наиболее близкими аналогами к исследуемому в данной работе направлению.

Известны работы: И.В. Попова [165] в области разработки технологии сооружения водоизоляционных завес в трещиновато-пористых горных породах при строительстве шахтных стволов, где дан научно-обоснованный выбор модели течения дисперсных структурированных систем с переменной массой (глиноцементных тампонажных растворов), установлены основные закономерности течения глиноцементных тампонажных растворов в трещине с проницаемыми стенками и подтверждена полученная аналитически зависимость, характеризующая интенсивность отфильтровывание жидкой фазы из тампонажного раствора, которая используется в инженерных расчётах процесса тампонажа трещиновато-пористых горных пород при строительстве шахтных стволов; А.В. Попова [163], содержащей новое решение актуальной научной задачи совершенствования специальных способов проходки капитальных выработок с использованием комплексного метода тампонажа горных пород на основе установленных закономерностей коррозионного разрушения тампонажных завес и повышения их долговечности при использовании составов надёжных коррозионностойких тампонажных растворов, с заданной физико-химической моделью глино-цементной системы; И.А. Поддубного [205] в области обоснования параметров и разработки технологии изоляции выработок угольных шахт от затопления, где рассмотрена 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, установлены параметры технологии нагнетания тампонажных растворов, учитывающей особенности геометрии области фильтрации в условиях сопряжения; В.А. Жеребцова [204] в области обоснования технологии возведения противофильтрационных завес при сооружении водоупорных перемычек в капитальных выработках, где изложены

научно обоснованные рекомендации по определению параметров возведения противофильтрационных завес, а также технические и технологические разработки по креплению капитальных выработок и сооружению в них водоупорных перемычек, с использованием инъекционного двухэтапного уплотнения тела водоупорной перемычки и окружающего ее массива горных пород; Д.Ю. Палеева, О.Ю. Лукашова, А.Е. Баганиной и др. [11, 98, 134], где дана оценка изменения режимов проветривания шахт от различных факторов, в том числе, влияния герметичности изоляционных сооружений на общешахтную депрессию, их устойчивости при воздействии ударных волн.

Особо необходимо отметить работы В.Г. Игишева и В.Б. Попова по созданию новых изоляционных сооружений и их влиянию на безопасность ведения горных работ, об исследовании воздухопроницаемости угольных и породных массивов в местах возведения изолирующих перемычек, которые актуальны и в наше время [42, 56, 57, 91, 140, 149, 155, 164, 165, 189, 202]. Ещё в 1969 году, с учетом работ В.И. Мурашева, А.Б. Захарова и М.К. Козлова, и др., были сделаны следующие выводы. Воздухопроницаемость изолирующих сооружений является базовым фактором пожароопасности выработанных пространств. С учетом мощных напоров современных систем проветривания формируется все более значительный перепад давления в разделяемых перемычкой участках выработки. Одним из основных мероприятий для выравнивания газового баланса (повышение концентрации кислорода в отработанном, и метана в рабочем пространствах) является снижение воздухопроницаемости с выравниванием разности давления до и после изолирующих сооружений. Взятие вруба увеличивает воздухопроницаемость перемычки пластовой выработки, соответственно, целесообразно ограничиться зачисткой и оборкой угля, полностью или частично потерявшем связь с массивом. Вмещающие породы и периметр перемычки являются местом основного объёма утечек, на который непосредственно влияет перепад давления. По степени трещиноватости и воздухопроницаемости выделено три зоны: – максимальной (частичная или полная потеря связи с массивом); – высокой (с

режимом фильтрации, изменяемым по квадратичному закону распределения); – устойчивой части массива (практически отсутствует трещиноватость и воздухопроницаемость). При этом, по сравнению с породным, значительно более разрушенной является приконтурная часть угольного массива. Увеличение интенсивности ведения горных работ и, как следствие, мощности вентиляционной системы шахты, приводит и повышению объёма утечек. Соответственно, глубина проницаемой приконтурной зоны трещиноватости пластовой выработки в нормальных условиях достигает 2,5 м по углю и 1,3 м по породе, а в зоне влияния опорного давления может распространяться до 5 м. Важным, задающим направление дальнейших исследований, является вывод о необходимости тампонирования приконтурной зоны вокруг перемычки цементными смесями. Определены оптимальные параметры тампонажа вмещающих перемычки пород с целью снижения их воздухопроницаемости. Рекомендовано производить тампонаж вмещающих перемычки пород при давлении, не превышающем их гидроразрыва – 0,35-0,5 МПа; расстояние между инъекционными шпурами по углю для глинистых паст рекомендовано 0,6-0,8 м, что согласуется с работами В.А. Хямяляйнена и А.Е. Майорова по цементации массива горных пород.

При этом представительном комплексе выполненных работ, тем не менее, до настоящего времени не выполняются все данные рекомендации. Также, не решена проблема совмещённого тампонирования крупных и мелких трещин, не рассматривались взаимовлияющие процессы уплотнения и упрочнения – консолидации изолирующих сооружений с вмещающим массивом пород, наиболее рациональные технологические приёмы возведения тампонажных завес с учетом именно монолитного способа возведения тела перемычки. Особой и нерешенной проблемой является качественная цементация нарушений пласта, т.к. уголь характеризуется плохой смачиваемостью, слабой адгезией с цементом, хаотичной трещиноватостью приконтурной зоны отжима бортов горных выработок.

1.3. Анализ особенностей технологии инъекционного тампонажа приконтурного массива горных пород

Наиболее сложным в способах изоляции горных выработок является инъекционный тампонаж нарушенного приконтурного массива пород горных выработок, выполняемый с целью его уплотнения и упрочнения.

Наиболее широкое применение получило цементационное упрочнение, являющееся весьма эффективным средством обеспечения устойчивости породных обнажений в самом широком диапазоне горнотехнических условий: во вновь проводимых выработках; в выработках, сооружаемых в зонах геологических нарушений; в эксплуатируемых выработках; в ремонтируемых и перекрепляемых выработках. При этом необходимым условием его применения является наличие вокруг выработки зоны нарушений.

Технология цементации включает в себя создание по периметру выработки облицовочно-изоляционного слоя и нагнетание под его защитой в шпуры цементного раствора. Цементационный раствор в скважину можно подавать двумя способами: при постоянном расходе или при постоянном давлении. Эти два способа реализуются тремя схемами нагнетания: циркуляционной, полуциркуляционной и зажимной. Разделяют предварительное и последующее упрочнение (тампонаж).

Принципиальными физическими особенностями цементации являются отфильтровывание жидкой фазы раствора, и седиментация цементных частиц [58, 78, 101, 104-106, 192, 203-214]. При цементации трещиновато-пористых пород отфильтровывание жидкой фазы в пористые породные блоки, образующие трещины, приводит к увеличению концентрации раствора и закупорке трещин вблизи их устьев. Поэтому перед цементацией больших площадей трещиновато-пористых пород обычно осуществляют химическую обработку массива, например, водными растворами жидкого стекла и хлористого кальция, в результате которой происходит закупорка пор гелем, и трещиновато-пористый массив приводится к «чисто» трещиноватому [50]. При незначительной поровой

проницаемости в раствор вводят добавки, уменьшающие водоотдачу.

Для оценки интенсивности отфильтровывания широко используют результаты исследований водоотдачи цементационных растворов применительно к нефтяным, геологоразведочным и техническим скважинам, шахтному строительству. Из анализа ранее известных результатов исследований следует, что отфильтровывание существенно зависит от давления нагнетания и концентрации раствора. Поэтому, для уменьшения отфильтровывания не рекомендуется вести цементацию при больших давлениях нагнетания, которое также приводит к гидрорасчленению/ гидроразрыву пород.

При движении раствора в скважине, трубопроводе, с относительно небольшими средними скоростями, происходит седиментация цементных частиц, что приводит к кольматации призабойной части скважины и подводящих трубопроводов. При движении раствора в трещинах седиментация, наоборот, играет положительную роль – является одним из основных условий качественного заполнения трещин [71]. После прекращения движения раствора в трещине, его седиментационная неустойчивость также нежелательна, так как происходит расслаивание над осевшей твёрдой фазой. Исследования седиментации выполнялись, как правило, одновременно с исследованием водоотдачи в статическом состоянии. Только часть экспериментов была проведена авторами на моделях трещин в динамике. Независимо от концентрации раствора и геометрии потока авторами рекомендовано принимать минимальную безосадочную скорость, равную 0,7 м/с.

Отмеченные физические особенности процесса цементации позволяют рекомендовать к применению на окончательной стадии нагнетания или при возведении локальных завес способ с постоянным давлением.

Известен представительный опыт применения при тампонаже горных пород стабильных глиноцементных растворов для снижения водопритока в выработку [78], который исключает проблему учёта седиментации и управления процессом осадкообразования в трещинах. Использование нетвердеющих глиноцементных растворов позволяет реализовать наиболее простой способ

тампонажа восходящими заходками с применением пакеров. Кроме указанных достоинств разработанный в ПО «Спецтампонажгеология» комплексный метод тампонажа (КМТ) имеет ещё ряд преимуществ перед традиционной технологией цементации – он предусматривает весь объем работ, необходимый для создания противофильтрационной завесы, а именно: проведение гидродинамических исследований для определения всех необходимых параметров тампонируемого массива, разработку проекта на основе полученной информации, производство работ по бурению скважин и нагнетанию раствора, контроль состояния тампонируемого массива в процессе тампонажа, оценку качества тампонажных работ. Тампонаж осуществляют через наклонно-направленные одноствольные или многоствольные скважины, располагая их на некотором расстоянии от ствола. Это позволяет совместить работы по тампонажу с другими работами по оснащению ствола к проходке. Сохранение свойств тампонажного раствора на любом расстоянии от средств нагнетания способствует качественному тампонажу на любых глубинах. В 1990-х гг. КМТ был успешно реализован также при проходке горизонтальных выработок в сложных горно-геологических условиях, в частности, в зонах тектонических нарушений [179]. Применяемые в КМТ тампонажные растворы являются практически «идеальными» жидкостями флюидоразрыва, что нашло своё отражение в развитии способов тампонажа с гидрорасчленением и гидроразрывом слабопроницаемых пород [159].

В работах, посвящённых исследованию укрепительной цементации, в основном рассмотрены геомеханические аспекты рассматриваемой проблемы. Исследована и доказана эффективность упрочнения, сформулированы требования, предъявляемые к прочностным характеристикам упрочнённого массива. Способы же и приёмы достижения сформулированных требований, т.е. вопросы технологии, рассмотрены недостаточно полно. Существующей технологией цементации массива пород предусматривается поочерёдное проведение бурения и посскважинное нагнетание. Число скважин обычно определяется из расчета 2–4 м^2 поверхности выработки на одну скважину. Процессы ориентированы на высокопроизводительное механизированное

бурение, средства нагнетания и приготовления раствора, с задачей максимума распространения фронта завесы по трещинам. Для повышения прочности цементного камня применяют высококонцентрированные инъекционные растворы [58], однако их низкая проникающая способность значительно ограничивает область применения цементации в тонкотрещиноватых породах. Именно такая трещиноватость часто развивается вокруг выработок в зоне неупругих деформаций. Использование же малоконцентрированных растворов в несколько раз уменьшает прочность цементного камня и упрочнённого массива, увеличивает размокаемость горных пород и приводит к необходимости цементации на большую глубину. При вскрытии инъекционной скважиной массива с неоднородной проницаемостью происходит неравномерное распространение раствора от скважины по ее длине. Отсутствуют достаточно эффективные методы контроля состояния массива до, в процессе и после окончания нагнетания раствора.

Анализ опыта работ по последующей цементации в Кузбассе [26] показывает, что отмеченные недостатки на практике привели к тому, что объёмы упрочнения пока незначительны и упрочняют породный массив с достаточно крупной трещиноватостью: коэффициент трещинной пустотности изменяется от 0,03 до 0,05. Хотя с точки зрения прочности и устойчивости массива трещины любого раскрытия практически в равной степени являются поверхностями ослабления.

В соответствии с [213], исследованы процессы расслоения и смещения кровли пластовых выработок, выявлены основные закономерности распределения величины раскрытия трещин и их гидродинамического сопротивления по длине вскрывающей инъекционной скважины. Доказано, что в условиях расслоившейся кровли пластовых выработок образуется анизотропная и неоднородная трещинная проницаемость, приводящая к уменьшению радиуса цементации с удалением вглубь массива. Показан опыт применения инъекционного упрочнения кровли пластовых выработок цементными растворами в сочетании с анкерной крепью, получивший

значительное распространение в Китае. При изучении опыта по упрочнению неустойчивой кровли пластовых выработок цементными растворами на шахтах «Линдзя» и «Баолдень» треста «Лунко» [215] показано, что для упрочнения слоистой неустойчивой кровли угольных пластов применяются технологические приёмы инъектирования цементных растворов, которые не позволяют обеспечивать качественного заполнения трещин цементным материалом, и в России в настоящее время не применяются. В частности, концентрация и давление нагнетания цементного раствора назначаются для всех случаев практически постоянными, т.е. без учёта параметров трещиноватости горных пород, нагнетание нестабильных цементных растворов проводится способом с постоянным расходом, при котором в трещинах над цементным осадком, как правило, остаётся зазор. Однако, даже несмотря на указанные недостатки, применение цементации на шахтах Китая позволяет в 1,5–2,0 раза уменьшить смещение кровли в пластовых выработках, обеспечивая их безремонтное поддержание в сочетании с анкерной или металлической рамной крепями.

Фундаментальные широкомасштабные инструментальные исследования по изучению эффективности упрочнения неустойчивой слоистой кровли пластовых выработок фосфогипсовым вяжущим раствором, свойства которого очень близки к цементному, были выполнены в МакИСИ под руководством И.Ю. Заславского. Подтверждена эффективность упрочнения пород вяжущими растворами, что позволило МакИСИ создать нормативную базу и рекомендовать к применению для инъекционного упрочнения расслоившейся породной кровли пластовых выработок цементные, фосфогипсовые или другие твердеющие вяжущие растворы с высокой адгезией к породе.

Представителен также опыт управления физическим состоянием массивов горных пород, не вошедших в описательную часть данной главы, в том числе, используемый в смежных областях строительства [9, 19, 20, 22, 23, 30-32, 34-37, 43, 45, 48, 75, 84-87, 92, 94, 108, 111, 133, 157, 159, 161, 162, 170, 171, 177, 188, 197-200, 217, 218, 223, 227-229, 234, 237, 238, 240, 245].

К общим положительным качествам цементации относятся: относительно низкая стоимость; экологичность; отработанная технология; апробированная нормативная база.

Таким образом, на основе анализа предшествующего опыта очевидно, что необходима разработка новых технических решений по совершенствованию технологии возведения тампонажных завес с учетом особенностей пластовых выработок, особенностей совмещения технологических процессов возведения тела монолитной изолирующей перемычки. Также, учитывая требования пожаробезопасности, термо- и теплостойкости применяемых для изоляционных сооружений материалов, очевидна невозможность использования различных химических смол и композиций для тампонажа. Целесообразно использование составов на основе цементного вяжущего и доступных минеральных заполнителей (зола, шлак, гипс, шламы и пр.), при разработке которых, кроме прочностных, важен учёт их реологических характеристик, их физическая совместимость.

Однако, важной и не решённой до настоящего времени проблемой является низкая прочность адгезии цементного камня к углю, низкая проникающая способность раствора в перемятом массиве, а при неоднородной трещиноватости происходит неравномерное распространение раствора от инъекционной скважины. Соответственно, для развития технологий важно понимание физических характеристик специализированных смесей и растворов.

1.4. Анализ физических характеристик минеральных составов на цементном вяжущем

Возведённое изоляционное сооружение должно соответствовать заданным параметрам устойчивости, прочности, газо- и водонепроницаемости, сроку эксплуатации, технологичности возведения. Исходя из указанных качеств смесь из минеральных составов на цементном вяжущем должна быть водостойкой, устойчивой к солевой и карбонатной коррозии, обладать достаточной (заданной)

ранней и проектной прочностью, удобоукладываемостью в опалубку, низкой конкурентной стоимостью.

Для реализации дальнейших исследования также важен практический опыт изоляции горных выработок и отработанных пространств в горном деле. Как показывает анализ зарубежных составов и их аналогов, в основном используют системы на основе алюминатных, глиноземистых цементов с добавлением гипса в виде ускорителя схватывания и наполнителей. Применение подобных смесей, при их высоких эксплуатационных характеристиках, ограничивается дефицитом и привязкой к зарубежным поставкам – основным доступным поставщиком алюминатного цемента является Китай. В условиях задачи импортозамещения, с учетом широкого спектра техногенных сырьевых ресурсов Кузбасса и ближайших регионов, целесообразно развитие отечественного продукта.

Основным ближайшим поставщиком портландцемента разных марок является АО «Топкинский цемент». Учитывая полисостав проектируемых смесей, целесообразно ориентироваться на портланд ПЦ-500 без добавок.

Золы уноса, а также золошлак и граншлак, образующиеся при сжигании энергетических марок угля и доменном производстве металла, обладают пуццолановыми/вяжущими свойствами. Учитывая доступность и низкую стоимость техногенных отходов, они представляют основной интерес в качестве добавок-наполнителей для цементного вяжущего при проектировании новых смесей, увеличивающих их прочность, водонепроницаемость, водостойкость, коррозионную стойкость, позволяющих экономить цемент и снижать себестоимость. Характеристики зол и шлаков, как добавок в бетоны, нормируются ГОСТ 25818 и ГОСТ 25592.

Применение техногенных отходов с целью снижения себестоимости продукции возможно при выполнении следующих условий: стабильность свойств и хорошо организованная система контроля качества; годовая стабильность поставок; короткое транспортное плечо или низкая стоимость доставки (ж/д); низкая стоимость, не превышающая 50% стоимости цемента.

Ближайшими предприятиями, продукция которых представляет интерес для дальнейших исследований, являются: Кузнецкая ТЭЦ, Кемеровской ГРЭС, Ново-Кемеровская ТЭЦ, Кемеровская ТЭЦ, Беловская ГРЭС, Томь-Усинская ГРЭС, ОАО «Сибэко» ТЭЦ № 3 и 5 (Новосибирск ОАО «Сибэко»), ОАО «Барнаульская ТЭЦ-3», ОАО «Назаровская ГРЭС», ПАО «Энел Россия» филиал «Рефтинская ГРЭС» (Свердловская обл.), ООО «Мечел-Материалы» (Челябинск), ООО УК «СГМК» ЕВРАЗ ЗСМК (Новокузнецк).

В качестве наполнителей смесей перспективен минеральный порошок или пыль инертная ГОСТ Р 51569. Ближайшими производителями сырья является ООО «Инертник», а также известковые карьеры: Кемеровский каменный, Власковский, Известковый, Мозжухинский. Гипс строительный широко используют в качестве ускорителей твердения смесей.

В рассматриваемой в данной работе технологии изоляции применяют два процесса: заполнение опалубки и тампонаж трещин окружающего массива пород. Плотный высокопрочный цементный камень образуется при твердении цементного теста, полученного при затворении сухого цемента и 20–25% (от массы цемента) воды. Однако концентрация такого раствора настолько велика, что его транспортирование в породный массив невозможно. Поэтому при приготовлении в раствор вводят гораздо большее количество воды, чем это нужно для гидратации цемента. Уменьшение концентрации раствора приводит к снижению прочности и плотности цементного камня, повышению седиментационной неустойчивости и необходимости рассмотрения раствора как суспензии [58, 78, 101, 103, 104, 106, 192, 203-214]. Таким образом, имеем два взаимоисключающих условия, ключевым при этом для реализации такой комплексной технологии являются реологические характеристики получаемых растворов.

Значительный объем исследований реологии цементных растворов проведён в области подземного строительства, а реология двухфазных водотвердых суспензий важна как основа дальнейших исследований. Среди факторов, влияющих на реологические характеристики цементных растворов,

можно выделить концентрацию, гранулометрию и форму частиц цемента; режим и характер движения частиц; степень проявления тиксотропных свойств; фактор времени и другие параметры [16, 17, 21, 24, 29, 39, 58, 78, 80, 97, 99-101, 103, 104, 106, 113-115, 118, 119, 172, 192-196, 201-214, 219, 222, 225, 230, 231, 239, 242, 244], где, в том числе, отражена значимость реологических моделей Гершеля-Балкли, Шведова-Бингама, В.А. Хямяляйнена.

Соотношение между напряжением сдвига и скоростью сдвига $\tau = f(\dot{\gamma})$ суспензии графически изображается в виде кривой, на которой по оси ординат откладывают значения τ, а по оси абсцисс - $\dot{\gamma}$. Такой график называют «кривой течения». Для ньютоновской жидкости эта зависимость линейная. Неньютоновских жидкостей значительно больше, чем ньютоновских. При рассмотрении вязкостных свойств неньютоновских жидкостей можно рассматривать зависимость эффективной вязкости либо от скорости сдвига, либо от напряжения сдвига.

Наиболее характерными для водо-твердых суспензий, в зависимости от их концентрации, являются следующие модели течения:

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma}$$ – ньютоновская жидкость; (1.1)

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^{n}$$ – псевдопластичная (степенная) жидкость; (1.2)

$$\tau = \tau_0 + \mu_{стр} \cdot \dot{\gamma}$$ – вязкопластичная (бингамовская) жидкость; (1.3)

где, τ – напряжение сдвига, Па; μ – ньютоновская вязкость, Па·с; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, $с^{-1}$; k – коэффициент консистенции, Па·$с^{n}$; n – индекс потока; τ_0 – начальное напряжение сдвига, Па; $\mu_{стр}$ – структурная вязкость, Па·с.

Часто для характеристики суспензий используют понятие эффективной динамической вязкости, которая определяется следующим образом:

$$\mu_{эфф} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \tag{1.4}$$

Как следует из этого определения и соответствующей кривой течения (1.2) и (1.3), $\mu_{эфф}$ - величина переменна и изменяется в зависимости от скорости сдвига. Поэтому $\mu_{эфф}$ имеет смысл только для определённого (заданного) значения скорости сдвига.

Определение реологических характеристик растворов минеральных смесей основано на методе, при котором непосредственно устанавливается связь напряжения сдвига со скоростью сдвига путем приложения к образцу однородного сдвига в специально сконструированном приборе (вискозиметре) и измерением соответствующего напряжения сдвига. Вискозиметры, использующие этот принцип, представляют собой ротационные устройства в виде соосных цилиндров или конуса и пластины.

Остановимся на следующем представлении.

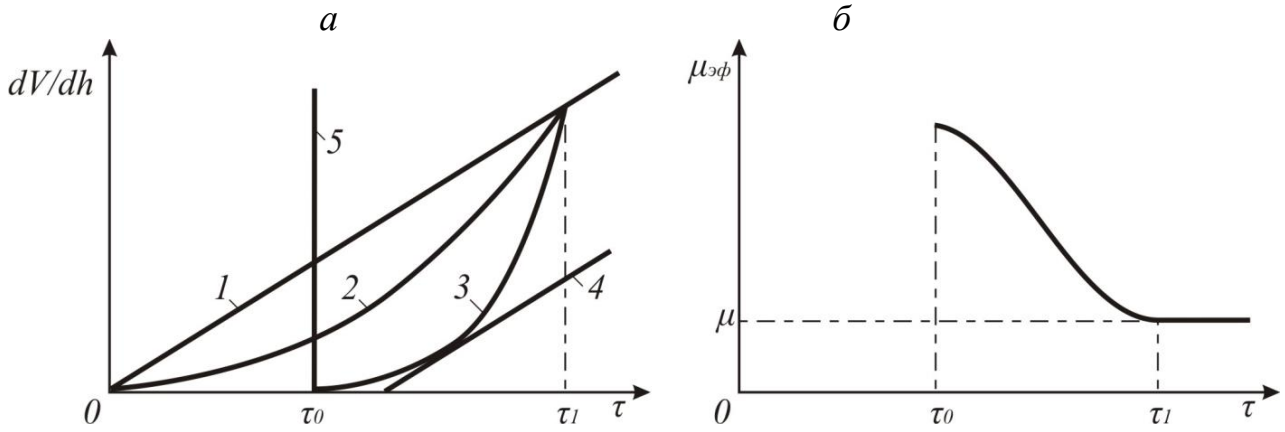
Нестабильные (седиментирующие) цементные растворы представляют собой разновидность гетерогенных жидкостей и образованы цементными частицами в жидкой среде, поэтому с точки зрения гидродинамики их целесообразно называть суспензиями. Наличие твёрдой фазы в жидкости видоизменяет ее вязкость. При этом не только происходит количественное изменение вязкости, но изменяется и закон, характеризующий ее. Жидкости, закон внутреннего трения которых отличен от закона внутреннего трения Ньютона для однородных жидкостей, принято называть аномальными. Последние характеризуются обычно реологическими кривыми, представляющими собой зависимости градиента скорости по нормали к направлению движения слоев жидкости *dv/dh* от напряжения сдвига τ.

Классификация аномальных жидкостей основана на различном виде реологических кривых. В настоящее время не существует общепринятой классификации аномальных жидкостей. На Рисунке 1.7*а* по результатам

фундаментальных отечественных и зарубежных исследований представлены основные типы реологических кривых.

Гидравлические расчёты параметров движения цементных растворов зависят от выбора для них той или иной реологической кривой. Если при исследовании движения стабильных тампонажных смесей на основе глины и цемента используют реологическую кривую вязкопластичной жидкости (тело Шведова – Бингама), то при исследовании нестабильных цементных растворов, имеющих слабую структуру, целесообразно воспользоваться третьей реологической кривой, описывающей, в частности, движение угольной суспензии. Тогда зависимость коэффициента эффективной вязкости цементного раствора $\mu_{эф}$ от касательного напряжения τ или, что, то же самое, от градиента скорости, будет иметь вид, представленный на Рисунке 1.7*б*.

Из графиков Рисунка 1.7 следует, что при значительной скорости движение цементного раствора удовлетворяет линейному закону трения Ньютона и характеризуется постоянным коэффициентом динамической вязкости μ. По мнению А.Х. Мирзаджанзаде, аналогичный характер поведения имеют стабильные глинистые смеси.



1 – ньютоновская жидкость; 2 – тиксотропная жидкость; 3 – дисперсная система (водотвердая смесь); 4 – вязкопластичная жидкость; 5 – хрупкое тело.

Рисунок 1.7 – Реологические характеристики аномальных жидкостей

Определение предельного напряжения сдвига τ_0 и зависимости касательного напряжения τ или от градиента скорости dv/dh нестабильных цементных растворов на вискозиметрах известных конструкций весьма затруднительно из–за интенсивной седиментации частиц при малых скоростях сдвига.

Для практических расчетов параметров движения цементных растворов наибольший интерес представляет область течения раствора с достаточно большими скоростями, при которых осуществляется перенос цементных частиц, и не происходит их седиментация. На реологической кривой эта область течения примерно соответствует касательным напряжениям $\tau > \tau_1$. Поэтому при гидравлических расчётах параметров цементации течение нестабильных цементных растворов в безосадочном режиме полагаем удовлетворяющим линейному закону внутреннего трения гомогенной жидкости.

Экспериментальные исследования по заполнению трещин цементным материалом, выполненные в ОАО «КузНИИшахтострой», показывают, что ориентировочно растворы с цементно-водным массовым отношением Ц:В ≥ 1:0,5 можно рассматривать как вязкопластичные жидкости, с Ц:В ≤ 1:1 – как нестабильные суспензии, а растворы промежуточных концентраций – как обладающие проявлением и вязкопластичным свойствам и седиментационной неустойчивостью. При этом введение стабилизирующих добавок приводит к преобладанию пластичности.

Ориентировочные значения реологических характеристик цементационных растворов приведены в Таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Реологические свойства цементационных растворов

Состав раствора, Ц: В	τ_0, кПа	μ, 10^3 Па·с
1:0,4	15,29	60,3
1:0,6	2,822	14,7
1:0,8	0,747	8,7
1:1	0	5,99

1:2	0	3,1
1:3	0	2,3
1:5	0	1,6
1:10	0	1,3

Под проникающей способностью цементационного раствора понимается способность дисперсной фазы проникать в трещины.

Практикой установлено [204, 213], что цементации поддаются трещины с раскрытием более (0,1–0,2) 10^{-3} м. Проникновение твёрдой фазы в трещину зависит от ряда факторов, основными из которых являются: раскрытие трещины, размер твердых частиц и их концентрация, давление (напор) потока. Тогда расход раствора через устье трещины можно представить, как функцию четырёх независимых друг от друга переменных

$$Q_p = f_Q(\delta, d, \alpha, P_{\text{ск}}), \tag{1.5}$$

где δ – величина раскрытия трещины на устье; d – диаметр твёрдой частицы; α – концентрация твердых частиц в растворе; $P_{\text{ск}}$ – давление (напор) потока в скважине.

В качестве критерия проникающей способности K_n возьмём отношение расхода раствора и воды через устье трещины при одной величине ее раскрытия и одинаковом давлении

$$K_n = Q_p / Q_в, \tag{1.6}$$

где Q_p и $Q_в$ – расходы цементного раствора и воды, соответственно.

Учитывая все многообразие описанных процессов, важно корректное проведение диагностики и контроля технического состояния изоляционных сооружений, обеспечивающих качество и надёжность их работы.

1.5. Диагностика и контроль технического состояния изоляционных сооружений

Изоляция выработок является одной из важных технологических задач при ведении горных работ. При плановой изоляции неизбежно возникают вопросы:

– где возводить перемычку и какова степень нарушенности приконтурного массива пород?

– какой состав смеси и какая технология инъекционного упрочнения и уплотнения приконтурного массива пород наиболее эффективны?

– как проконтролировать реальное качество проведённого инъекционного упрочнения и уплотнения приконтурного массива?

При этом, важной характеристикой физико-механического состояния приконтурного массива пород горной выработки является трещиноватость. Наряду с прочностью, трещиноватость – главный критерий устойчивости горных пород. Соответственно, актуальны вопросы оперативной диагностики состояния приконтурной зоны, позволяющие оценить реальные интенсивность трещиноватости и фильтрационные свойства массива, должны включать в себя:

– визуально-измерительный контроль поверхности контура горной выработки и состояния внутренней поверхности диагностических скважин объекта при проведении его эндоскопического обследования, позволяющего определить расположение и величину раскрытия трещин, наличие зеркал скольжения и ослабленных контактов, оценить общую геометрию зоны нарушений;

– контроль трещинной проницаемости (трещиноватости и фильтрационных свойств) массива горных пород реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через трещины, вскрытые диагностическими скважинами.

Визуально-измерительный контроль является базовым методом неразрушающего контроля при диагностике технического состояния объекта. Проводится для оперативного выявления факта наличия нарушений при

определении целостности тела конструкции и прилегающего массива горных пород; определения границ зон НДС массива, границ зон трещиноватости; оперативной оценке интенсивности трещиноватости до инъекционного упрочнения/уплотнения и качества проведённых инъекционных работ после; и т.д. В процессе обработки результатов контроля возможно также определение среднеарифметического значения величины раскрытия трещин на обследуемом участке скважины. Также, составляют схему контроля, состоящую из эскиза объекта, дополненного развёрткой контура горной выработки с нанесёнными на неё пронумерованными выходами трещин, нарушениями, с относительными координатами места их расположения и геометрическими размерами.

При визуально-измерительном контроле необходимо обращать внимание на общее состояние объекта исследований, наличие и характер расположения трещин и нарушений, наличие зон повышенной влажности, потёков и высолов, мест коррозионных разрушений материала, и т.д. При контроле диагностических скважин необходимо фиксировать наличие зон интенсивной трещиноватости (НДС – их мощность, локализация), зеркал скольжения, форму и углы расположения трещин относительно оси скважины, величину их раскрытия, форму и углы кольцевых сколов, образованных буровой коронкой при прохождении плоскостей переслаивания горных пород и зон нарушений, глубину расположения описываемого объекта относительно устья скважины, степень шероховатости и цвет (текстуру и фактуру) стенок. Схему контроля необходимо дополнять сводной таблицей, описывающей в порядке расположения все выявленные дефекты и замеренные величины.

Реометрический контроль относится к числу наиболее эффективных, простых и доступных инженерных методов контроля параметров нарушенной зоны объекта исследований с оценкой его фактической трещинной проницаемости при помощи прямых наблюдений. Учитывая многолетний опыт работы специалистов различных научных и научно-производственных организаций [62, 211, 212], в том числе необходимость выполнения требований нормативной документации, для реализации метода необходимо дальнейшее

совершенствование и разработка специальных средств контроля и вспомогательного оборудования.

Учитывая ограниченность приборной базы, методик контроля, очевидно, что совершенствование методов экспресс-оценки физического состояния массива и технического состояния изоляционных сооружений шахт позволит повысить эффективность изоляции, критерием оценки качества которой является герметичность и комплексный показатель прочности, включающий адгезионную прочность материала к углю и породе, когезионную прочность, прочность на одноосное сжатие и изгиб.

1.6. Выводы

Направление изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих горных выработок развивалось, в основном, в области внедрения технологии опалубочного возведения тела безврубовых монолитных перемычек из импортных специализированных цементных смесей. Пластовые горные выработки являются наиболее сложными в эксплуатации сооружениями, с широко варьируемыми горно-геологическими и горнотехническими условиями, в основном с сильно перемятой приконтурной зоной угля, и находящиеся в зоне влияния очистных работ. При этом, отработанные способы изоляции не дали ожидаемого положительного результата – выявлено планомерное нарушение герметичности изоляционных перемычек, особенно в пластовых выработках, отсутствие полноценной интеграции монолитного тела перемычки с ненарушенным массивом пород.

Основными требованиями к конструкции ИП является ее регламентированная толщина и прочность, негорючесть, технологичность и скорость возведения, высокая изолирующая способность и взрывоустойчивость. Однако, известный опыт практически не учитывает связанные с этим условия: взрывоустойчивость безврубовой конструкции можно обеспечить только при полной консолидации монолитного тела перемычки с устойчивой частью

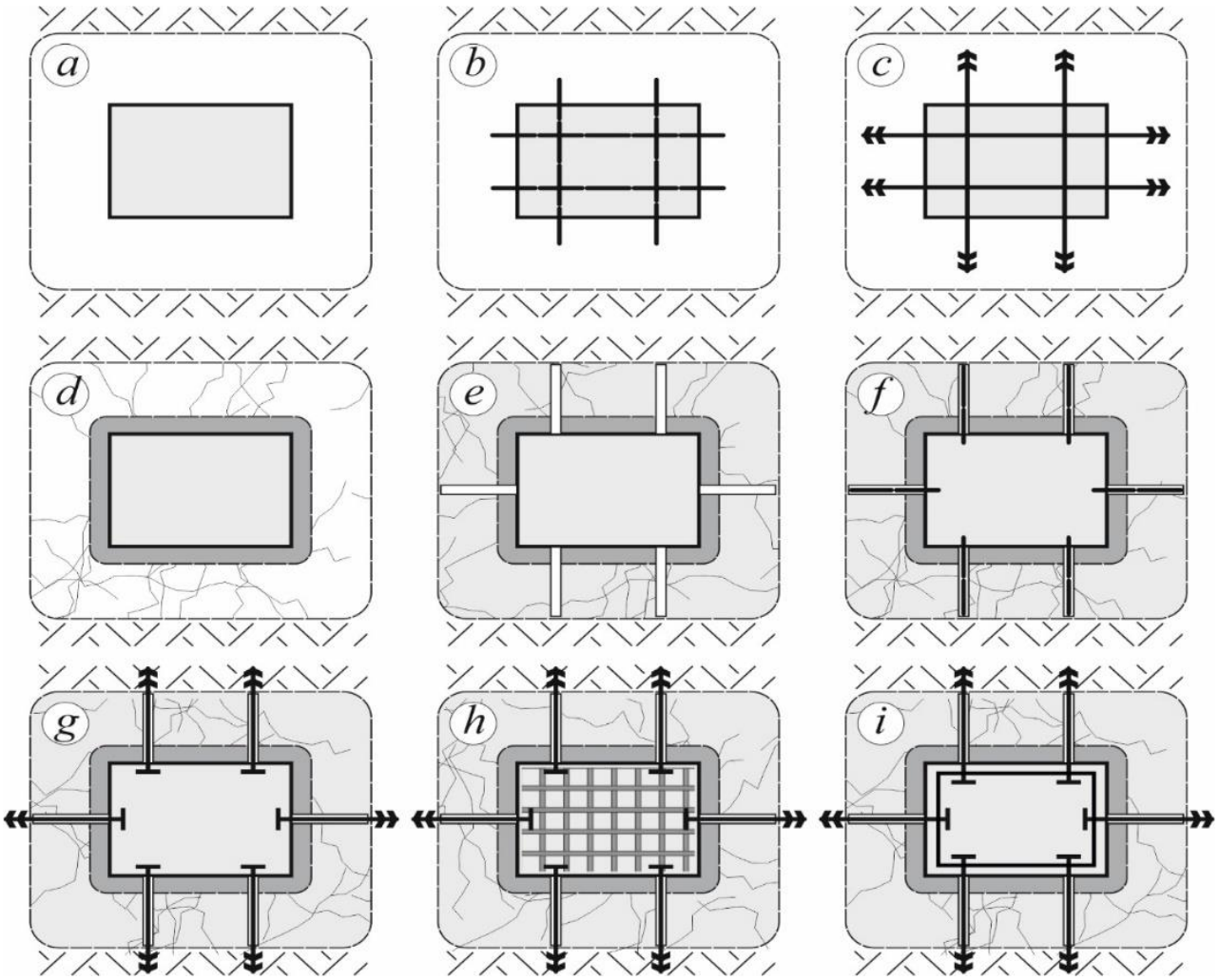
массива пород, что особо важно для пластовых выработок, характеризуемых, как правило, нарушенной приконтурной зоной пород; применение различных технологических операций требует их объединение во времени и пространстве, а различные материалы – их физической и технологической совместимости. Данный подход позволит получить синергетический эффект повышения технологичности и качества изоляции горных выработок, снижения времени и стоимости возведения изоляционного сооружения.

Наиболее рациональным и технологичным решением для повышения качества изоляции пластовых горных выработок является комплекс, учитывающий необходимость создания консолидирующих изоляционных систем «перемычка-тампонажная завеса» с применением совместимых импортозамещающих ЦС и способов тампонажа нарушенной приконтурной зоны.

Выявленная аналитическая классификация принципиальных схем представлена на Рисунке 1.8 в иерархической последовательности роста уплотнения и упрочнения изоляционной системы, учитывающая возможность различного сочетания технологических и конструктивных особенностей – от самых простых, состоящих из тела перемычки, до более сложных консолидирующих изоляционных систем «перемычка-тампонажная завеса».

Смеси на основе портландцементов и минеральных наполнителей в горном деле создавались для максимально качественного тампонажа протяжённой приконтурной зоны выработанного пространства или для возведения монолитного сооружения. Существующие способы изоляции не учитывают задачу качественного тампонажа локальной зоны периметра горной выработки, осложнённой наличием разветвленных систем крупных и мелких трещин, к тому же, различающейся в бортах и кровле как по величине раскрытия, так и по составу зоны – уголь и порода. Стандартно применяемые технологические решения разделены на отдельные способы, которые поочерёдно применяют для повышения плотности и прочности возводимой системы.

В свою очередь, разработанные теоретические основы гидродинамики стабильных и нестабильных тампонажных растворов, рекомендации по технологии и режимам закачки ЦС в массив, ориентированы в основном на технологии крепления горных выработок и возведения водоупорных противофильтрационных завес, с задачей максимально возможного радиуса распространения тампонажных растворов по трещинам. Физический объект в виде хаотично нарушенной приконтурной зоны угольного пласта, геометрически ограниченной толщиной ИП и контуром нарушений, имеющий уникальные физические характеристики, в задачах инъекционной цементации ранее не рассматривался.



a) ИП; b) ИП армированная; c) ИП напряжённо-армированная (анкерами);
d) ИП с частичным проникновением состава в трещины приконтурной зоны;

e) ИП дополнена инъекционным тампонажем приконтурной зоны; f) ИП дополнена армированием приконтурной зоны; g) ИП дополнена напряжённым армированием приконтурной зоны (анкерами); h) ИП дополнена армированием тела ИП; i) ИП дополнена несущими закладными элементами в теле ИП.

Рисунок 1.8 – Принципиальные схемы безврубовых изоляционных систем

Решение указанных вопросов качественно повлияет на эффективность интеграции изолирующего сооружения в нарушенную приконтурную зону и его консолидацию с вмещающим углепородным массивом, создавая изоляционную систему «монолитная перемычка – тампонажная завеса». Очевидно, что опалубочное возведение ИП, технологически увязанное с одновременным возведением тампонажной упрочняюще-уплотняющей завесы, даст эффект повышения скорости и качества изоляции выработанного пространства.

Очевидна необходимость и актуальность комплексного подхода в решении задач изоляции пластовых выработок, повышающего эффективность интеграции ИП в приконтурный массив и учитывающего особенности процессов монолитного возведения сооружений из ЦС и их фильтрации по прилегающим трещинами.

Таким образом, постановка указанной проблемы позволила сформулировать основную цель, идею, объект и предмет, задачи исследования (см. Введение), решение которых отражено в следующих главах работы.

2. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАССОВОГО ВОДО-ТВЕРДОГО СООТНОШЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ СМЕСЕЙ, РАЗРАБОТАННЫХ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ТЕЛА БЕЗВРУБОВОЙ МОНОЛИТНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И СОЗДАНИЯ ТАМПОНАЖНОЙ ЗАВЕСЫ, НА ИХ ПРОЧНОСТНЫЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Обоснование базового состава и рецептур цементных смесей

Базовым функциональным элементом технологии комплексной изоляции горных выработок с возведением монолитных безврубовых изолирующих взрывоустойчивых перемычек (ИП) с упрочняюще-уплотняющей тампонажной завесой в окружающем приконтурном углепородном массиве, являются специализированные импортозамещающие сухие смеси на цементном вяжущем (ЦС). Для классификации разрабатываемых ЦС введена аббревиатура: УГМ – для инъекционного тампонажа нарушенных пород, и УГМ-П – для возведения тела ИП с возможностью пропиточного безнапорного тампонажа трещин в прилегающей приконтурной зоне горных выработок. При этом, учитывая цель, задачи и идею работы, предопределены следующие требования к ЦС:

– УГМ – целесообразны относительно низкие значения динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0, Па в рабочем диапазоне водо-твердого соотношения (В/Т); целесообразно общее снижение влияния седиментации и проявление большей пластичности; прочность должна быть сопоставима с прочностными характеристиками обрабатываемого углепородного массива;

– УГМ-П – целесообразно при твердении обеспечить трещиностойкость, низкий нагрев и усадку, отсутствие расслоения; высокую подвижность и срок схватывания до 15 мин – регламентированы технологией. Также, нецелевые перетоки смеси по крупным трещинам возможно снизить при большем проявлении структурных свойств, а прочность регламентирована действующими нормативами в области изоляции горных выработок и выработанных пространств [44, 63-69, 157, 166-168].

Учитывая необходимость минимизации стоимости и условие импортозамещения, а также особенности разрабатываемой технологии изоляции горных выработок шахт, очевидна необходимость разработки и новой рецептуры ЦС. В качестве основного сырья целесообразно и рационально использование: цемент марки ПЦ-500 производства Топкинского цементного завода (наиболее стабильное высокое качество, близкое к потребителю расположение), твёрдые техногенные отходы ТЭС и металлургических предприятий Сибири.

Портландцемент является основным вяжущим в производстве строительных смесей различного назначения при удовлетворяющих технологические требования физических характеристиках. Высокая прочность, термостойкость, активность, временная стойкость, возможность создания модифицированных композиций, с широким спектром эксплуатационных характеристик, предопределяют данный выбор [47, 112, 117, 166, 182, 186, 224, 235, 241].

При обосновании базовых рецептур УГМ и УГМ-П проведены широкомасштабные исследования, включающие уточнение наиболее рациональной золошлаковой смеси, выбор добавок стабилизаторов и ускорителей твердения, добавок-наполнителей (инертных и активных).

Методика проведения испытаний

Оценка гидравлической активности золы /шлака. Метод заключается в определении прочности образцов-балочек из раствора, полученного затворением при определённом водо-твердом соотношении (В/Т), равным 0,5, сухой смеси исследуемого образца золы с фиксированной порцией цемента. Показателем гидравлической активности золы является величина предела прочности соответствующих образцов-балочек на одноосное сжатие, при допущении, что активность цемента неизменна. Смесь затворяется водой и перемешивается при помощи дрели с насадкой для получения равномерно гомогенизированного раствора, из которого формуются образцы – прямоугольные призмы размером 40х40х160 мм. После твердения образцов в нормальных условиях в течение 28 суток определяется их прочность на одноосное сжатие и изгиб. Чем выше прочность образца, тем выше гидравлическая активность золы. Для исключения

влияния активности цемента, в оценке гидравлической активности золы (шлака) необходимо учитывать прочность контрольного образца из чистого цемента.

Определение теплоты гидратации зол (шлаков). Теплота гидратации золы оценивалась по величине подъёма температуры смеси золы с водой в стандартных условиях: навеска золы – 90 г, навеска воды – 20 г, температуры золы и воды перед смешением и температура окружающей среды не должны отличаться более, чем на 1 °С. В стакане объёмом 200 см^3 быстро смешать золу с водой в указанном соотношении до однородного состояния рабочим концом термометра и оставить его в центре полученной смеси. С этого момента необходимо фиксировать время и температуру смеси до ее стабилизации. За результат принимают разницу между конечной и начальной температурой смеси. Все образцы золы использовались без предварительной подготовки. Золошлак сушили до остаточной влажности <1,0% и размалывали в лабораторной мельнице до остатка на сите № 008 ≤5%.

Выбор базового состава цементных смесей УГМ и УГМ-П

Золы уноса, а также золошлак мокрого удаления (после сушки и помола), образующиеся при сжигании энергетических марок угля, обладают пуццолановыми свойствами. Эти материалы представляют интерес в качестве добавок для цемент-содержащих смесей, увеличивающих их прочность, водонепроницаемость, водостойкость, коррозионную стойкость, позволяющих экономить цемент и снижать себестоимость. Характеристики зол и шлаков, как добавок и наполнителей в бетоны и цементные смеси, нормируются различными ГОСТ: 25592-91, 25818-91, 24211-2008, 26633-2012, 28013-98, 25820-2000, 31359-2007, 31357-2007, при этом, реальные данные, получаемые при проверке характеристик, порой значительно отличаются от заявленных, что требует проведения дополнительной оценки.

В процессе исследования оценены основные характеристики полученных образцов золо-шлаковых материалов, представленные в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Золы и шлаки, опробованные в лаборатории

Поставщик	Зерн. состав, A_{008}	Теплота гидратации, °С	Результат	Рекомендации
1	2	3	4	5
ОАО «Сибэко» ТЭЦ №5, Новосибирск. Зола-унос от сжигания каменного угля	7-10	3	Тонкий порошок серого цвета, хорошая гидравл. активность, небольшой тепловой эффект	Имеется положительный опыт использования в производстве
ОАО «Сибэко» ТЭЦ №5, Новосибирск. Зола-унос от сжигания бурого угля	8-15	10,5	Тонкий порошок коричневого цвета, хорошая гидравл. активность, высокий тепловой эффект	Возможно использование в производстве с ограничением в дозировке
ОАО «Сибэко» ТЭЦ №3, Новосибирск. Зола-унос от сжигания бурого угля	7-14	25	Гидравл. активность не проверялась, т.к. очень высокий тепловой эффект	Возможно использование в производстве с ограничением в дозировке
ОАО «Барнаульская ТЭЦ-3». Зола-унос от сжигания бурого угля	8,2	10,5	Тонкий порошок коричневого цвета, хорошая гидравл. активность, высокий тепловой эффект	Возможно использование в производстве с ограничением в дозировке
ОАО «Назаровская ГРЭС». Зола-унос от сжигания бурого угля	0,4	9,5	Тонкий порошок коричневого цвета, хорошая гидравл. активность, высокий тепловой эффект	Возможно использование в производстве с ограничением в дозировке

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5
Филиал «Рефтинская ГРЭС». Зола-унос от сжигания каменного угля	14,8	2	Тонкий порошок коричневого цвета, хорошая гидравл. активность, небольшой тепловой эффект	Рекомендуется для производства
ТЭЦ, г. Новокузнецк. Зола-унос от сжигания каменного угля	36	1	Тонкий порошок серого цвета, грубодисперсная, низкая гидравл. активность	Не рекомендуется для производства
ООО «Мечел-Материалы» г. Челябинск. Шлак доменный гранулированный молотый	4	1	Высокая гидравлическая активность, тепловой эффект незначителен, способен твердеть в нормальных условиях	Рекомендуется для производства
ООО УК «СГМК», Новокузнецк. Шлак доменный гранулированный	0- 10 мм с крупными включениями	0	После сушки и помола тонкий порошок серого цвета высокой гидравл. активности, тепловой эффект отсутствует	Рекомендуется для производства, способен твердеть при ТВО
Кемерово, золошлак с отвала	0- 10 мм с крупными включениями	0	После сушки и помола тонкий порошок серого цвета высокой гидравл. активности, тепловой эффект отсутствует	Высокая исходная влажность до 60%, глина, не рекомендуется для производства

Теплота гидратации золы пропорциональна содержанию свободного гидроксида кальция. Учитывая различный состав исследуемых золо-шлаковых материалов, затруднительно построение единой шкалы гидравлической активно-

сти. Тем не менее, учитывая анализ прочностных характеристик смесей, полученных при прочих равных условиях (раздел 2.2), очевидно, что примерный ряд относительной гидравлической активности испытанных золошлаковых материалов составляет: буроугольная зола г. Барнаул ≈ каменноугольная зола Рефтинской ГРЭС > буроугольная зола ТЭЦ-5 г. Новосибирск ≈ золошлак > каменноугольная зола г. Новосибирск ≈ буроугольная зола г. Назарово. Необходимо отметить, что найденный ряд относительной гидравлической активности зол не является постоянным, поскольку положение в нем материала зависит от вида угля-предшественника, который может меняться в зависимости от условий поставки. Также, образцы № 2-5 (Таблица 2.1), с высоким содержанием свободного гидроксида кальция, не следует применять в качестве единственного наполнителя цемент содержащих смесей из-за опасности разогрева массивных конструкций и возможности образования трещин. Для снижения тепловыделения в этом случае, наряду с золой, следует вводить инертный материал, например, самым дешёвым и доступным является молотый известняк – минеральный порошок. Материалы с низким тепловыделением и высокой гидравлической активностью являются оптимальными пуццолановыми добавками в цементные смеси, но могут быть ограничены условиями поставки на производство.

Следующим важным наполнителем является минеральный порошок, позволяющий значительно снизить стоимость смесей при сохранении значения предела прочности на одноосное сжатие на требуемом уровне.

Для корректировки состава проектируемых ЦС опробовано доступное сырье в виде известкового щебня для производства минеральных порошков, результаты представлены в Таблице 2.2.

Также, учитывая полную готовность продукта и стабильность его качества, опробован минеральный порошок производства «Инертник» (Гурьевск, Кемеровская обл.) и «Альянс» (Топки, Кемеровская обл.) (см. раздел 2.2).

Подбор основы ЦС был начат с использования в составе 100% ПЦ-500, к которому по мере исследований вводили наполнители различных поставщиков. Результаты первичной оценки представлены в [129, 130, 132].

Таблица 2.2 – Минеральные порошки, опробованные в лаборатории

Карьер	Фракция, мм	Отпускная цена, руб./т	Крепость	Влажность, %	Состав
ООО "Власковское карьероуправление", Яшкинский район, Кемеровская обл.	0-5	320	М600	2,1	CaO 54,4% SiO_2 1,33%
	5-10	400	М600	0,2	
АО «Карьер Известковый», п. Известковый, Кемеровская обл.	5-20	280	М600-800	2	CaO 55,5% SiO_2 0,24%
ООО «Карьер Мозжухинский», п. Мозжуха, Кемеровская обл.	0-5	425	М1000	2,5-4	CaO 50%
	5-10	536	М1200	2,5-4	
ООО «Кемеровский каменный карьер», пос. Улус, Кемеровская обл.	0-5	411	М800	2,5-4	CaO 33,1% SiO_2 30,6%

В итоге, учитывая ограничения в условиях импортозамещения и ведения конкурентной ценовой политики на рынке Сибири, а также ограничения в технологических циклах сухого производства ЦС, в качестве базовой рецептуры принято (здесь, и далее по тексту, использованы массовые соотношения): цемент марки ПЦ-500 – до 45%, твёрдые техногенные отходы ТЭС и металлургических предприятий – до 50%. Также технологическими требованиями, учитывающими время потери текучести и набора прочности ЦС, возможность механизации работ по их приготовлению и транспортированию по трубопроводам, непрерывному заполнению опалубки большого объёма, обеспечение фильтрации по трещинам прилегающих горных пород, и т.д., обусловлено применение различных добавок-ускорителей и стабилизаторов, добавок-наполнителей (инертных и активных) – до 4%. Таким образом, базой состава ЦС является сульфатостойкая пуццолановая портландцементная смесь – цементо-зольно-шлаковая система с

основной реакцией при ее затворении – гидратация портландцемента, с присутствием пуццолановой активности (при наличии свободного гидроксида кальция).

2.2. Исследование физико-механических характеристик разработанных цементных смесей

Следующим критерием оценки применимости ЦС является комплекс их физико-механических характеристик, включающий: пределы прочности при одноосном сжатии и изгибе образцов, время схватывания и потери текучести, адгезионную прочность. При этом важнейшей технологической характеристикой ЦС является ее В/Т соотношение. Известно, что смеси на основе цемента являются весьма чувствительными к отклонениям В/Т соотношения от заданных значений. Учитывая реальную ситуацию по организации и ведению работ в шахтах, очевидна необходимость более широкого рабочего диапазона значений, для выявления которого получены зависимости физико-механических характеристик ЦС от В/Т соотношения.

Методика определения физико-механических характеристик образцов

В лабораторных условиях затворение ЦС водой осуществляют лабораторной мешалкой с низкой угловой скоростью вращения – 450 об/мин., что подходит для перемешивания растворов с низкой и средней вязкостью (до 1,00 Па·с).

Испытания прочности образцов на одноосное сжатие и изгиб проведены по ГОСТ 310.4-81. Прочность при изгибе определены по формуле: $R_и = (1{,}5P_и * 100)/a*b^2$, где $P_и$ – разрушающая нагрузка, Н; 100 – расстояние между опорными роликами, мм; a - ширина балочки, мм; b – высота балочки, мм. Прочность при сжатии определены по формуле: $R_{сж} = P_{сж}/S$, где $P_{сж}$ – разрушающая нагрузка, Н; S – рабочая площадь нажимной пластины, мм^2.

Для определения разрушающей нагрузки в работе использованы гидравлический пресс П10, и разрывная машина ИР 5040-5 со станцией ПУ-19 по ГОСТ 28840 (Рисунок 2.1).

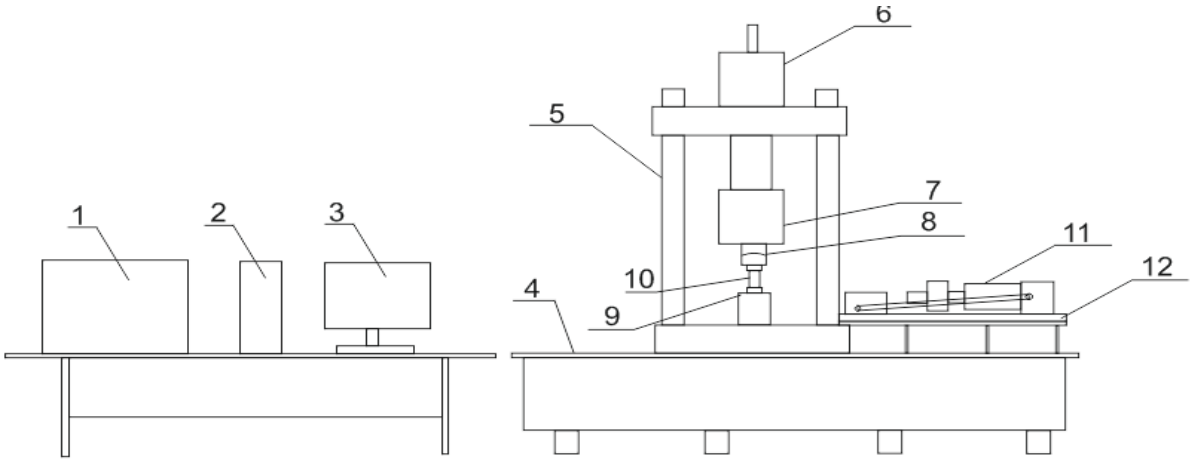


Рисунок 2.1 – Лаборатория материалов научно-производственной компании «УГМ-Сервис»

Контрольные образцы составов подвергнуты дополнительным физико-механическим испытаниям на прецизионной сервогидравлической системе RDS-500 (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН) (Рисунки 2.2, 2.3).



Рисунок 2.2 – Прецизионная сервогидравлическая система RDS-500



1 – блок управления (контроллер); 2 – системный блок; 3 – монитор; 4 – станина; 5 – направляющие вертикального гидроцилиндра; 6 – вертикальный гидроцилиндр; 7 – датчик; 8 – полусферы; 9 – нижняя плита; 10 – испытуемый образец; 11 – горизонтальный гидроцилиндр; 12 – направляющие горизонтального гидроцилиндра.

Рисунок 2.3 – Схема основных элементов прецизионной сервогидравлической системы RDS-500

Управление стендом выполняется с рабочего места оператора, оборудованного персональным компьютером IBM PC с установленным специализированным пакетом программного обеспечения GCTS CATS – системы автоматизированных испытаний, работающей в сочетании с цифровым сервоконтроллером SCON-2000.

Определение адгезионной прочности образцов ЦС с основанием проводилось с применением адгезиметра ОНИКС-1.АП.005 № 298 по ГОСТ 31356-2007.

Результаты

В процессе лабораторных исследований проведено более 520 опытов с различными вариантами составов ЦС и их В/Т. Наиболее типичные варианты примеров основных результатов исследований представлены в Таблицах 2.3–2.8 с примерами рабочих вариантов рецептур ЦС, приемлемых для дальнейших исследований.

При подготовке для испытаний образцов ЦС УГМ и УГМ-П проведён рассев их исходного сырья на калиброванных ситах. В результате, для ПЦ-500 остатки на сите 0,2 составили 0,34%, на сите 0,08 – 5,7%, на дне – 93,96%; для молотых золо-шлаковых отходов остатки на сите 0,2 составили 2,2%, на сите 0,08 – 11,5%, на дне – 86,3%. Насыпная плотность сухих ЦС составила от 1060 до 1750 кг/м^3, в зависимости от типа наполнителей.

Пример оценки влияния основных характеристик и активности минеральных порошков с различных карьеров и от различных производителей, представлен в Таблице 2.3. При этом, в качестве рабочего состава ЦС выбран неизменный для всех опытов вариант с максимально возможным количеством минерального порошка: ПЦ-500 – 50,0%; мука известковая – 46,0%; гипс Г5 – 3,0 %; хлорид кальция – 1,0%, при В/Т = 0,5.

Дальнейшие исследования проведены с целью оценки влияния природы золо-шлаковых отходов на прочность ЦС.

Таблица 2.3 – Влияние природы известковой муки на прочность ЦС

Наименование образца	A_{008} %	Плотность кг/м^3	Расход с/с, кг/м^3	Время потери тек., мин	Прочность при сжатии, $R_и/R_{сж}$, МПа			
					1 сут.	3 сут.	7 сут.	28 сут.
Известковый	14,0	1726	1150	4	2,7	1,8/4,7	2,1/5,6	3,6/9,5
Власковский	1,7	1726	1150	5	2,3	1,6/4,2	2,2/5,2	3,7/8,9
Кемеровский каменный	6,4	1746	1146	6	1,3/2,9	3,9	3,0/8,0	4,0/13,8
Мозжухинский	0,2	1738	1160	5	1,6/3,8	6,0	2,3/7,5	4,0/12,9
Инертник (Гурьевск)	25,0	1708	1138	10	1,0/2,3	3,8	1,9/5,2	2,9/8,6
Альянс (Топки)	16,0	1728	1152	8	1,0/1,8	3,8	1,8/4,4	2,8/7,0

Таблица 2.4 – Влияние природы зол на прочность ЦС

Наименование образца	Пример состава ЦС, %	В/Т	Плотность кг/м^3	Расход с/с, кг/м^3	Время потери тек., мин	Прочность при сжатии, МПа		
						1 сут.	7 сут.	28 сут.
ТЭЦ №5, Новосибирск, зола-унос сжигания бурого угля	ПЦ-500 – 50,0; Мука известковая - 23,0; Зола – 23,0; Гипс Г5 – 3,0; Хлорид кальция – 1,0	0,5	1712	1144	6	1,6	4,0	12,3
ТЭЦ №5, Новосибирск, зола сухого удаления, партия №1, желто-серая			1772	1181	8	2,3	5,2	7,7
ТЭЦ №5, Новосибирск, зола сухого удаления, партия №2, темно-серая			1584	1056	5	2,0	4,8	9,2
ТЭЦ Новокузнецк, зола сухого удаления			1544	1029	11	1,4	3,2	7,4
ООО «ЮТЭК», г. Юрга			1608	1072	7	3,4	-	-

Обращаясь к Таблице 2.5, следует отметить, что по техническим причинам образец золы Рефтинской ГРЭС испытан при В/Т=0,45, в отличие от остальных образцов. Для определения положения золы Рефтинской ГРЭС в ряду относительной активности золошлаковых материалов необходимо оценить прочность ее смеси с цементом при В/Т=0,35. Для этого надо знать, как меняется прочность цементно-зольных смесей в зависимости от В/Т. В Таблице 2.7 представлены результаты определения прочности раствора штатного УГМ-П на буроугольной золе ТЭЦ-5 г. Новосибирска (является приоритерной) при различном В/Т. Из Таблицы 2.4 находим, что отношение прочности в возрасте 28 суток при В/Т=0,35 к таковой при В/Т=0,45 составляет: 30,6:17,8=1,719. Допуская, что функция «прочность цементно-зольной смеси – В/Т» не зависит от природы

золы, очевидна ориентировочная прочность цементно-зольной (рефтинской) смеси при В/Т=0,35: 29,4х1,719=50,5 МПа, т.е., имеет максимальное значение.

Таблица 2.5 – Влияние природы зол на прочность ЦС

Наименование образца	Пример состава ЦС, %	В/Т	Плотность кг/м^3	Расход с/с, кг/м^3	Время потери тек., мин	Прочность при сжатии, МПа		
						1 сут.	7 сут.	28 сут.
ТЭЦ №5, Новосибирск, зола-унос сжигания бурого угля	ПЦ-500 – 45,5; Зола – 50,8; Гипс Г5 – 3,0; Хлорид кальция – 0,7	0,35	1928	1428	9	4,7	20,1	37,2
ТЭЦ №5, Новосибирск, зола-унос сжигания каменного угля			1737	1287	7	7,7	14,8	26,4
Барнаул, зола-унос			1860	1377	1	8,1	21,7	>38,2
Назарово, зола-унос			1928	1428	9	7,4	17,0	26,0
Кемерово, золошлак с отвала после доп. сушки и помола			1922	1424	1	5,7	12,4	36,4
Рефтинская ГРЭС, Свердловская обл., зола сухого удаления сжигания каменного угля		0,45	1648	1136	5	2,5	7,7	29,4

После подтверждения «работоспособности» базовой основы рецептуры ЦС, проведена ее окончательная корректировка путем введения пластифицирующих добавок для улучшения реологических характеристик при ведении инъекционных работ, особо важных для ЦС УГМ при формировании тампонажной завесы.

Таблица 2.6 – Влияние степени замены золы-уноса на золошлак при экономии цемента (В/Т = 0,35)

Степень замены золы-уноса на золошлак, %	Снижение содержания цемента, %	Прочность при сжатии, МПа		
		1 сут.	7 сут.	28 сут.
0	0	4,8	9,6	23,2
100	0	7,4	32,5	37,6
105	5	7,0	30,7	>38,0
110	10	6,4	32,8	-
115	15	5,8	28,8	-
1	2	3	4	6
120	20	4,9	33,6	-
125	25	4,1	25,2	-
130	30	5,4	32,9	-
140	40	4,2	>38,0	-
150	50	1,7	24,3	-

Таблица 2.7 – Влияние В/Т на прочность рабочего состава ЦС

Рецептура сухой смеси, %	В/Т	Плотность кг/м^3	Расход с/с, кг/м^3	Время потери тек., мин	Прочность при сжатии, МПа		
					1 сут.	7 сут.	28 сут.
ПЦ-500 - 50,0 Пыль инертная - 23,0 Зола буроугольная ТЭЦ-5, Новосибирск - 23,0 Гипс Г5 - 3,0 Хлорид кальция - 1,0	0,50	1712	1141	6	1,6	4,0	12,3
	0,45	1782	1229	3	2,8	6,8	17,8
	0,40	1820	1300	3	3,7	9,2	24,2
	0,35	1904	1410	2	6,0	13,2	30,6

Первые испытания проведены для максимально густых ЦС, с В/Т соотношением равным 0,3, показавшие максимальную прочность, но высокую густоту и практическую сложность использования средств механизации (смесители, насосы). Полученные зависимости пределов прочности образцов УГМ и УГМ-П

при одноосном сжатии и изгибе от времени отверждения, представлены на Рисунке 2.4.

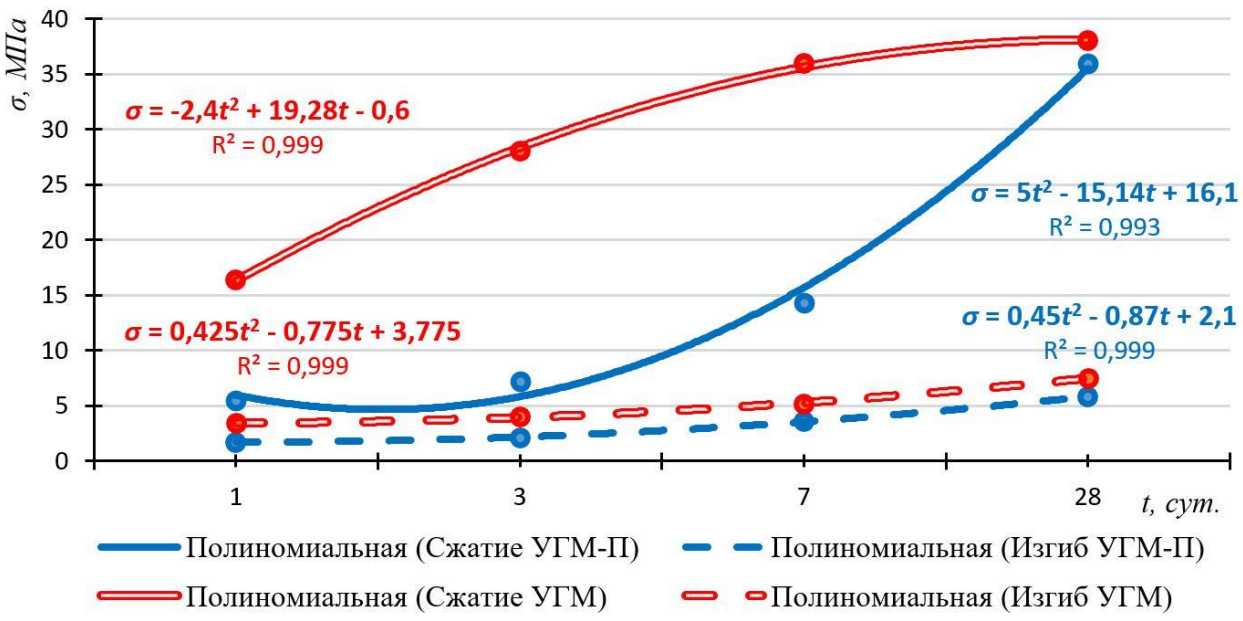


Рисунок 2.4 – Зависимости пределов прочности образцов цементных смесей при одноосном сжатии и изгибе от времени отверждения

Значительная динамика роста показателей позволила учесть данный запас прочности и перейти к дальнейшим исследованиям, более широко варьируя количество добавляемой в ЦС воды. Итоговые результаты исследований зависимости физических характеристик ЦС от В/Т соотношения выборочно представлены в Таблице 2.8.

По вышеуказанным критериям, в качестве наиболее рациональных, выбраны ЦС со следующими характеристиками. УГМ и УГМ-П – сухие смеси на основе цементного вяжущего с минеральными и полифункциональными добавками, относятся к классу лёгких бетонов, имеют высокие показатели набора прочности, плотности, адгезии, а также, высокие термостойкость и долговечность, относительно низкую стоимость. Компоненты не горючи и не взрывоопасны, не содержат токсичных веществ, действующих на кожу или органы дыхания, относятся к веществам IV класса опасности (малоопасным).

Таблица 2.8 – Зависимость физических характеристик ЦС от В/Т

В/Т	Плотность раствора, кг/м^3	Расход сухой смеси, кг/м^3	Расплыв по ГОСТ 31356, см	Прочность в возрасте 28 сут., МПа	
				при изгибе	при сжатии
УГМ-П:					
0,35	1737	1287	20	5,8	23,2
0,47	1680	1143	28,6	2,8	19,2
0,7	1464	861	36,3	1,3	4,0
1,0	1195	598	> 40	1,0	2,1
УГМ:					
0,4	1798	1284	22	2,4	23,1
0,5	1680	1120	27	3,2	14,0
0,59	1520	950	29	2,7	8,9

Характеристики, принятые за основные регламентные в дальнейших этапах работы представлены в Таблицах 2.9 и 2.10 [102, 131].

Таблица 2.9 – Физико-механические характеристики образцов УГМ

Наименование	Значение
Время потери текучести, мин.	15
Предел прочности при одноосном сжатии через 24 часа, МПа, не менее	3,8
Предел прочности при одноосном сжатии через 28 суток, МПа, не менее	20,0
Разрушающая нагрузка при изгибе (растяжение при изгибе) в возрасте 24 часа, МПа	1,5
Разрушающая нагрузка при изгибе (растяжение при изгибе) в возрасте 28 суток, МПа	4,1
Массовое В/Т, не более	0,5

В смеси УГМ-П допускаются поверхностные технологические трещины, которые должны быть не более 0,2 мм по ГОСТ 13015-2012.

Таблица 2.10 – Физико-механические характеристики образцов УГМ-П

Наименование	Значение
Время потери текучести, мин.	15
Предел прочности при сжатии через 28 суток, МПа, не менее	20,0
Разрушающая нагрузка при изгибе (растяжение при изгибе) в возрасте 28 суток, МПа	4,5
Адгезионная прочность на контакте с углём и породой, МПа	0,9
Относительная деформация усадки, мм/м	0,71
*Расход смеси УГМ-П на 1м³ объёма сооружения, кг/м^3	1050-1070
Массовое В/Т	0,45-0,47
Вид бетона по плотности	Лёгкий
Плотность ЦС, кг/м^3	1200

*Расход смеси указан без учёта технологических потерь. В расчёт общего количества смеси на объект необходимо добавить 10-15%.

Возможность дальнейших исследований обусловлена необходимостью понимания условий изменения у созданных ЦС с заданными физико-механическими характеристиками реологических параметров, которые влияют на ограничение области применения смесительно-нагнетательного оборудования, режимы нагнетания, дальность перекачивания по нагнетательным шлангам, процесс возведения и параметры тела перемычки, проникающую способность в трещины горных пород, фильтрацию ЦС по трещинам, и размеры создаваемой тампонажной завесы вокруг изолирующего подземного сооружения [63].

2.3. Исследование реологических характеристик разработанных цементных смесей

Целью данного исследования является реологическое обоснование выбора состава ЦС регламентирующего их применение при комплексной изоляции горной выработки системой «монолитная перемычка-тампонажная завеса». ЦС в данной работе рассматриваются как водо-твёрдые суспензии, представленные в

виде гетерогенной системы, а непосредственно движение суспензии, в соответствии с представлениями А. Камбефора и В.А. Хямяляйнена, рассматривается как гидротранспорт дисперсных частиц [71, 211, 212].

Методика

Для минеральных смесей, затворённых водой, важнейшими характеристиками, определяющими их свойства как тампонажных растворов (структурированных, седиментационно неустойчивых суспензий), являются реологические параметры.

Соотношение между напряжением сдвига и скоростью сдвига $\tau = f(\dot{\gamma})$ графически изображается в виде кривой («кривая течения»), на которой по оси ординат откладывают значения τ, а по оси абсцисс – $\dot{\gamma}$ [21, 109, 193, 219]. Для ньютоновской жидкости эта зависимость линейная. Неньютоновских жидкостей значительно больше, чем ньютоновских. При рассмотрении вязкостных свойств неньютоновских жидкостей можно рассматривать зависимость эффективной вязкости либо от скорости сдвига, либо от напряжения сдвига.

Наиболее характерными для суспензий являются модели течения, отмеченные в разделе 1.4.

Определение реологических характеристик растворов минеральных смесей основано на методе, при котором непосредственно устанавливается связь напряжения сдвига со скоростью сдвига путем приложения к образцу однородного сдвига в специально сконструированном приборе (вискозиметре) и измерением соответствующего напряжения сдвига. Вискозиметры, использующие этот принцип, представляют собой ротационные устройства в виде соосных цилиндров, или конуса и пластины.

Для определения коэффициентов реологических кривых (1.2), (1.3), исходя из данных реологических испытаний на вискозиметре, используется метод наименьших квадратов. Для оценки соответствия полученных аналитических зависимостей (1.2) и (1.3) экспериментальным точкам, определяли среднеквадратическое отклонение σ_1 и σ_2 по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\tau_{i_{эксп.}} - \tau_{i_{анал.}}}{\tau_{i_{эксп.}}}\right)^2}{m}} \qquad (2.1)$$

где $\tau_{i\,эксп.}$ – напряжение сдвига, полученное экспериментально; $\tau_{i\,анал.}$ – напряжение сдвига, вычисленное по формуле (1.2) или (1.3); m – число измерений на ступенях вискозиметра. При этом, чем меньше показатель σ, тем лучше данная реологическая модель описывает экспериментальные значения. Для получения каждой экспериментальной точки было проведено по три испытания. Всего проведено 357 испытаний.

Определение реологических характеристик ЦС проведены по методу коаксиальных цилиндров [194] с использованием ротационного вискозиметра Rheotest RV 2.1. (Рисунок 2.5), состоящего из основного блока 1, включающего измерительное устройство с механико-электрическим преобразователем 2 и коробку передач 3 с двигателем, блока измерений 4. Система коаксиальных цилиндров включает внутренний вращающийся измерительный цилиндр 5 и измерительную цилиндрическую ёмкость (неподвижный внешний цилиндр) 6 со съёмной мерной чашечкой 7; на измерительную ёмкость может надеваться термостатирующее устройство (на рисунке не изображено). Переключатель 8 позволяет в 10 раз менять чувствительность системы измерения усилия вращения внутреннего цилиндра. Рукоятка 9 обеспечивает переключение 12-ступенчатой коробки передач; номер включённой передачи фиксируется в отверстии 10. Переключатель 11 изменяет скорость вращения двигателя ω (об/мин). Блок измерения 4 фиксирует усилие вращения α и реальную частоту сети n. На внешней панели блока измерений находятся также выключатели двигателя 14 и измерительного устройства 15.

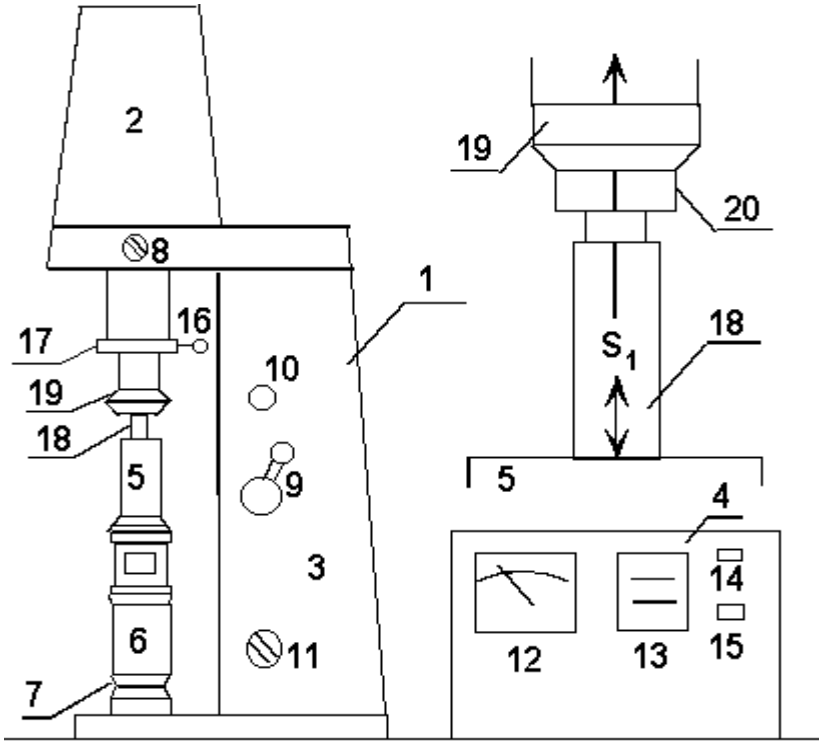


Рисунок 2.5 – Устройство ротационного вискозиметра Rheotest RV 2.1

Затворение водой ЦС осуществляли в процессе их перемешивания лабораторной верхне-приводной мешалкой, погружаемой в ёмкость максимальным объёмом 0,5 л при скорости вращения 450 об/мин, что подходит для перемешивания растворов с низкой и средней вязкостью (до 1,00 Па·с).

Для исследований выбрано четыре типа ЦС, выстроенных по мере усложнения рецептуры, созданной путем последовательного введения в портландцемент золошлака, ускорителей и стабилизаторов твердения, реологических пластифицирующих добавок, в том числе полимеризующихся:

Образец № 1– топкинский ПЦ-500 (остаток на сите 02 – 0,3%; 008 – 5,5%; дно – 94,2%);

Образец № 2 – сухая ЦС 50/50% – топкинский ПЦ-500 + золошлаковая смесь ТЭЦ (остаток на сите 02 – 2,5%; 008 – 11,5%; дно – 86,0%);

Образец № 3 – сухая смесь УГМ-П (база: цемент марки ПЦ-500 – до 45%, золо-шлаковые отходы – до 50 %, добавки (ускорители, стабилизаторы, наполнители) в остатке);

Образец № 4 – сухая смесь УГМ (цемент марки ПЦ-500 – до 45%, золо-шлаковые отходы – до 50 %, добавки полимеризирующие – до 1%; добавки (ускорители, стабилизаторы, наполнители) в остатке).

В лабораторных условиях затворение образцов ЦС водой осуществляли лабораторной мешалкой объёмом 0,5 л с низкой угловой скоростью вращения – 450 об/мин., что подходит для перемешивания растворов с низкой и средней вязкостью (до 1,00 Па·с). Использована единая методика процесса: а) взвешивали опытную навеску смеси в количестве 100 г (масса навески в опытах постоянная); б) одномоментно всю массу опытной навески высыпали в ёмкость с водой. Количество воды рассчитали предварительно в соответствии с массовым В/Т соотношением: 0,2; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,50; … 1; в) опытную навеску сразу перемешивали в течение 1 минуты, исключая турбулентный режим; г) затворённую смесь из мерной чашечки заливали в стакан вискозиметра до начала вращения его ротора; д) включали двигатель вискозиметра и проводили реологические измерения в соответствии с инструкцией.

Таким образом, в процессе реологических исследований ЦС фиксировались скорость сдвига и напряжение сдвига, в том числе начальное. Приведённые в таблицах (Приложение А) значения τ_0 и $\mu_{стр}$ обозначены как a и b, а τ и $\dot{\gamma}$ – как T и j, соответственно.

После измерений на вискозиметре проведены вычисления для определения коэффициентов реологических моделей по вышеприведённой методике: μ – для ньютоновской жидкости; k и n – для псевдопластичной (степенной) жидкости; τ_0 и $\mu_{стр}$ – для вязкопластичной (бингамовской) жидкости. Затем выбрано оптимальное уравнение, которое наилучшим образом описывает полученные экспериментальные данные.

Результаты

Образец № 1. Массовое В/Т соотношение в опытах составило: 0,25; 0,3; 0,35: 0,4: 0,45; 0,5. При В/Т соотношении, равном 0,25, раствора из смеси не получили, так как воды было недостаточно, чтобы полностью смочить поверхность

минеральных частиц. По мере увеличения В/Т соотношения соответственно менялась консистенция приготовленных растворов. Реологические измерения надёжно проводили при соотношении В/Т в пределах 0,3; 0,35; 0,4; 0,45. При увеличении В/Т соотношения до 0,5 смесь стала жидкой настолько, что показания сняли только на 12 ступени скорости сдвига. По полученным средним измерениям произведены вычисления, необходимые для определения реологической модели течения раствора. Соотношение между напряжением сдвига и скоростью сдвига при разном В/Т графически представлены в виде кривых течения (Приложение А). Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига для разных В/Т соотношений представлены в Таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига образца № 1

$\dot{\gamma}$, c^{-1}	В/Т = 0,3		В/Т = 0,35		В/Т = 0,4		В/Т = 0,45	
	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с
1,8	13,2	7,33	–	–	–	–	–	–
3,0	14,4	4,80	–	–	–	–	–	–
5,4	14,4	2,67	–	–	–	–	–	–
9,0	15,6	1,73	13,2	1,47	–	–	–	–
16,2	18,0	1,11	16,8	1,04	–	–	–	–
27,0	26,4	0,98	20,4	0,76	12, 0	0,44	10,8	0,40
48,6	32,4	0,67	27,6	0,57	16,8	0,35	15,6	0,32
81,0	44,4	0,55	37,2	0,46	24,0	0,30	20,4	0,25
145,8	55,2	0,38	54,0	0,37	32,4	0,22	25,2	0,17
243,0	70,8	0,29	68,4	0,28	40,8	0,17	31,2	0,13
437,4	93,6	0,21	82,8	0,19	51,6	0,12	39,6	0,09

Образец № 2. Массовое В/Т соотношение в опытах составило: 0,25; 0,3; 0,35: 0,4: 0,45; 0,5. При соотношении, равном 0,25, раствора из смеси № 2 не получили, также как из смеси № 1. По мере увеличения В/Т соотношения менялась

консистенция приготовленных из смеси № 2 растворов. Наибольшую пластичность проявила проба, приготовленная при В/Т соотношении равном 0,4. При соотношении В/Т равном 0,45 раствор по текучести почти соответствовал воде. В итоге, фактические реологические измерения, как и для смеси № 1, провели при В/Т соотношениях, равных 0,3; 0,35; 0,4; 0,45. При В/Т соотношении равном 0,5, реологические измерения возможно было произвести только на 11 и 12 ступенях скоростей сдвига. По полученным измерениям произвели вычисления, а затем построили кривые течения, которые представлены графически (Приложение А). Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига для разных В/Т соотношений представлены в Таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига образца № 2

$\dot{\gamma}$, c^{-1}	В/Т = 0,3		В/Т = 0,35		В/Т = 0,4		В/Т = 0,45	
	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с
1,8	13,2	7,33	–	–	–	–	–	–
3,0	14,4	4,80	–	–	–	–	–	–
5,4	14,4	2,67	–	–	–	–	–	–
9,0	15,6	1,73	10,8	1,20	–	–	–	–
16,2	18,0	1,11	12,0	0,74	–	–	–	–
27,0	26,4	0,98	14,4	0,53	12,0	0,44	–	–
48,6	40,8	0,84	20,4	0,42	18,0	0,37	–	–
81,0	56,4	0,70	30,0	0,37	26,4	0,33	9,6	0,12
145,8	75,6	0,52	46,8	0,32	39,6	0,27	13,2	0,09
243,0	110,4	0,45	72,0	0,30	54,0	0,22	18,0	0,07
437,4	150,0	0,34	114,0	0,26	81,6	0,19	26,4	0,06

Образец № 3. С учетом малого времени схватывания (5 мин), для реологических исследований эти растворы готовили очень быстро. В опытах немного скорректировали условия проведения замеров во избежание поломки оборудования. Замеры проводились до наступления схватывания раствора, т.е. не более

чем через 3 минуты с момента приготовления. В исследованиях смесь поочерёдно затворяли водой, меняя массовое В/Т соотношение от 0,20 до 0,5. При соотношении, равном 0,2, раствора из смеси № 3 не получили. В отличие от смеси № 1 и № 2 получили раствор при В/Т соотношении, равном 0,25. По мере увеличения водоцементного соотношения улучшалась текучесть раствора, что характеризовалось снижением эффективной вязкости. Эффективная вязкость при скорости сдвига 100 $с^{-1}$ уменьшилась почти в четыре раза, и составила 231мПа·с (В/Т = 0,45) по сравнению с 841 мПа·с (В/Т = 0,25). Наилучшими по реологии были растворы, приготовленные при В/Т соотношении, равном 0,3; 0,4; 0,45. При увеличении В/Т соотношения до 0,5 раствор потерял пластичность (реологические показания с вискозиметра сняли только на 10, 11 и 12 ступенях скоростей сдвига). По полученным измерениям произвели вычисления, а затем построили кривые течения, которые представлены графически (Приложение А). Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига для разных В/Т соотношений представлены в Таблице 2.13.

Таблица 2.13 – Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига образца № 3

$\dot{\gamma}$, $с^{-1}$	В/Т = 0,25		В/Т = 0,3		В/Т = 0,35		В/Т = 0,4		В/Т = 0,45	
	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с
1,8	38,4	21,33	14,4	8,00	–	–	–	–	–	–
3,0	39,6	13,20	15,6	5,20	–	–	–	–	–	–
5,4	39,6	7,33	15,6	2,89	–	–	–	–	–	–
9,0	42,0	4,67	18,0	2,00	–	–	–	–	–	–
16,2	49,2	3,04	25,2	1,56	14,4	0,89	–	–	–	–
27,0	54,0	2,00	39,6	1,47	20,4	0,76	18,0	0,67	13,2	0,49
48,6	64,8	1,33	43,2	0,89	34,8	0,72	27,6	0,57	18,0	0,37
81,0	84,0	1,04	55,2	0,68	43,2	0,53	36,0	0,44	20,4	0,25
145,8	103,2	0,71	75,6	0,52	54,0	0,37	45,6	0,31	26,4	0,18
243,0	127,2	0,52	105,6	0,43	66,0	0,27	55,2	0,23	31,2	0,13
437,4	181,2	0,41	151,2	0,35	94,8	0,22	69,6	0,16	39,6	0,09

Образец № 4. Учитывая особенность того, что приготовленные из данной смеси растворы сначала густеют, а после перемешивания становятся более жидкими, реологические замеры для таких растворов проводили через промежуток времени, необходимый для растворения, входящего в их состав полимера (т.е. около через 7 минут с момента приготовления раствора). При соотношении, равном 0,2, раствор был очень вязкий – мешалка останавливалась (перемешивания не было); вискозиметр не измерял (внутренний цилиндр не вращался). В отличие от смеси № 1 и № 2, из смеси № 4, как и из смеси № 3, получили раствор при В/Т соотношении равном 0,25. Вязкость такого раствора была высокая, но показатели с вискозиметра сняли. По мере увеличения водоцементного соотношения улучшилась подвижность приготовленных растворов, что отразилось на снижении вязкости. Эффективная вязкость при скорости сдвига 100 $с^{-1}$ уменьшилась почти в четыре раза и составила 306 мПа·с (В/Т = 0,35) по сравнению с 841 мПа·с (В/Т = 0,25). Массовое В/Т соотношение в опытах составило: 0,25; 0,3; 0,4. Лучшими, с точки зрения реологии, являются растворы с В/Т соотношением равном 0,3 и 0,35. При увеличении в растворе В/Т соотношения до 0,4, реологические показания смогли снять только на 10, 11 и 12 ступенях скоростей сдвига. По полученным измерениям произвели вычисления, а затем построили кривые течения, которые представлены графически (Приложение А). Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига для разных В/Т соотношений представлены в Таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Зависимости напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига образца № 4

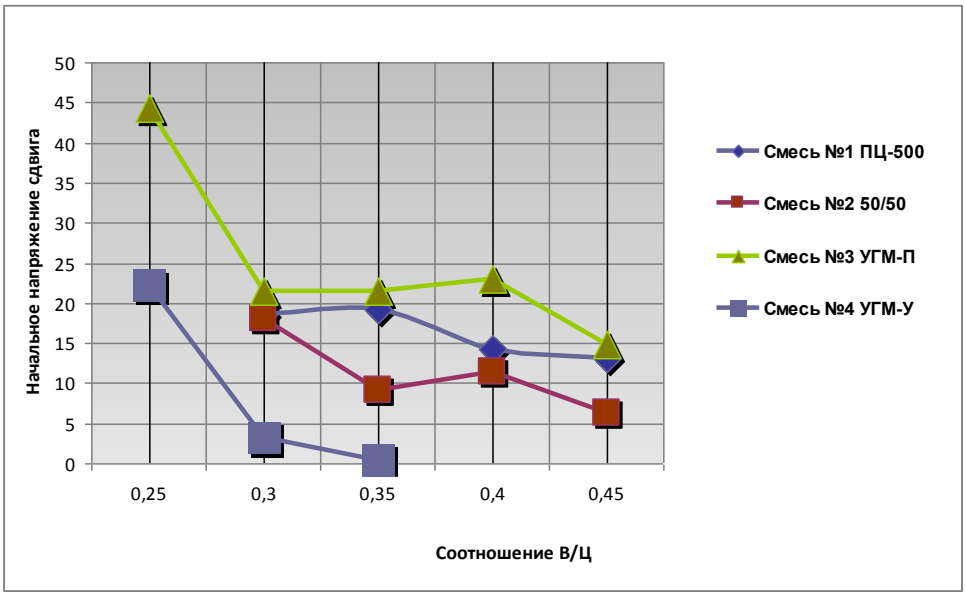
$\dot{\gamma}$, $с^{-1}$	В/Т = 0,25		В/Т = 0,3		В/Т = 0,35	
	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с	τ, Па	$\mu_{эфф}$, Па·с
1,8	–	–	–	–	–	–
3,0	–	–	–	–	–	–
5,4	–	–	–	–	–	–
9,0	–	–	–	–	–	–
16,2	20	1,26	–	–	–	–
27,0	40	1,47	13	0,49	–	–
48,6	78	1,60	31	0,64	12	0,25

81,0	145	1,79	60	0,74	24	0,30
145,8	265	1,82	114	0,78	48	0,33
243,0	426	1,76	181	0,74	83	0,34
437,4	603	1,38	295	0,67	133	0,30

Оценка реологических характеристик ЦС

После проведения вискозиметрических измерений и определения коэффициентов реологических моделей течения с построением кривых течения, для всех приготовленных растворов ЦС построили графическую зависимость реологических коэффициентов от водоцементного соотношения В/Т. Как видно из графиков, начальное напряжение сдвига (Рисунок 2.5 а, б) в основном уменьшается при увеличении соотношения В/Т. Это свидетельствует о том, что при добавлении воды на основе минеральных смесей больше проявляются ньютоновские свойства суспензии ЦС.

а)



б)

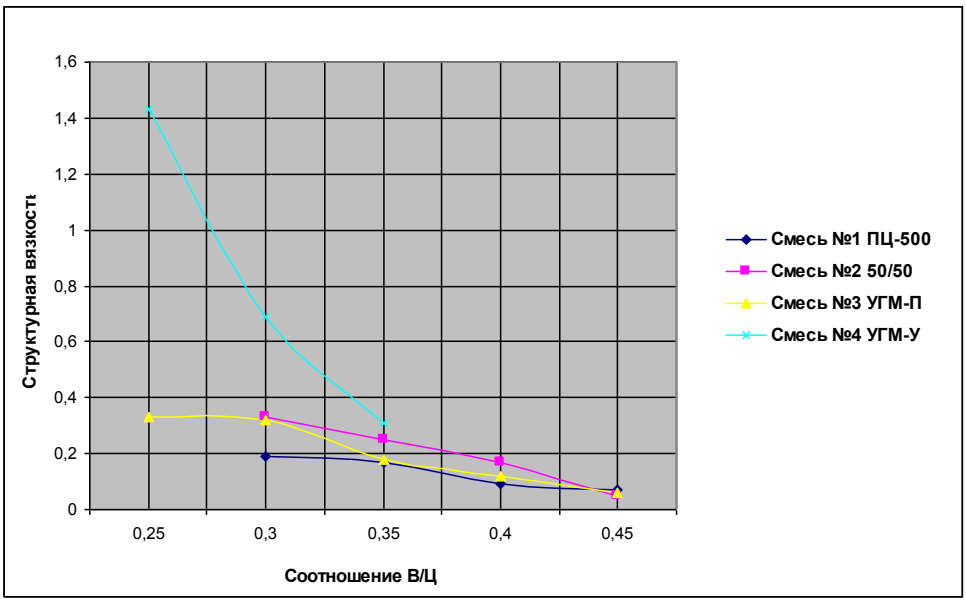
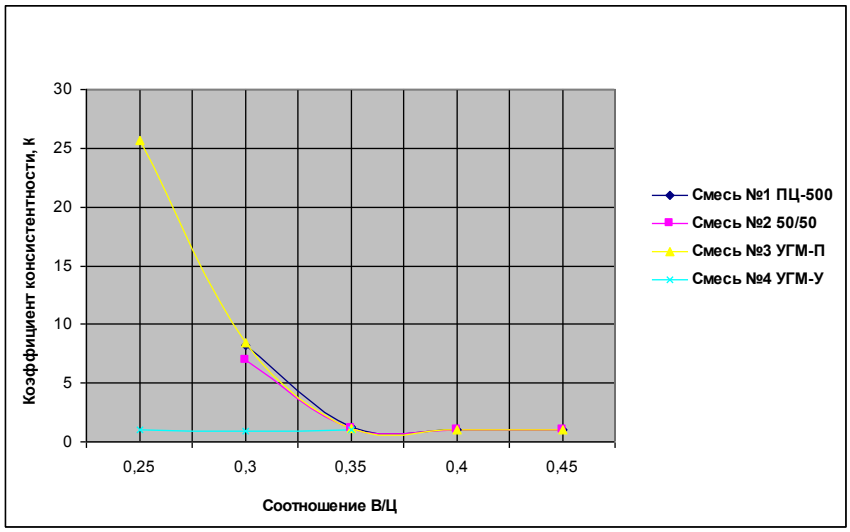


Рисунок 2.5 – Зависимость начального напряжения сдвига (а) и структурной вязкости (б) от соотношения В/Т

Коэффициент *n* (индекс потока) также характеризует степень неньютоновского поведения. При увеличении соотношения В/Т коэффициент *n* стремится к единице, что также означает большее проявление ньютоновских свойств у разбавленных водой суспензий ЦС (Рисунок 2.6 а, б). Одновременно и коэффициент консистентности (*k*) снижается при возрастании В/Т из-за уменьшения вязкости растворов [208].

а)



б)

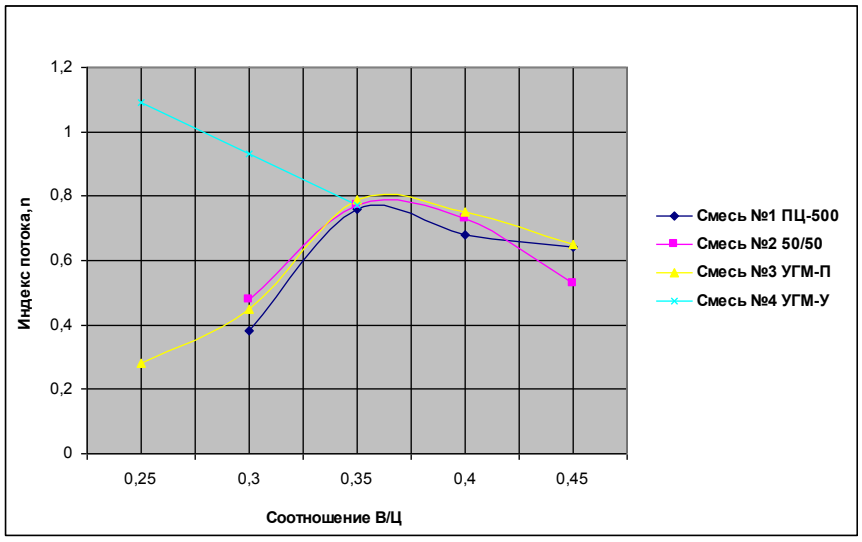


Рисунок 2.6 – Зависимость коэффициента консистентности (а) и индекса потока (б) от соотношения В/Т

После измерения реологических параметров образцов приготовленных растворов, выполнены вычисления коэффициентов для определения и построения различных вариантов реологических моделей их течения. На первом этапе оценивались только линейная и степенные модели. Выбраны оптимальные уравнения, которые в итоге наилучшим образом описывают полученные экспериментальные данные при различных В/Т соотношениях:

– образец № 1 В/Т 0,3 и 0,4 – степенная модель; В/Т 0,35 и 0,45 – линейная модель;

– образец № 2 В/Т 0,3 и 0,4 – степенная модель; В/Т 0,35 и 0,45 – линейная модель;

– образец № 3 В/Т 0,25 – линейная модель; В/Т 0,3 и 0,35 – степенная модель; В/Т 0,4 и 0,45 – линейная модель;

– образец №4 В/Т 0,25 и 0,3 – степенная модель; В/Т 0,35 – линейная модель.

Для заданного значения скорости сдвига j, равного 100 $с^{-1}$, дополнительно определена эффективная динамической вязкость $\mu_{эфф}$, Па·с, каждого образца ЦС, зависимость которой от различных В/Т соотношений для выбранных моделей представлена на Рисунке 2.7.

При анализе полученных кривых течения ЦС очевидно, что выделяются образцы №№ 1, 2 и 3, у которых в основном проявляют вязкопластические свойства, а при повышении доли жидкой фазы и снижении плотности, больше прояв-

ляют ньютоновские свойства. Для дальнейшей, более глубокой обработки результатов, важным является значение динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0, *Па*, зависимость которого от различных В/Т соотношений для выбранных моделей представлена на Рисунке 2.8а (получены путем экстраполяции на нулевое значение концентрации – В/Т) и на Рисунке 2.8б (получены в виде коэффициентов аппроксимации).

Рассматривая зависимости экстраполированных τ_0 (Рисунок 2.8а), которые наиболее приближены к реальному поведению образцов ЦС, у УГМ-П (образец № 3) отмечено относительно резкое увеличение значений при максимальном В/Т от 0,25 до 0,3, что может быть объяснено ее большей активностью за счёт введения добавок, проявляющих структурные характеристики. Достигнутый эффект положительно влияет на технологические процессы пропиточного тампонажа, где практически нет возможности регулировать режим нагнетания УГМ-П в трещины пород приконтурной зоны. Для исключения потерь важно ограничить зону распространения ЦС. Активное отфильтровывание жидкой фазы в микротрещины и поры пород снижает В/Т соотношение у потока смеси, способствуя при низком давлении нагнетания и расходе, формированию более плотной структуры и остановке потока ЦС в трещинах.

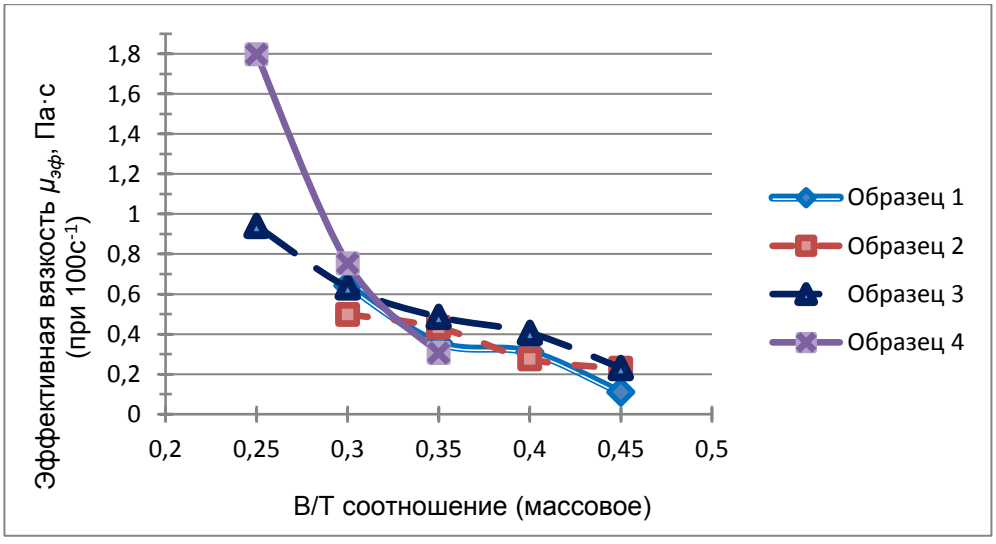


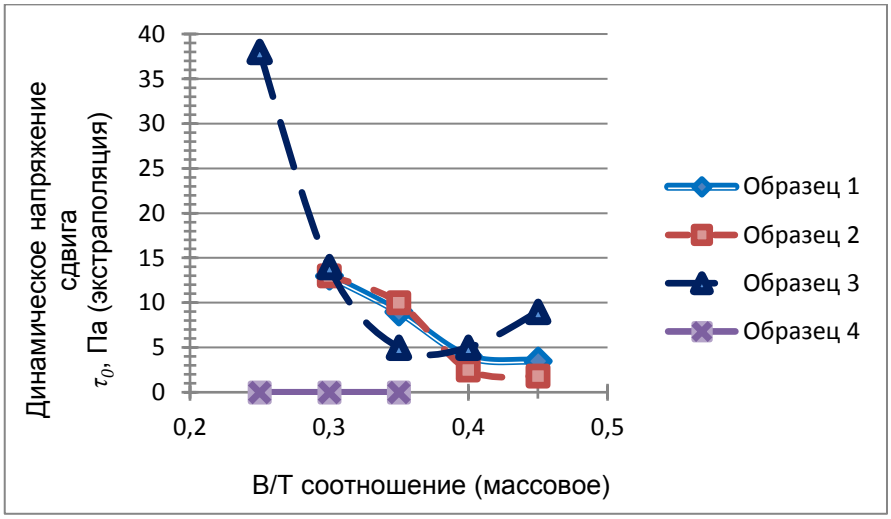
Рисунок 2.7 – Зависимость эффективной динамической вязкости $\mu_{эфф}$, Па·с от В/Т соотношения (при скорости сдвига 100 с$^{-1}$)

У ЦС УГМ (образец № 4) экстраполированные значения τ_0 вышли в отрицательную зону, т.е. фактически равны нулю. Добавка полимеров практически исключила процессы структурирования ЦС в потоке. При этом отмечен значительный рост значений эффективной вязкости при максимальном В/Т от 0,25 до 0,3.

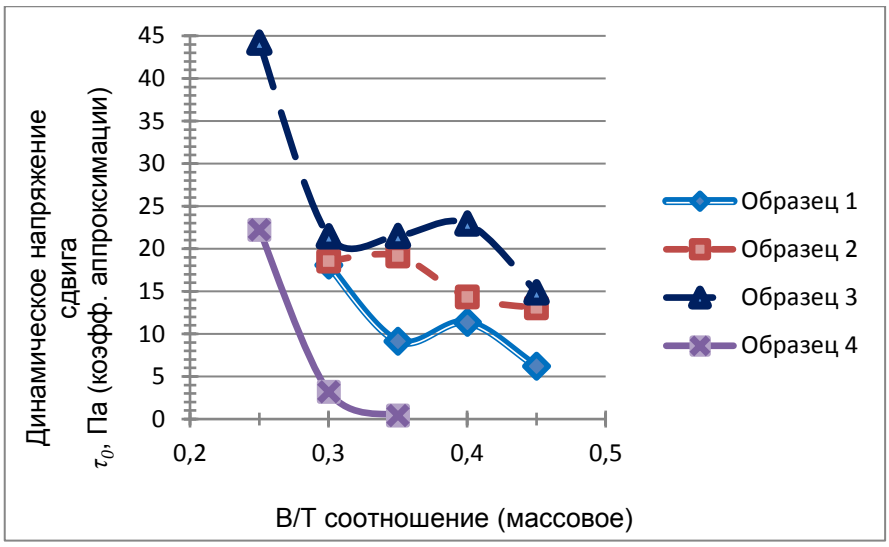
При введении полимеров в базовую рецептуру ЦС, и при предельно низких В/Т соотношениях – около 0,25, возможно локальное проявление дилатантных свойств (вязкость возрастает при увеличении скорости деформации сдвига).

Отмечена общая тенденция уменьшения значений динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0 при повышении В/Т соотношения ЦС. При всех значениях В/Т соотношений максимальные значения τ_0 проявлены у УГМ-П, а минимальные у УГМ, что является важным отличием реологических свойств, положительно качественно влияющего на различающиеся режимы и процессы управления потоком ЦС по трещинам горных пород при возведении системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса».

а)



б)



(а) – при экстраполяции данных, б) – в виде коэффициентов аппроксимации

Рисунок 2.8 – Зависимость динамического напряжения сдвига τ_0, Па от В/Т соотношения

У разработанных ЦС УГМ и УГМ-П путем введения специализированных добавок снижено предельное В/Т соотношение с 0,3 до 0,25 (относительно базового состава) при сохранении подвижности структуры. Также, повышение концентрации при снижении В/Т соотношения ЦС обеспечивает нелинейный рост значений динамического (предельного) напряжения сдвига у смеси УГМ-П и нелинейный рост значений эффективной динамической вязкости смеси УГМ, что должно положительно влиять на качество заполнения трещин горных пород и применение технологии управляемого тампонажа при возведении системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса».

Из анализа литературы известно, что для неньютоновских суспензий наилучшую аппроксимацию полученных экспериментальных данных даёт трёхпараметричёская реологическая модель, обобщающая степенной закон течения и реологическую модель тела Шведова–Бингама. Данный подход сформулирован в параметрических уравнениях Гершеля-Балкли и В.А. Хямяляйнена, применение которых в дальнейшем позволит построить более точные модели реологических кривых исследуемых ЦС.

Выявленный комплекс реологических свойств ЦС позволит более эффективно заполнять опалубку и управлять процессом тампонажа массива горных пород, регулируя соотношение расхода, давления нагнетания в инъекционные скважины (шпуры), радиуса распространения ЦС. Перед проведением шахтных испытаний необходимо оценить технологичность приготовления и перекачки разработанных ЦС с использованием стандартного и специального насосно-смесительного и дополнительного оборудования [125].

2.4. Цеховые испытания цементных смесей и технологических режимов производства

Для дальнейшего развития и широкомасштабного внедрения технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес необходимо решение следующих технических задач:

– разработка технологической схемы и подбор оборудования, организация и запуск промышленного производства в Кузбассе новых разработанных сухих ЦС УГМ и УГМ-П мощностью до 2500 т/мес.;

– подбор современного инъекционно-смесительного оборудования, обеспечивающего технологические и конструкционные требования новой технологии изоляции, а в случае отсутствия – его разработку;

– наработка промышленных опытных партий ЦС УГМ и УГМ-П и их цеховые испытания с оценкой технологичности приготовления и перекачки по трубопроводам.

Промышленное производство разработанных ЦС организовано в г. Кемерово, первый запуск осуществлён в 2013 году. Полуавтоматизированное производство сухих ЦС с возможностью гибкой корректировки рецептуры представлена на фотографии производства, действующего в рамках созданной для указанных целей настоящей работы научно-производственной компании ООО

«УГМ-Сервис» (правопреемник ООО НПК «Упрочнение Горного Массива», Кемерово, собственник Е.И. Нургалиев) (Рисунок 2.9). Автоматическая фасовка ЦС производится в клапанные мешки по 20-25 кг. Разработан регламент производства, внедрена система контроля качества сырья и продукции.



Рисунок 2.9 – Цех действующего производства ЦС «УГМ-Сервис»

Для оценки технологичности использования разработанных ЦС и влияния режимов работы на стабильность В/Т соотношения и общее качество приготавливаемого раствора (расслоение, вовлечение воздуха, гомогенизация), получаемого на выходе из промышленного инъекционно-смесительного комплекса, выполнен анализ рынка России и подбор современного оборудования.

Для опалубочного монолитного возведения тела перемычки из ЦС УГМ-П, положительно опробованы смесительно-нагнетательные установки ПБН-15, MONO WT.820, НПБС-1, компонованных из узла сухого дозирования, героторного насоса с вводом воды в смесительную камеру (производительность до 15 $м^3$/час, давление нагнетания до 4 МПа).

Цеховые испытания проведены на стенде, созданном на базе шахтного ПБН-15 (Рисунок 2.10), обеспечивающего: непрерывную подачу дозируемого количества ЦС; контролируемую подачу воды; качественное смешивание ЦС с водой; подачу раствора по напорному рукаву Ду32 на необходимое расстояние.



Рисунок 2.10 – Стенд на базе шахтной установки ПБН-15

Стенд укомплектован запорной и регулирующей арматурой, комплектом напорных трубопроводов Ду32 с быстроразъёмными соединениями, общей длиной до 100 м, с шагом набора по 10 м. Сброс раствора ЦС от установки осуществлялся в открытую ёмкость объёмом 200 л. Температура воздуха 15°С. Вода системы питьевого водоснабжения, пресная, без примесей, температурой 10°С.

В результате было заполнено 10 ёмкостей, подтверждена высокая подвижность и транспортируемость, стабильность качества приготовления раствора. Реальное отклонение полученной плотности от ожидаемой (по рецепту) составило не более 1-2%, что вполне допустимо для условий применения ЦС в шахте. Наиболее рациональной с позиции качества гомогенизации и расхода УГМ-П, является длина трубопроводов от 50 до 70 м. Определено рациональное соотношение расхода воды для поддержания рационального диапазона В/Т, которое составило 0,47-0,5.

В целях анализа работоспособности облегчённых видов опалубки и оценки потенциальной возможности чрезмерного эндогенного самонагревания больших объёмов УГМ-П при реакции гидратации ЦС, дополнительно заполнено 4 искусственных перемычки размером 1х1,5х2 м (Рисунок 2.11). Температура тела перемычки не превысила 40°С, что вполне допустимо и не повлияет на развитие предельных внутренних напряжений, растрескивание конструкции.



Рисунок 2.11 – Процесс заливки перемычки в опалубку из сетки с каркасом

В настоящее время не выявлены современные смесительно-нагнетательные комплексы для инъекционного тампонажа в шахтном исполнении с малыми габаритными размерами, обеспечивающие давление нагнетания до 1,5 МПа и постоянный расход до 4 $м^3$/час. Данных характеристик достаточно для создания локальных тампонажных завес вокруг монолитных безврубовых перемычек. Принято решение о создании нового образца – тампонажного комплекса АСА-1, с возможностью комплектации пневмо- или электродвигателем. Создан и опробован опытный образец, по сформированному техническому заданию и эскизному проекту ООО «Завод Гидромаш» создан комплект КД (Приложение Б) и

изготовлен несущий модуль, укомплектованный мембранно-плунжерным растворонасосм СО-49С (ООО «ЗСТМ «Строймашцентр» г. Рязань) (Рисунок 2.12).



Рис. 2.12 – Шахтный тампонажный комплекс АСА-1

Для проведения инъекционных работ через шпуры малого диаметра 25-35 мм, разработаны и изготовлены комплекты механических пакеров с силиконовой манжетой, позволяющей качественное закрепление даже в трещиноватом угольном массиве.

После проведённых исследований получены протоколы независимых испытаний ЦС УГМ и УГМ-П, сертификаты соответствия продукции, к настоящему моменту дополнительно обновлённые, подготовлены Инструкции по применению [125-127, 129-132], (Приложения В, Г).

Таким образом, разработан и подобран полный комплекс оборудования и оснастки, разрешительной документации, для проведения дальнейших шахтных исследований и последующего внедрения разработок.

2.5. Выводы

В итоге анализа и подбора комбинаций компонентов создана уникальная рецептура основы составов (массово) с фиксированным временем потери теку-

чести и схватывания на базе цемента марки ПЦ-500 – до 45%, твердых техногенных отходов ТЭС и металлургических предприятий Кузбасса – до 50%. Технологическими требованиями, учитывающими время потери текучести и набора прочности ЦС, возможность механизации работ по их приготовлению и транспортированию по трубопроводам, непрерывному заполнению опалубки большого объёма, обеспечение фильтрации по трещинам прилегающих горных пород, и т.д., обусловлено применение различных добавок-ускорителей и стабилизаторов, добавок-наполнителей (инертных и активных) – до 5%.

Область применения УГМ – для инъекционного тампонажа нарушенных пород; УГМ-П – для дистанционного возведения тела ИП с возможностью пропиточного безнапорного тампонажа крупных трещин в прилегающей приконтурной зоне горных выработок.

Разработанные на основе отходов ТЭС и металлургических предприятий цементные смеси (УГМ и УГМ-П) в зависимости от их массового водо-твердого соотношения от 0,35 до 1,0 обеспечивают нелинейный рост значений предела прочности на одноосное сжатие до 23,2 МПа и изгиб до 5,8 МПа.

Реологические параметры цементных смесей (УГМ и УГМ-П), в зависимости от их массового водо-твердого соотношения в диапазоне от 0,45 до 0,25, характеризуются степенными и линейными реологическими моделями течения, обеспечивая нелинейный рост значений динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0 и эффективной динамической вязкости $\mu_{эфф}$.

Очевидно, что полифракционная структура ЦС УГМ и УГМ-П, с частицами от 100 до 40 мкм, предопределяет влияние составов на их текучесть и структурообразование, возможность создания более плотного устойчивого каркаса.

Для дальнейших шахтных исследований работоспособности ЦС УГМ и УГМ-П, и внедрения их в производство, получена необходимая техническая и разрешительная документация: заключения экспертизы промышленной безопасности на продукцию (Ростехнадзор РФ), паспорта безопасности и санитарно-эпидемиологическое заключение, сертификаты соответствия продукции, разработаны локальные инструкции по применению. Разработан и подобран полный

комплекс смесительно-нагнетательного и инъекционного оборудования, специализированной оснастки.

Достигнутые физико-механические и реологические характеристики разработанных ЦС положительно влияют на технологические процессы тампонажа трещин пород приконтурной зоны, пропиточного, – где практически нет возможности регулировать режимы нагнетания, и инъекционного, – где сложно управлять направлением потока суспензии по трещинам (движется по пути наименьшего сопротивления). Для исключения потерь важно управлять зоной распространения ЦС, однако, возникает вопрос качества изоляции горной выработки вокруг тела возведенной изолирующей безврубовой перемычки, которое может быть обеспечено при максимально полном заполнении трещин приконтурной зоны пород, главным образом, в радиальном направлении. Соответственно, целесообразно исследовать процессы формирования окружающей тампонажной завесы в зависимости от условий ее возведения, во взаимосвязи с параметрами тела безврубовой монолитной перемычки.

На основании полученных результатов сформулировано первое научное положение.

3. ОЦЕНКА РАЗМЕРА ОКРУЖАЮЩЕЙ ТАМПОНАЖНОЙ ЗАВЕСЫ ОТ УСЛОВИЙ ЕЕ ВОЗВЕДЕНИЯ, ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ПАРАМЕТРАМИ ТЕЛА БЕЗВРУБОВОЙ МОНОЛИТНОЙ ПЕРЕМЫЧКИ

3.1. Обоснование процесса интеграции монолитной перемычки в окружающий приконтурный углепородный массив

Возведение и эксплуатация изолирующих перемычек без соответствующего упрочнения и уплотнения (консолидации) нарушенной приконтурной зоны приводит к значительным перетокам газовой среды через изолирующее сооружение, нарушению требований промышленной безопасности к устойчивости и долговечности конструкции.

Аналитические варианты принципиальных схем элементов, учитывающих возможность различного сочетания их технологических и конструктивных особенностей – от самых простых, состоящих из тела перемычки, до более сложных консолидирующих изоляционных систем «монолитная перемычка-тампонажная завеса», представлены на Рисунке 1.8. В текущих условиях эксплуатации шахт, несмотря на явное наличие нарушений вмещающего углепородного массива, обычно применяют нерациональную для указанных условий, но более дешёвую по сметной стоимости строительства схему *a*. Рационально при нарушенных вмещающих породах, что особо проявляется в пластовых выработках угольных шахт, в качестве базовых, применение схем *d*, и *e* – для условий с трещиноватым вмещающим массивом пород. Для реализации схем *e* – *i* с изоляционными работами применимы: предварительный тампонаж приконтурного массива пород – перед возведением тела перемычки, последующий тампонаж – после возведения тела перемычки, и совместный тампонаж – в процессе возведения тела перемычки. При этом, основной задачей является обеспечение качества и надёжности сооружения, оцениваемых по критериям прочности, устойчивости и фильтрационным характеристикам.

Учитывая опыт решения задач управления физико-механическим состоянием массива горных пород, а также исследования в области фильтрации флюидов, механики дисперсных систем и создании специализированных цементных смесей с заданными свойствами, проводимые Институтом угля СО РАН (структурное подразделение ФИЦ УУХ СО РАН), КузГТУ (Кафедра теоретической и геотехнической механики) и научно-производственной компанией «УГМ-Сервис» (НПК «Упрочнение Горного Массива»), возможно комплексное решение задач изоляции горных выработок, ремонта и восстановления подземных сооружений. Цементные смеси, затворённые водой, при этом обычно рассматриваются как водо-твёрдые суспензии, а фильтрация по трещинам – как гидротранспорт дисперсных частиц ЦС. Горные породы с трещинами приняты недеформируемыми под давлением нагнетания ЦС. Перепад давления на тампонируемом участке равен давлению нагнетания ЦС в трещины.

Параметры технологии инъекционного тампонажа включают в себя: расход раствора в скважину, давление нагнетания, режим нагнетания, концентрацию раствора (В/Т), радиус распространения раствора, время нагнетания, длину инъекционных скважин. Указанные параметры взаимосвязаны процессом фильтрации суспензии ЦС с заданными реологическими характеристиками в массиве с определёнными фильтрационными характеристиками (трещиноватостью).

Основным условием качественного возведения изоляционного сооружения, консолидирующегося в процессе схватывания ЦС в систему «монолитная перемычка – тампонажная завеса» (особенно в условиях пластовых выработок угольных шахт), является процесс интеграции ЦС в нарушенный трещиноватый приконтурный углепородный массив, который состоит из следующих двух технологических этапов.

Первый этап технологии – при опалубочном монолитном возведении тела безврубовой перемычки в наполняемой опалубке формируется слой подвижной ЦС, давление высоты g столба которого и обеспечивает безнапорный

пропиточный тампонаж окружающих нарушенных горных пород на глубину приконтурной зоны h_1 (Рисунок 3.1). Соответственно, высокие подвижность и скорость схватывания смеси УГМ-П, при ограниченной производительности растворонасоса, формируют предельно низкие давление нагнетания и расход ЦС, ограничиваясь заполнением только крупных трещин прилегающей приконтурной зоны.

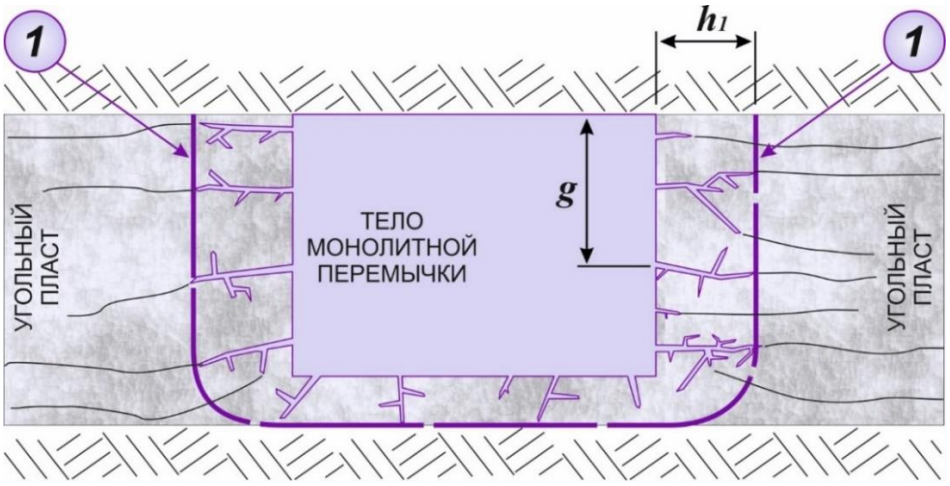
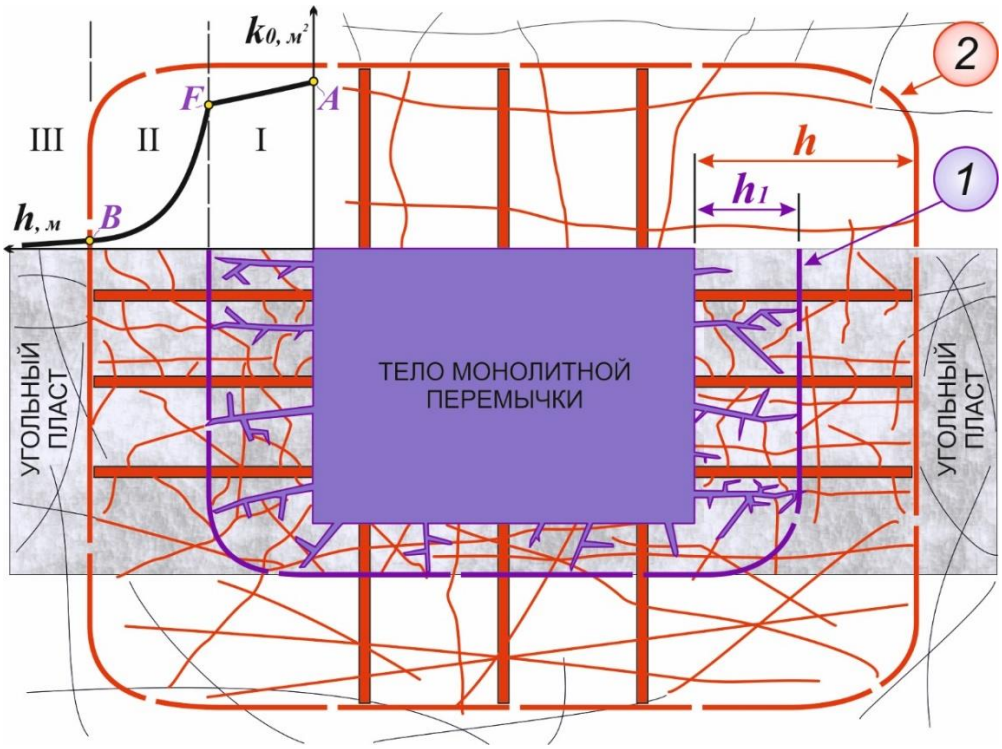


Рисунок 3.1 – Пропитывающий тампонаж приконтурной зоны пластовой выработки

Второй этап технологии – *инъекционный* тампонаж остаточной трещиноватости приконтурной зоны нарушенных пород вокруг перемычки, который возможно провести только при нагнетании ЦС через веер инъекционных шпуров, пробурённых на глубину завесы h (Рисунок 3.2).

Определяющим для настоящего исследования являются согласующиеся друг с другом результаты многолетней работы В.А. Хямяляйнена, А.В. Угляницы, Л.П. Понасенко и В.Г. Игишева [62, 139, 160, 192, 204, 205, 209-213, 218] по оценке проницаемости угольных и породных массивов в местах возведения ИП и цементации трещиноватых пород в условиях подготовительных горных выработок. Вмещающие породы и периметр ИП являются местом основного объёма утечек, на который непосредственно влияет

работа вентиляционной системы шахты, формирующая перепад давления – его разницу, до и после сооружения.



(1) – пропитывающий, (2) – инъекционный.

Рисунок 3.2 - Технологические этапы возведения тампонажной завесы в приконтурной зоне пластовой выработки

По степени трещиноватости и воздухопроницаемости выделено 3 зоны: I – максимальной (частичная или полная потеря связи с массивом – зона отжима – h_1, проявляется трещинами с раскрытием до 20 мм и трещинной пустотностью 6-10%); II – высокой (с режимом воздушной фильтрации, изменяемым по квадратичному закону распределения); III – устойчивой части массива (практически отсутствует трещиноватость и воздухопроницаемость). При этом, по сравнению с породным, значительно более разрушенной является приконтурная бортовая часть угольного массива, достигающая величины h = 2,5 м (1,3 м по породе). Известно также, что тампонаж горных пород целесообразно осуществлять при их проницаемости $k_o \geq 0{,}5\ 10^{-12}$ м^2, являющейся в нашем случае границей зоны h.

Идея одновременного проведения указанных этапов технологии позволит более эффективно объединить процессы заполнения опалубки, пропиточный безнапорный и инъекционный способы тампонажа, в целях более качественной интеграции изоляционного сооружения в трещиноватый приконтурный углепородный массив с созданием консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» в условиях пластовых выработок угольных шахт. Очевидно, что опалубочное возведение изолирующей безврубовой монолитной перемычки, технологически увязанное с одновременным возведением тампонажной упрочняюще-уплотняющей завесы, даст синергетический эффект повышения скорости и качества изоляции выработанного пространства.

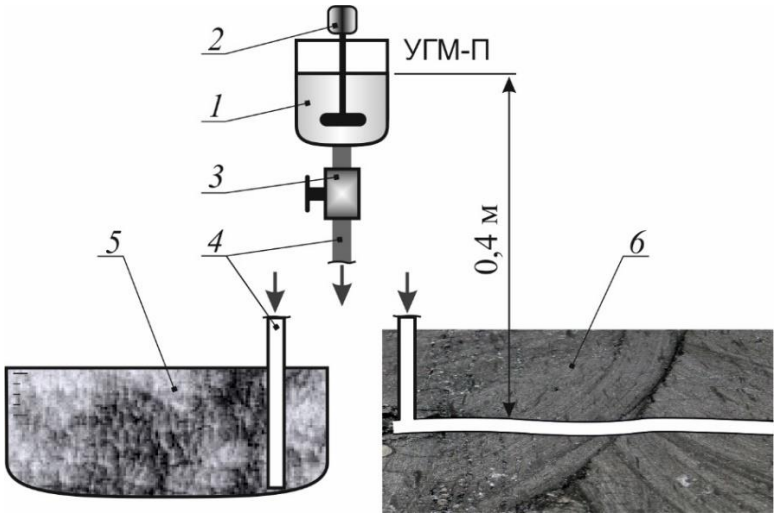
Очевидны также выводы: качество изоляции напрямую зависит от физических характеристик смесей, режимов их нагнетания, характеристик приконтурной зоны, а в технологии изоляции целесообразно учитывать совмещение процессов возведения монолитной перемычки с инъекционным упрочнением и уплотнением, изменяющих физико-механические характеристики нарушенных пород и создающих несущие структурные связи в процессе интеграции сооружения во вмещающий массив. При этом возникают взаимоисключающие условия: высокая проникающая способность цементной смеси и необходимость качественного заполнения трещин горных пород, при малых времени потери ее текучести и минимизации протечек состава в горную выработку. Также, для обоснования и разработки рациональных технологических схем изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с консолидированной приконтурной зоной вмещающих пород, необходимо дальнейшее обоснование рациональных размеров формируемой тампонажной завесы.

3.2. Исследование размеров приконтурной зоны пропиточного безнапорного тампонажа

Лабораторные исследования

Исходные данные. Рациональное массовое В/Т соотношение УГМ-П обусловлено ее физическими характеристиками и составляет 0,47-0,5, что является граничным значением, выше которого не выдерживаются требования по прочности цементного камня, а ниже – реологические требования по текучести и проницаемости. Учитывая минимально допустимую толщину перемычки в 2 м [63], размеры горных выработок угольных шахт, технологию заполнения опалубки ЦС производительностью 6-8 м^3/час, скорость схватывания УГМ-П 10-15 мин., максимально возможная высота подвижного слоя УГМ-П составит g_{max} = 0,4 м, а давление нагнетания ЦС в нижнюю трещину – около 0,01-0,02 МПа, что является предельно низким значением и является фактически режимом пропитки массива.

Как уже было отмечено, наиболее нарушенной и сложной для тампонажа является приконтурная зона бортов пластовой выработки, находящейся в зоне влияния очистных работ. Для оценки пропитывающей способности зон I и II (Рисунок 3.2) смесью УГМ-П, создан стенд, схема которого представлена на рисунке 3.3.



1 – ёмкость для приготовления ЦС, 2 – мешалка, 3 – вентиль, 4 – трубопровод подачи ЦС, 5 – ёмкость с кусковым углём, 6 – блок угля с трещиной.

Рисунок 3.3 – Схема стенда для оценки пропитывающей способности УГМ-П

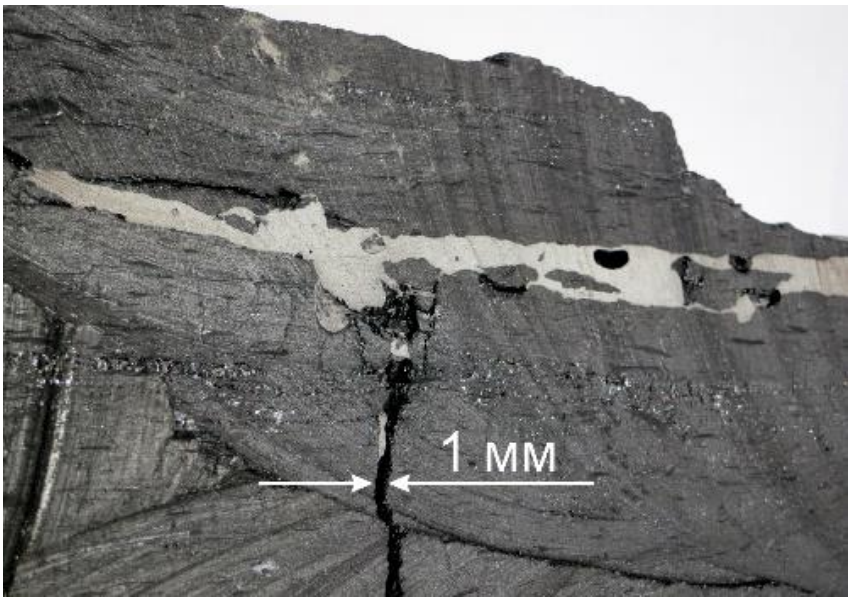
На первом этапе выполнена пропитка горизонтальной трещины, полученной при расколе по напластованию образца – монолитного блока энергетического угля марки Д, габаритными размерами около 1 м. На втором этапе выполнена пропитка ёмкости объёмом 0,5 м^3, заполненной кусковым углём объёмным соотношением фракций 50-20 мм и 10-0 мм как 2/1, с остаточной пустотностью около 10%. Далее, после твердения УГМ-П блоки распиливались дисковой пилой для визуальной оценки качества заполнения пустот и получения образцов угле-цементного материала для определения их физико-механических характеристик.

Анализ результатов (Таблица 3.1; Рисунки 3.4; 3.5).

Таблица 3.1 - Физико-механические характеристики образцов угля с УГМ-П

В/Т	Расход сухой смеси, кг/м^3	Расплыв по ГОСТ 31356, см	Прочность в возрасте 28 сут., МПа	
			при изгибе	при сжатии
0,47	1070	29	1,7	8,2

Примеры образцов из блока угля с горизонтальной крупной трещиной, заполненной смесью УГМ-П при пропиточном тампонаже, представлены на Рисунке 3.4.

а) 

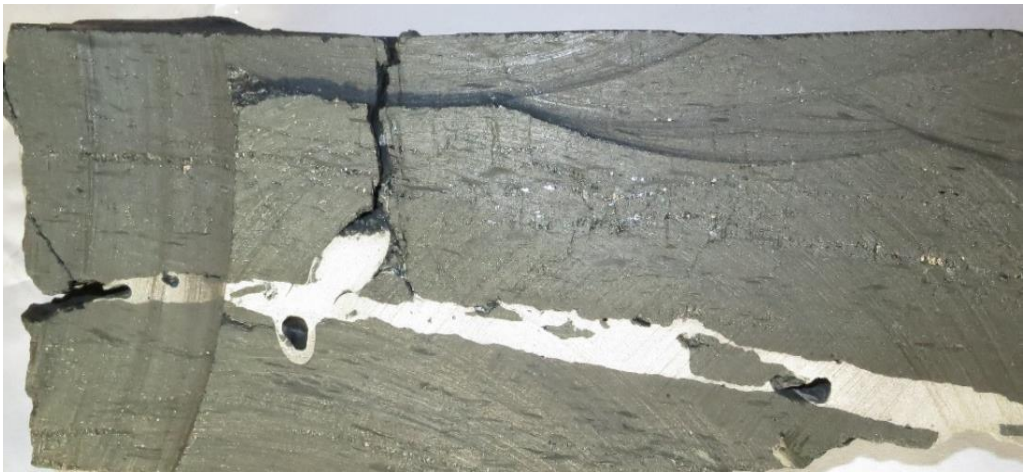
б) 

Рисунок 3.4 – Образцы (а, б) из блока угля с горизонтальной трещиной

Выявлено не заполнение тонких трещин с раскрытием до 1 мм, особенно при наличии перекрытого мелким штыбом устья. Очевидна недостаточность параметров режимов нагнетания и реологических характеристик УГМ-П при пропитке для обеспечения полноценного тампонажа тонкой трещиноватости с раскрытием менее 1 мм.

Пример шлифа образца, вырезанного из блока с кусковым углем, показан на Рисунке 3.5. Очевидны высокая смачивающая способность и качественное заполнение УГМ-П с минимальным количеством пустот (пузырьков) не более 1 мм.



Рисунок 3.5 – Шлиф образца, вырезанного из блока с кусковым углём

Образцы углепородного материала имеют прочность на одноосное сжатие и изгиб на 7-10% превышающий значения у образцов из монолитного угля, что объясняется добавочной прочностью УГМ-П, заполняющей до 10% пустот в насыпной массе.

Шахтные исследования

Конструктивной основой изолирующего сооружения является тело перемычки, технология возведения которого непосредственно влияет на режимы и условия пропиточного тампонажа приконтурной зоны вмещающей горной выработки ЦС УГМ-П.

За период 2013-2018 гг. произведено более 44,5 тыс. т. ЦС УГМ-П, из которой возведено более 1 тыс. ИП в шахтах и шахтоуправлениях Кузбасса (в том числе, практически все шахты РУК ЕВРАЗ), например, ш. «Ерунаковская», ш. «Усковская», ш. «Есаульская», ш. «Алардинская», ш. «Осинниковская», Межегейуголь, ш. «Распадская», МУК-96, ш. «Антоновская», ш. «Полосухинская», ш. «Грамотеинская», ш. «Юбилейная», ш. «Колмогоровская», ш. «Увальная», ш. «Большевик», ш. «Бутовская», ш. «Талдинская-Западная-1», ш. «Распадская-Коксовая», ш. им. Кирова, ш. «Алексеевская», ш. «Заречная», ш. «Комсомолец», ш. им. Рубана, ш. им. 7 ноября, ш. им. Ялевского, ш. «Костромовская», ш. «Чертинская-Коксовая», ш. «Чертинская-Южная», ЗАО «Разрез Инской», ш. «Октябрьская», ш. «Байкаимская», ш. «Бутовская», ш. «Ровер», и др. (Приложение Д).

Для исследования размеров приконтурной зоны пропиточного безнапорного тампонажа нарушенных пород (угля) вокруг перемычек, были выбраны ИП во вмещающем охранном целике угольного пласта сбоек между конвейерным и вентиляционным штреками в условиях «Шахта «Распадская-Коксовая», «Шахта «Антоновская», «Шахта «Алардинская» и «Шахта «Усковская». Все ИП возведены в соответствии с проектной документацией на изоляцию, разработанной в соответствии с Инструкцией по изоляции [63] и Инструкцией по применению УГМ-П (Приложение Г). Пример типовой конструкции ИП из УГМ-П представлен на Рисунке 3.6 в виде выкопировки с

плана горных работ пласта III КСО 3-1-2 поля шахты № 2 «Распадская-Коксовая».

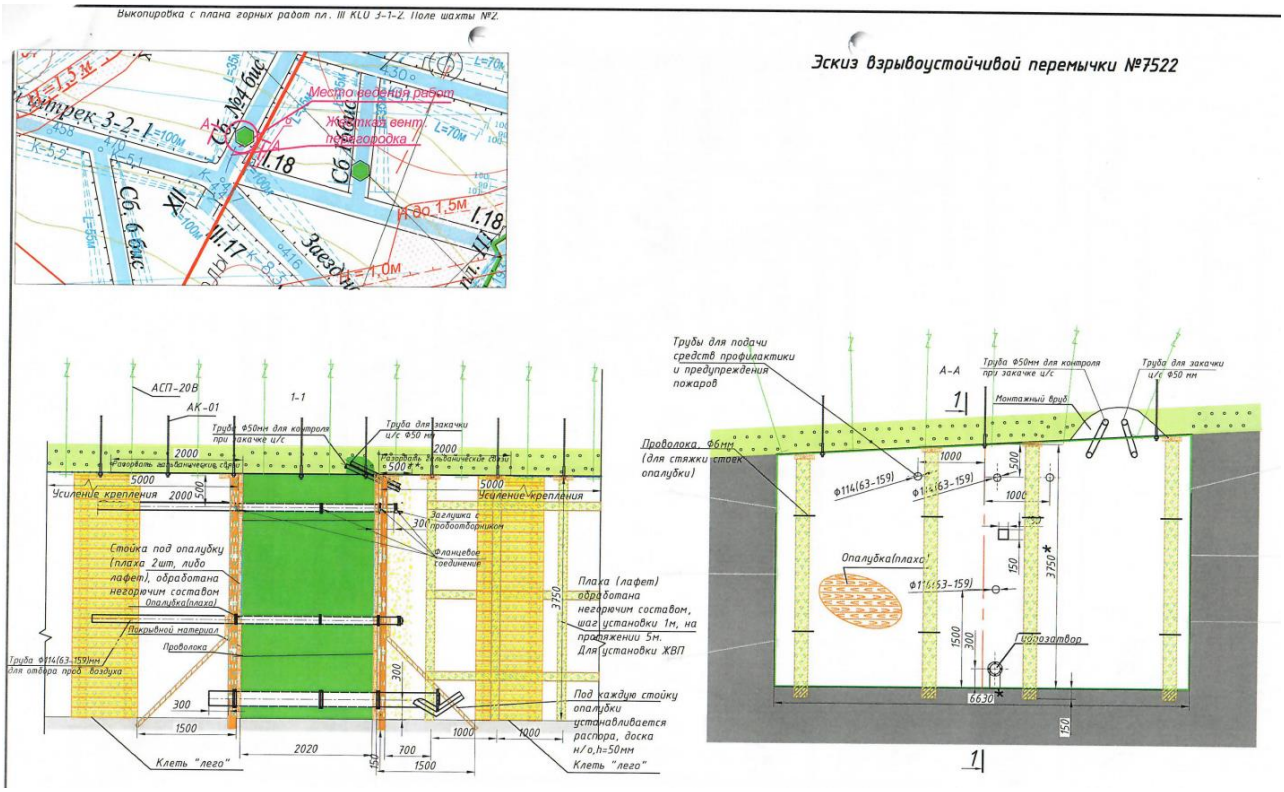


Рисунок 3.6 – Пример типовой конструкции ИП из УГМ-П

Критерием отбора ИП для испытаний служила возможность визуального осмотра частично нарушенной приконтурной зоны угольного пласта в бортовой части сбоек, что было допустимо только у ИП, «уходящих в завал» и подвергшихся влиянию очистных работ, спровоцировавших развитие зоны отжима пласта. Оценке подвергнуты ИП толщиной от 2 до 2,5 м.

Методика проведения исследований. Непосредственно возле тела ИП, под прикрытием временной щитовой крепи, проводилась оборка участка борта вдоль визуально просматриваемой примыкающей трещины. При замерах величины раскрытия трещин и глубины пропиточной тампонажной обработки использованы штангенциркуль, рулетка, градуированная лупа. Значения раскрытия затампонированной трещины фиксировались в ее начале и в конце,

как среднее между тремя замерами. Оценке подвергнуто 19 участков. После набора массива данных определена зависимость ширины зоны пропитки борта угольного пласта h_1 от величины раскрытия трещин δ.

Таким образом, при заполнении опалубки зафиксировано безнапорное распространение смеси УГМ-П по трещинам прилегающих нарушенных горных пород: до 0,2 м (в горизонтальной плоскости) – при раскрытии трещин от 0,1 до 2,0 мм; до 0,5 м – при раскрытии трещин от 2,0 до 5,0 мм; до 1,0 м – при раскрытии трещин от 5,0 до 8,0 мм. Выявлен случай распространения смеси до 1,5 м по одиночной трещине раскрытием 8,0-12,0 мм. Для условий шахт Кузбасса определена нелинейная зависимость $h_1 = f(\delta)$, определяющая область применения пропиточного тампонажа, с учетом условий возведения и взаимосвязью с параметрами тела ИП (Рисунок 3.7) [122].

Учитывая работы А.Е. Майорова по массопереносу частиц цементных суспензий в щелевом пространстве и полученные в настоящей работе результаты реологических исследований ЦС УГМ и УГМ-П, доказано, что смеси на основе цемента для трещин от 1 и более мм имеют рациональное значение массового В/Т соотношения не более 0,45-0,47, что обусловлено их реологическими характеристиками. При указанном В/Т массовый расход смеси по твёрдой фазе, через трещину раскрытием 1 мм, находится в предельно возможном (допустимом) значении.

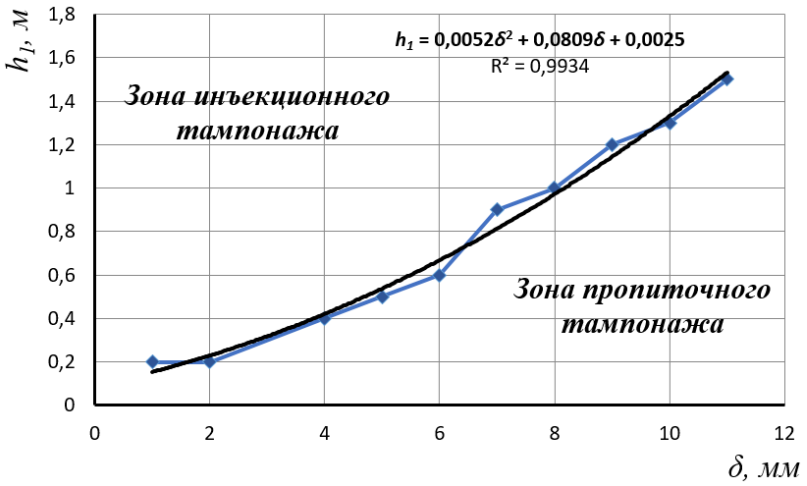


Рисунок 3.7 – Зависимость ширины зоны пропитки борта угольного пласта h_1 от величины раскрытия трещин δ

Учитывая, что регламентная толщина тела перемычки составляет не менее 2 м, а технология возведения обследуемых ИП идентична, очевидно, что толщина и ширина тела перемычки практически не влияет на глубину проникновения УГМ-П в приконтурную зону. При этом, ключевыми являются реологические характеристики и высота формируемого в процессе заливки опалубки подвижного слоя ЦС (до момента схватывания).

Таким образом, в нарушенных горных породах приконтурной зоны, в том числе и углях, при заполнении опалубки происходит безнапорное распространение смеси по трещинам на глубину до 1,5 м. Указанные процессы формируют упрочнённую зону периметра, функционально заменяющую вруб предшествующих вариантов конструкций перемычек. При раскрытии трещин более $5 \cdot 10^{-3}$ м наблюдаются активные протечки смеси за пределы опалубки в выработку, что требует проведения дополнительных мероприятий по изоляции контура.

При наличии обширной зоны интенсивной трещиноватости массива по периметру возводимой монолитной перемычки формируется область активной фильтрации воздуха через сквозные трещины, что обусловлено высокой скоростью схватывания состава УГМ-П и его ограниченной проникающей способностью. Также, учитывая, что безврубовые монолитные перемычки, кроме своей массы, удерживаются в выработке только за счёт сил трения и сцепления по периметру контура, конструкция без полноценных несущих связей и интеграции с массивом получается более ослабленная. Исключение выявленных недостатков, проявление которых может быть критично (устойчивость конструкции перемычки, изолирующие характеристики, влияющие на загазованность горных выработок и содержание кислорода в отработанном пространстве), возможно только при инъекционном тампонаже остаточной трещиноватости приконтурной зоны.

Очевидна необходимость дальнейшего исследования процессов инъекционного (нагнетательного) тампонажа приконтурной зоны, с оценкой рациональных размеров формируемой завесы.

3.3. Исследование размеров приконтурной зоны инъекционного (нагнетательного) тампонажа

После пропиточного тампонажа, остаются не заполнены трещины размером менее 2 мм в прилегающих к ИП бортах и почве выработки, а также полностью не затампонированы трещины кровли. Также, из опыта возведения ИП, выявлено стабильное образование на контакте с кровлей технологической зоны не смыкания в виде сквозной трещины раскрытием от 1 до 5 мм, образующейся при заливке опалубки из-за неровностей контура горной выработки. Эффективная работа ИП невозможна без качественной интеграции тела перемычки с прилегающей приконтурной зоной вмещающей горной выработки. Рациональное массовое В/Т соотношение УГМ обусловлено ее физическими характеристиками и составляет до 0,5 что является граничным значением, выше которого не выдерживаются требования по прочности цементного камня. Нижний диапазон ограничен проницаемостью УГМ в соответствующие трещины и заданным радиусом распространения.

За период 2013-2018 гг. произведено более 520 тонн ЦС УГМ, из которой возведено более 320 инъекционных тампонажных завес вокруг ИП горных выработок шахт, например, ш. «Распадская-Коксовая», ш. «Ерунаковская», ш. «Усковская», ш. «Алардинская», ш. «Антоновская», ш. «Грамотеинская», ш. «Увальная», ш. «Талдинская-Западная-2», ш. им. Рубана, ш. «Денисовская», ш. «Чертинская-Коксовая», ООО «Промуглесбыт» и др. (см. главу 4), (Приложение Д). Пример масштабных шахтных исследований показан на Рисунке 3.8 в виде выкопировки с плана работ ООО «УГМ-Сервис» по инъекционному тампонажу смесью УГМ приконтурной зоны ИП (УГМ-П) по пласту III при подготовке новой лавы шахты «Распадская-Коксовая» в 2018 году.

Методика исследований

В процессе шахтных исследований по определению рациональных размеров инъекционного (нагнетательного) тампонажа нарушенной приконтурной зоны выработки, вмещающей тело ИП из смеси УГМ-П, для каждого сооружения проведены (Приложение Е) [119, 120]:

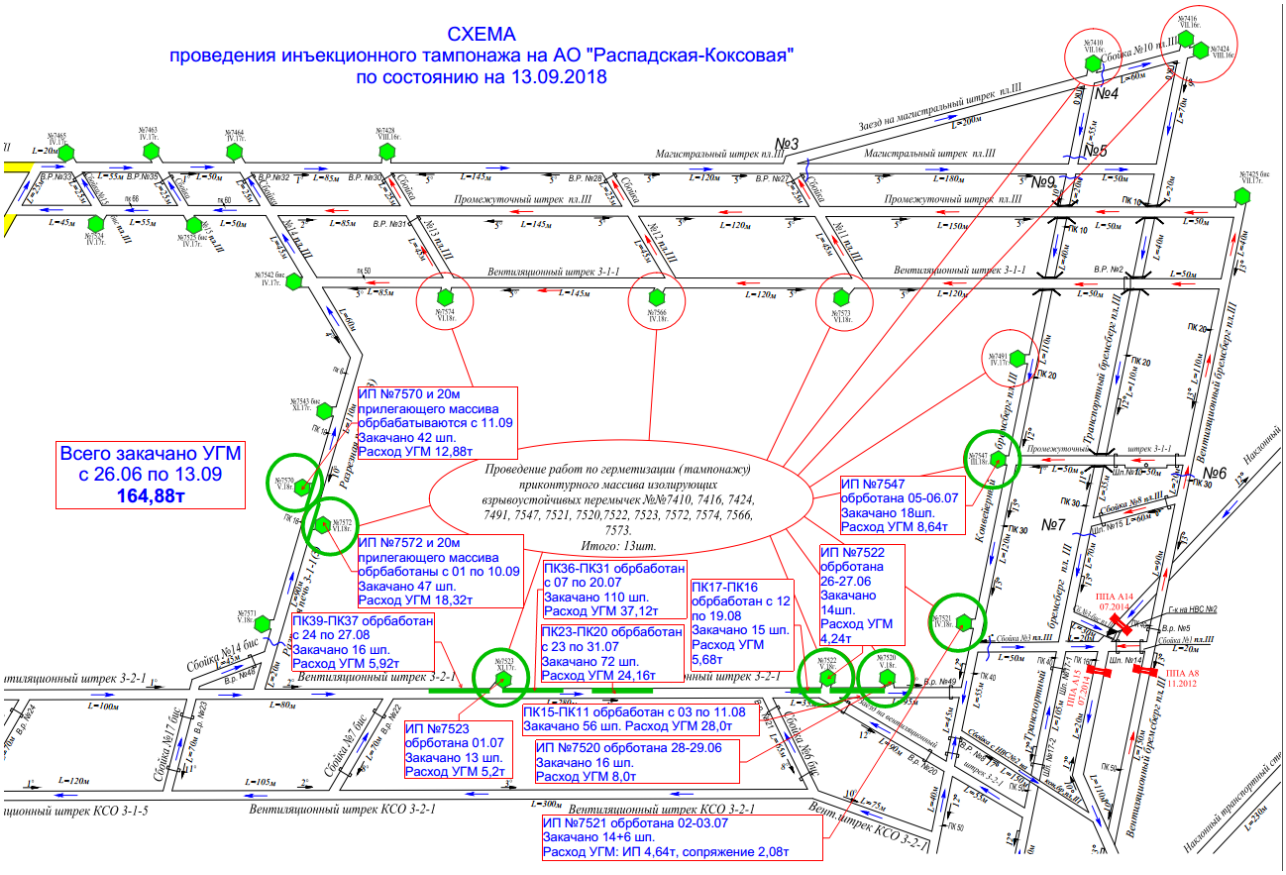
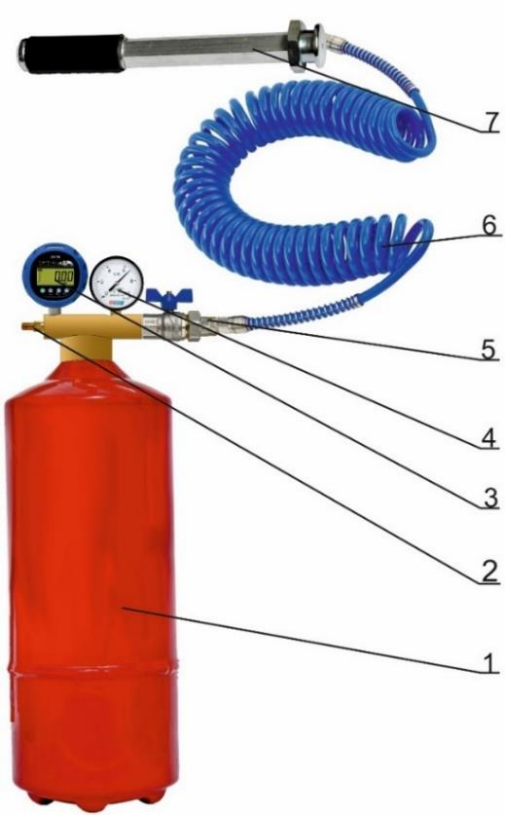


Рисунок 3.8 – Выкопировка с плана работ по инъекционному тампонажу

а) Визуально-измерительный (неразрушающий) контроль (ВИК) состояния наружной поверхности перемычки прилегающего контура вмещающей горной выработки и приконтурного массива пород. ВИК проводят при хорошем освещении, используя фонарь, рулетку, штангенциркуль, отвес, капроновый шнур, градуированную лупу. Обращают внимание на общее состояние конструкции ИП, наличие и характер расположения трещин и нарушений, наличие зон повышенной влажности, потёков и высолов, мест разрушения. После общего осмотра бурят диагностические 3-х метровые шпуры, минимум по одному – в борта и кровлю, корректируя количество и их глубину в процессе обследования. Осмотр осуществляют полугибким портативным эндоскопом. Целью этапа является оценка технического состояния ИП (при наличии), выявление и исследование аномальных зон, зон интенсивной трещиноватости и других нарушений в приконтурном массиве горных пород в месте возведения ИП.

б) Реометрический контроль – используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через раскрытые трещины – для оценки фактической трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород, в том числе и углей. Относится к числу наиболее эффективных, простых и доступных оперативных инженерных прямых методов. Целью этапа является оценка фактической трещинной проницаемости (трещиноватости и фильтрационных свойств) приконтурной зоны массива горных пород изолирующей перемычки.

Учитывая уникальность ранее изготовленных приборов и методик реометрического контроля КузНИИшахтострой, УКРшахтострой и ГИ ФИЦ КНЦ РАН [176, 191, 211, 213], разработаны соответствующие методические указания и средства контроля, с использованием более современных и точных цифровых датчиков (Приложение Е). Установка реометрическая УР-1 изготовлена на базе автономного портативного цифрового манометра-регистратора Crystal XP2i с точностью измерения 0,001%, даталоггером, термокомпенсацией, в искробезопасном исполнении (Ex), пылевлагонепроницаемом корпусе (IP67) (Рисунок 3.9). Установка укомплектована насосом ручным пневматическим (на рисунке не показан) для автономного заполнения аккумулирующей ёмкости воздухом при проведении контроля. В процессе замера показаний изменения (скорости падения) давления в аккумулирующей ёмкости манометр-регистратор автоматически фиксирует четыре показания в секунду, рассчитывая среднее значение, по которому и выстраивает соответствующий график. По каждому диагностическому шпуру (Рисунок 3.10) после реометрического контроля получают отчет, пример которого представлен на Рисунке 3.11.



1 – ёмкость с сжатым воздухом; 2 – переходник с ниппелем; 3 – манометр-регистратор; 4 – манометр стрелочный контрольный; 5 – вентиль; 6 – шланг; 7 – пакер механический (пневматический).

Рисунок 3.9 – Установка реометрическая УР-1

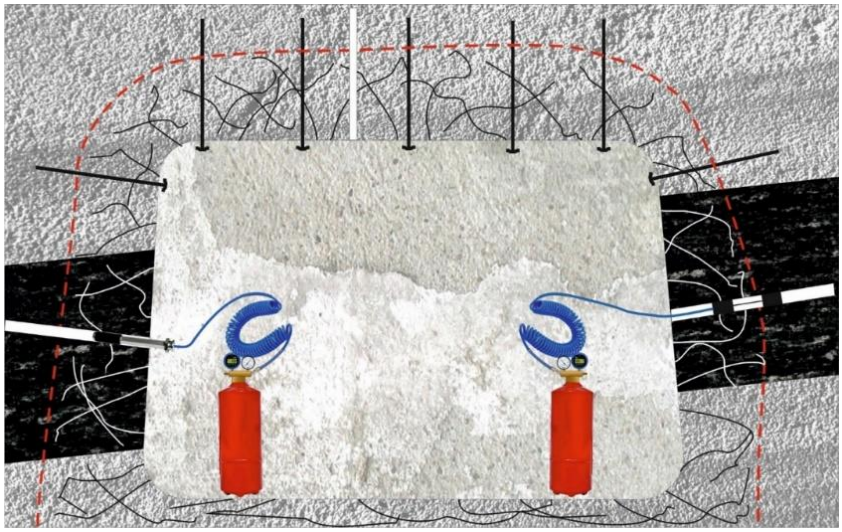


Рисунок 3.10 – Условная схема проведения замеров перед перемычкой



Рисунок 3.11 – Пример отчёта реометрического контроля

В процессе анализа полученных результатов оцениваются:

– коэффициент проницаемости пород:

$$K_{пр} = \frac{\Delta P}{\Delta l \cdot t}, \tag{3.1}$$

где $K_{пр}$ – коэффициент проницаемости пород, МПа/м·с; ΔP – падение давления воздуха на исследуемом интервале шпура, МПа; Δl – длина отрезка шпура, находящегося под давлением, м; t – время истечения воздуха из ёмкости, с.

– коэффициент трещиноватости пород в исследуемом интервале диагностического шпура:

$$K_{тр} = \frac{80 \cdot S_{экв}}{\pi \cdot r_{ш} \cdot \Delta l}, \tag{3.2}$$

где $S_{экв}$ – площадь эквивалентного отверстия, м^2, определяемая по тарировочной кривой; $r_{ш}$ – радиус шпура, м.

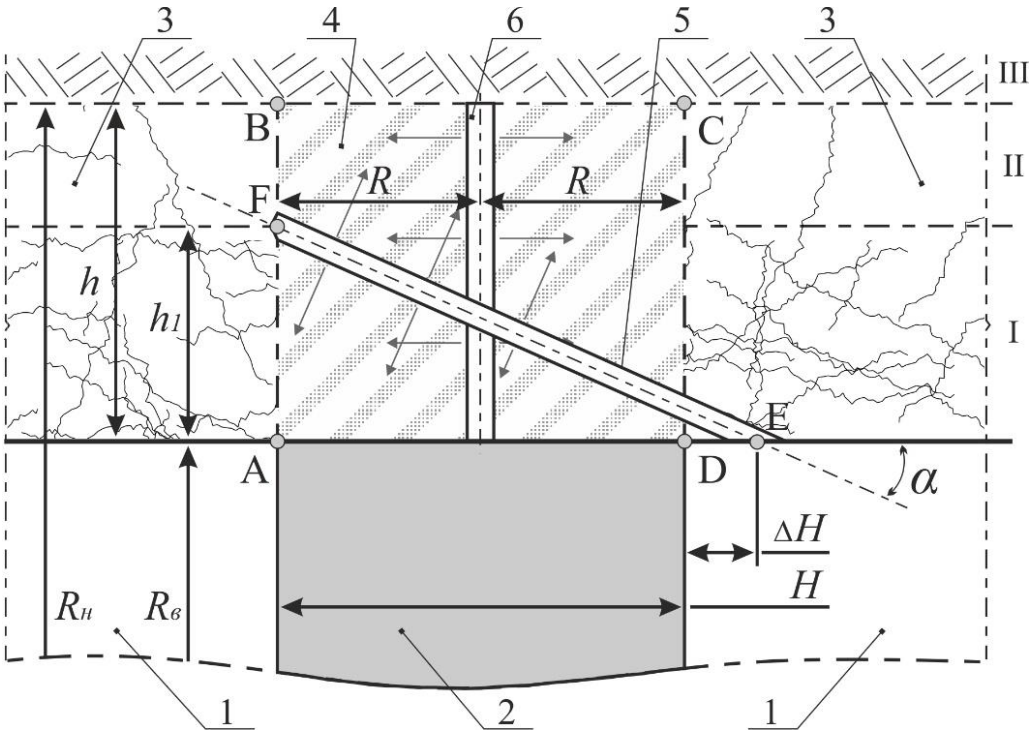
Установка УР-1 тарирована по калиброванным отверстиям, а при сравнении соответствующих графиков возможна оценка выявленных коэффициентов (Приложение Е). Использование критерия оценки состояния приконтурного массива в виде соотношения указанных коэффициентов до и после возведения тампонажной завесы позволяет оценивать степень нарушенности объекта исследований во времени и пространстве, степень и размеры нарушенной зоны от контура выработки, рост количества трещин на 1 погонный метр (удельную трещиноватость), осуществить зонирование пород по категориям нарушенности. Величину раскрытия основных трещин подтверждают ВИК. При анализе фильтрационных характеристик приконтурной зоны горной выработки до и после проведения инъекционного тампонажа оценивается и его качество.

Инъекционный тампонаж всех ИП проведён с применением технологических режимов, подробно представленных в главе 4. В результате общего анализа полученных материалов можно выполнить следующее технологическое обобщение.

Представим инъекционный тампонаж как самостоятельный элемент – схема *е* (Рисунок 1.8). Для анализа способов возведения тампонажной завесы вокруг ИП с наклонными и «вертикальными» (по нормали к контуру) инъекционными шпурами, представлена схема продольного осевого сечения горной выработки (Рисунок 3.12).

Для качественного инъекционного упрочнения и уплотнения нарушенного приконтурного массива пород необходимо формирование тампонажной завесы с обязательными условиями полного заполнения объёма трещин и распространения нагнетаемой ЦС УГМ по всей площади рациональной области сечения ABCD. При этом важно взаимное пространственное расположение нагнетательных скважин вокруг ИП и относительно контура горной выработки. Рекомендуется веерное расположение нагнетательных скважин по периметру вокруг ИП, что непосредственно влияет на размер и форму зоны распространения УГМ по трещинам. Соответственно, особо важным является

схема расположения нагнетательных скважин и значение угла их наклона относительно контура горной выработки, зависящего от радиуса распространения УГМ, режима нагнетания и физических свойств массива горных пород.



1 – горная выработка; 2 – перемычка; 3 – нарушенный приконтурный массив пород; 4 – тампонажная завеса; 5 и 6 – нагнетательные шпуры.

Рисунок 3.12 – Схема тампонажной завесы вокруг безврубовой перемычки

Возведение тампонажной завесы с наклонными к контуру пластовой выработки инъекционными шпурами. Началом нагнетательной скважины является точка E (Рисунок 3.12), обеспечивающая технологический отступ ΔH от перемычки для размещения инъекционного пакера в устье, не пересекая линии CD. Точкой F обозначена забойная часть нагнетательной скважины 5 минимально допустимой длины, проходящей через границу выявленной зоны отжима (фактически является зоной пропиточного тампонажа h_1, характеризуемой хаотичной крупной трещиноватостью), а отрезок AB равен значению h – глубины нарушенного приконтурного массива пород вокруг ИП и

перекрывает зоны трещиноватости I и II (рис. 3.2) – до линии BC (Рисунок 3.12), проходящей по условному контуру устойчивой части массива.

Предложен авторский *патентованный* инженерный способ [212, 147], основанный на расчёте относительного угла наклона, позволяющий, оперируя взаимным соотношением катетов прямоугольного треугольника AFE, рассчитать минимальный угол наклона гипотенузы, т.е. нагнетательной скважины относительно контура горной выработки, град.:

$$\alpha = 45 \cdot h_1 / (H + \Delta H), \qquad (3.3)$$

где h_1 – соответствует длине отрезка AF, м; H – толщина перемычки, м; ΔH – технологический отступ от перемычки, м; при условии, что значение величины h = AF+FB. Отрезки AF и FB должны равняться радиусам распространения тампонажного раствора R по трещинам горных пород на соответствующих участках нарушенного приконтурного массива.

При частном случае равенства отрезков AF и FB в схеме тампонажа угол наклона нагнетательной скважины относительно контура горной выработки соответствует, град.:

$$\alpha = 22{,}5 \cdot h / (H + \Delta H). \qquad (3.4)$$

Учитывая реологические характеристики и В/Т тампонажного раствора УГМ, физические параметры и трещиноватость горных пород, возможно эффективно качественно контролировать процесс возведения тампонажной завесы вокруг перемычки. При этом, обеспечив прохождение оси каждой нагнетательной (инъекционной) скважины через точки F (Рисунки 3.2 и 3.12), определяемых при ВИК и реометрическом обследовании, обеспечивается заполнение основной системы крупных трещин приконтурной зоны пластовой выработки ЦС УГМ, включая зону отжима бортов.

Возведение тампонажной завесы с «вертикальными» инъекционными шпурами (расположены по нормали к контуру пластовой выработки). Данная схема имеет более простую реализацию из-за свободного доступа к месту возведения перемычки. Инъекционные шпуры 6 (Рисунок 3.12) бурят также веером, по периметру, но перпендикулярно контуру горной выработки.

Для всех случаев заполнения рационального сечения ABCD приконтурной зоны вокруг тела перемычки необходимо соблюдение равенства толщине перемычки H двойного радиуса $2R$ распространения тампонажного раствора УГМ по трещинам горных пород. Расстояние между нагнетательными шпурами назначают при условии смыкания радиусов распространения тампонажного раствора R, определяемых в соответствии с его реологическими характеристиками и физическими параметрами нарушенного приконтурного массива пород. Длина инъекционных шпуров соответствует размеру зоны интенсивной трещиноватости (с раскрытием трещин от 0,1 мм и более) h, расположенной между контуром горной выработки и контуром устойчивой части массива пород (угля).

Предложенные схемы минимизируют неконтролируемое истечение тампонажного раствора в горную выработку, повышая качество инъекционного упрочнения и уплотнения нарушенного приконтурного массива пород, в зависимости от условий возведения и во взаимосвязи с параметрами тела ИП. Однако, дальнейшее обоснование основных параметров процесса фильтрации водо-твердых суспензий УГМ является необходимым для продолжения исследований.

3.4. Обоснование параметров возведения тампонажных завес вокруг монолитных перемычек пластовых выработок

Моделирование процессов фильтрации ньютоновской водо-твёрдой суспензии УГМ. Дальнейшее развитие перспективных технологий формирования тампонажных завес, разработанных в ОАО «Кузниишахтострой», КузГТУ и

ФИЦ УУХ СО РАН, позволяет оценить влияние фильтрационных характеристик приконтурной зоны трещиноватости на величину перетока через неё ньютоновской жидкости. Приняв за условие, что после пропиточного тампонажа ЦС УГМ-П зоны I формируется приконтурная зона *h* (Рисунок 3.2) с трещинами раскрытием до 2 мм и экспоненциальным законом распределения проницаемости, разработана математическая модель фильтрации УГМ (ньютоновской жидкости – водо-твёрдой суспензии с концентрацией от 0,47 В/Т) через массив горных пород вокруг ИП в условиях создания в нем инъекционной тампонажной завесы.

Исследование фильтрации ньютоновской жидкости через массив горных пород в зоне ИП было сведено к постановке и решению частной краевой задачи при соответствующих граничных значениях, учитывающих рациональную геометрию тампонажной завесы [192, 204, 205, 209-213, 215]. Фильтрация ньютоновской жидкости удовлетворяет линейному закону движения и уравнению неразрывности потока. При этом задача сведена к решению дифференциального уравнения для распределения давления *P* в области фильтрации

$$\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[rk(r)\frac{\partial P}{\partial r}\right]+k(r)\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}=0\,, \tag{3.5}$$

где *x*, *r* – цилиндрические координаты, м.

При этом, коэффициент проницаемости тампонажной завесы k_T, м^2, принят постоянными. Распределение коэффициента проницаемости *k(r)* пород приконтурной зоны *h*, в том числе борта угольного пласта после пропиточного тампонажа (рис. 3.2), с учетом известных результатов натурных исследований [191, 203, 204, 208-212, 214], соответствует

$$k(r)=\frac{k_o}{exp\left[-\frac{R_B\ln\left(k_o/k_н\right)}{h}\right]}exp\left[-\frac{\ln\left(k_o/k_н\right)}{h}r\right], \tag{3.6}$$

где k_o и $k_н$ – коэффициенты проницаемости незатампонированного массива на контуре выработки и за пределами влияния радиуса горной выработки, соответственно, м^2; $h = R_н - R_B$, соответственно $R_н$ – радиус влияния выработки (радиус границы перехода к слабопроницаемому массиву по границе контура устойчивой части массива), м, R_B – радиус выработки в проходке (половина ширины выработки), м.

Переток ньютоновской жидкости через массив горных пород Q в месте установленной ИП оценён как сумма перетоков:

на участке выработки с изолирующей рубашкой перед ИП (при наличии)

$$Q_1\left(x \in \left[-\mathrm{H} - \frac{l_T}{2},\ -\frac{H}{2}\right]\right), \tag{3.7}$$

на не затампонированном участке выработки

$$Q_2\left(x \in \left[-L_L,\ -l_c - \frac{l_T}{2}\right]\right), \tag{3.8}$$

и на свободном участке приконтурного массива

$$Q_3(x = L_L), \tag{3.9}$$

где H – толщина перемычки (вдоль выработки), м; l_T – длина вдоль выработки тампонажной завесы вокруг перемычки, м; l_c – длина вдоль выработки участка затампонированного приконтурного массива пород перед перемычкой, м.

Рассматривая переток УГМ через единицу длины периметра поперечного сечения выработки, и учитывая граничные условия, получаем:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -\frac{k_{\text{об}}}{\mu}\int_{-H-l_T/2}^{-H/2}\frac{\partial P_5}{\partial r}\,dx|_{r=R_B-h_{\text{об}}} -$$

$$-\frac{1}{\mu}\int_{L_L}^{-H-l_T/2} k(r)\frac{\partial P_7}{\partial r}\,dx|_{r=R_B} - \frac{1}{\mu R_B}\int_{R_B}^{R_{\text{н}}} rk(r)\frac{\partial P_7}{\partial x}\,dr|_{x=-L_L}. \tag{3.10}$$

где $k_{об}$ и $h_{об}$ – коэффициент проницаемости, м^2 и толщина, м, изолирующей рубашки перед перемычкой, соответственно.

В целом, с учетом поставленных условий, анализ результатов численного счета позволил сделать следующие выводы. На переток ньютоновской жидкости в основном оказывает влияние глубины h нарушенного приконтурного массива пород вокруг ИП, а толщина ИП вдоль выработки практически не оказывает влияния. Влияние глубины тампонажной завесы на ее проницаемость наиболее существенно от 0 (контур горной выработки) до 5-7 м в глубину приконтурной зоны. Основная фильтрация наблюдается в не затампонированной приконтурной зоне горной выработки. Указанное полностью согласуется с работами В.А. Хямяляйнена, А.В. Угляницы, Понасенко Л.П., Д.Ю. Палеева и В.Г. Игишева [62, 160, 192, 205, 209-213, 215].

Инъекционный (нагнетательный) тампонаж формирует дополнительную завесу, окружающую перемычку и обеспечивает ее интеграцию в массив по трещинам с раскрытием от 0,1 мм. Соблюдение вышеуказанных условий и зависимостей обеспечивает эффективную консолидацию тампонажной завесой перемычки в приконтурном углепородном массиве. Спецификой условий возведения тампонажных завес вокруг ИП пластовых выработок является наличие уникального нарушенного приконтурного массива, дополненного зоной отжима угля (в основном от контура выработки до 2,5 метров). Толщина ИП рассчитывается в соответствии с нормативами и определена заранее. При этом, целесообразно распространение ЦС по ширине (по шпурам и трещинам, радиально контуру пластовых выработок вглубь массива), а не за границы опалубки возводимой монолитной перемычки. Отмеченные особенности приводят, в первую очередь, к необходимости оценки расхода раствора в инъекционные шпуры с учетом коэффициентов проницаемости (3.6). Вопрос имеет существенное практическое значение, так как его решение накладывает ограничения на производительность технологии, средств нагнетания и приготовления раствора.

При постоянных значениях давления нагнетания тампонажной смеси $P_ш$, Па, и радиуса $R_ш$, м, инъекционных шпуров, исходя из условия, что радиус распространения смеси по трещинам не превышает значения половины толщины перемычки Н, м, получена инженерная формула для определения расхода ЦС для каждого шпура $Q_ш$, $м^3$, в зависимости от осреднённого по длине скважины радиуса тампонажа R, м; давления $P_{ск}$; коэффициента динамической вязкости раствора μ, Па·с; и фильтрационных характеристик тампонируемого массива.

$$Q_{Ш}^{i} = \frac{2\pi R_{Ш} P_{Ш}}{\mu_{эфф}\left(\frac{H}{2} - R_{Ш}\right)} \frac{k_o h}{e^{\frac{-R_в \cdot \left({k_o}/{k_н}\right)}{h}} \cdot \ln\left({k_o}/{k_н}\right)} \left(1 - e^{\frac{\ln\left({k_o}/{k_н}\right)}{h} h_T}\right). \quad (3.11)$$

При этом, радиус распространения тампонажного раствора R, м, по трещинам горных пород определяется с учетом зависимостей В.А. Хямяляйнена и полученных в Главе 2 значений τ_0, Па, для разработанных ЦС.

Учитывая реологические характеристики и массовое водо-твёрдое соотношение тампонажного раствора, физические параметры и трещиноватость горных пород, возможно эффективно качественно контролировать процесс возведения тампонажной завесы и управлять ее геометрией вокруг ИП. Указанные зависимости успешно применены при предварительной оценке расхода цементных смесей, минимально необходимого для возведения изоляционных сооружений на шахтах Кузбасса.

3.5. Выводы

Неотъемлемым функциональным элементом технологии комплексной изоляции пластовых горных выработок с возведением ИП является тампонажная завеса ЦС в прилегающем массиве пород. Область применения УГМ – для инъекционного тампонажа нарушенных пород с раскрытием трещин от 0,1 мм; УГМ-П – для дистанционного возведения тела ИП с потенциальной

возможностью пропиточного безнапорного тампонажа крупных трещин раскрытием от 1 мм в прилегающей приконтурной зоне горных выработок.

Обоснованы размеры зон пропиточной безнапорной и инъекционной фильтрации по раскрытым трещинам цементных смесей (нестабильных водо-твердых суспензий) с изменяемым водо-твердым соотношением, учитывающих их физико-механические, реологические характеристики и геометрию зоны трещиноватости окружающего тело перемычки массива пород. Соответственно, установлены зависимости размера тампонажной завесы вокруг изолирующей перемычки от режимов и условий ее возведения.

Учитывая работы А.Е. Майорова по массопереносу частиц цементных суспензий в щелевом пространстве и полученные в настоящей работе результаты, очевидно, что для тампонажа трещин раскрытием более 2 мм рациональное В/Т ЦС составляет 0,45-0,47.

Непрерывная наливная опалубочная технология возведения тела изолирующей перемычки из смеси УГМ-П, при времени потери ее подвижности до 15 мин, В/Т соотношении 0,45-0,47, и постоянном давлении 0,01-0,02 МПа, формируемым высотой столба смеси в опалубке, сопровождается пропиточной безнапорной фильтрацией по крупным трещинам бортов пластовой выработки. При этом, размер зоны пропиточного тампонажа изменяется нелинейно, в зависимости от величины раскрытия горизонтальных трещин бортов в диапазоне от 1 до 12 мм при зафиксированном максимуме 1,5 м.

Размер окружающей тампонажной завесы от тела перемычки ограничен зоной инъекционного тампонажа смесью УГМ трещин раскрытием от 0,1 мм. При этом, указанная граница зоны прямо пропорциональна глубине инъекционных шпуров, расположенных радиально веером и наклонённых над контуром под углом, определяемым из соотношения, учитывающего толщину перемычки, размеры зоны нарушений и радиус распространения смеси. Нагнетание смеси УГМ в скважины производят до полного смыкания инъекционного контура при нормативной толщине перемычки более 2 м.

Анализ полученных результатов и ранее известного опыта позволяет утверждать: – герметичность изолирующих перемычек пластовых выработок в основном нарушена по их контуру и особенно, в подкровельной части; – при регламентированной толщине изолирующих перемычек более 2 м, на фильтрацию воздуха через окружающую тампонажную завесу в основном влияет ее глубина h, где проявляются не затампонированные трещины; – рациональные границы тампонажной завесы вокруг перемычки соответствуют: вдоль выработки – толщине перемычки, радиально – ширине нарушенной приконтурной зоны горных пород с экспоненциально убывающим коэффициентом проницаемости трещиноватых пород; – в процессе опалубочного возведения монолитной конструкции тела перемычки из ЦС УГМ-П в бортах пластовой выработки образуется зона пропиточного безнапорного тампонажа угольного пласта размером до 1,5 м. В зависимости от величины раскрытия от 1 до 10 мм горизонтальных трещин бортов выработки, размер указанной зоны изменяется нелинейно, что доказано в процессе шахтных исследований при визуально-измерительном контроле диагностических скважин и при отборе образцов цементированного угля из зоны отжима; – оставшиеся незаполненными смесью УГМ-П трещины зоны пропиточного безнапорного тампонажа и более удалённая трещиноватая зона, ограниченная контуром устойчивой части массива, обуривается по соответствующей схеме инъекционными шпурами. При их обработке высокопроникающей смесью УГМ с В/Т до 0,5 обеспечивается тампонажная завеса по трещинам раскрытием от 0,1 мм, размер которой прямо пропорциональную глубине инъекционных шпуров и углу их наклона над контуром перемычки с заданной толщиной.

Предложенные подходы минимизируют неконтролируемое истечение тампонажного раствора в горную выработку, повышая качество тампонажной завесы пород вокруг изолирующих перемычек при их интеграции в приконтурную углепородную зону.

Для комплексного обоснования и разработки технологии необходимы дальнейшие натурные исследования, включающие подготовку крупных

опытных партий ЦС УГМ и УГМ-П, поэтапную промышленную отработку технологических режимов. Ситуация с полным или частичным отсутствием в России специализированного облегчённого смесительно-инъекционного оборудования и инженерных экспресс-методов контроля качества изоляционных сооружений пластовых выработок, нормативов, определяет необходимость решения полного цикла задач внедрения новых технологий в условиях угольных шахт (на примере Кузбасса).

На основании полученных результатов сформулировано второе научное положение.

4. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ИЗОЛЯЦИИ ПЛАСТОВЫХ ВЫРАБОТОК БЕЗВРУБОВЫМИ МОНОЛИТНЫМИ ПЕРЕМЫЧКАМИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВОЗВЕДЕНИЕМ ТАМПОНАЖНЫХ ЗАВЕС ИЗ ЦС УГМ-П И УГМ

Обеспечение эффективной и безопасной отработки запасов – основная задача подземной добычи угля. Некоторые важные особенности современной угледобычи: – обеспечение эффективной вентиляции выработанного пространства (один из основных факторов, сдерживающих темпы проходки и добычи угля); – управление газовыделением и физическим состоянием массива при достигнутом уровне нагрузок на очистные забои; – формирование колоссальных объёмов полостей: в завальной части при отработке пласта с обрушением кровли, при камерно-столбовой системе разработки, и др. (накладывают более жёсткие требования к качеству изоляции выработанного пространства, содержанию кислорода и метана в атмосфере); – наличие охранных целиков и участков приконтурной зоны угольного пласта с повышенной трещиноватостью (активная фильтрация воздуха с развитием эндогенных окислительных процессов); и т.д.

В каждом из указанных случаев возможно присутствие общей проблемы: повышение концентрации кислорода, метана, CO в выработанном/отработанном пространстве, а при наличии системы трещин в массиве, способствует как нарушению режимов проветривания и качества изоляции горных выработок, так и возникновению очагов самонагревания угля, эндогенных пожаров.

Любой из известных подходов к решению указанной проблемы должен учитывать технологии возведения изолирующих взрывоустойчивых перемычек, без которых в настоящее время практически невозможна подземная добыча угля. При этом, не смотря на пересмотр нормативных документов 2018 года, внедрение новых скоростных геотехнологий и усложнение условий подземной добычи угля, более жёстких требований (к газовой среде) по кислороду, метану и CO в

шахтной атмосфере, новых комплексный исследований в области изоляции пластовых выработок с разработкой более совершенных конструктивных и технологических решений ИП, за последние 15 лет в России не наблюдалось.

4.1. Разработка конструктивных и технологических решений по возведению консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса»

Разделим процесс возведения ИП на взаимодополняющие этапы, при необходимости комбинируемые в ситуациях, зависящих от физического состояния приконтурной зоны (тонкие трещины, крупные, или комбинированная трещиноватость, наличие зоны отжима и явного контура устойчивой части массива) и необходимости возведения тампонажной завесы, наличия доступа к месту возведения ИП, необходимости ремонта ИП (при наличии) с восстановлением несущей способности и герметичности, и т.д. Учитывая выше перечисленные условия, цели и задачи работы, опыт натурных исследований (Глава 3), разработаны следующие принципиальные этапы конструктивных схем возведения ИП.

Возведение тела ИП из ЦС УГМ-П

Монолитное тело безврубовой изолирующей перемычки из ЦС УГМ-П является основой конструкции ИП, ее базовым элементом (пример представлен на Рисунке 3.6), возведение которого регламентировано действующими правилами безопасности. Наиболее важны для обеспечения качества и надёжности ИП именно ЦС, применяемые для заполнения опалубки при монолитном возведении безврубовой конструкции, с учетом их реологических и физико-механических (после отверждения) характеристик, обеспечивающих требуемые прочность и проникающую способность в трещины приконтурной зоны пластовой выработки (Главы 2 и 3). Расчет несущей способности и размеров стандартно производится по Инструкции [63], и по тексту данной работы не приводится. Отметим, что в соответствии с изменениями от 2018 года, минимально допустимая толщина тела безврубовой перемычки составляет 2 м.

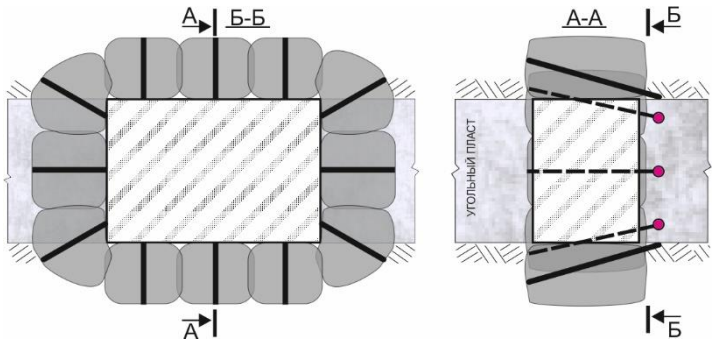
Как перспектива развития направления изоляции горных выработок, разработан и запатентован способ возведения тела ИП из мягких блоков, обеспечивающих высокую оперативность, превышающий более чем в три раза скорость возведения по монолитной технологии. Также, разработанные ЦС при дополнительной модификации могут быть использованы для заполнения пустот и полостей при комплексной изоляции горных выработок. Однако, данные разработки хоть и способствовали обоснованию основных параметров базового состава разработанных ЦС, но выходят за рамки поставленных задач исследования и являются дополнительным результатом, требующим отдельной дальнейшей проработки.

Схемы возведения инъекционной тампонажной завесы вокруг тела ИП, ориентированы на максимальную эффективность: прочность, герметичность, технологичность возведения изоляционного сооружения в различных горно-геологических и горнотехнических условиях пластовых выработок угольных шахт. При этом, качественное возведение ИП в условиях пластовых выработок угольных шахт, не смотря на формирующуюся при заполнении опалубки зону пропиточного тампонажа (Глава 3), практически невозможно без применения инъекционного тампонажа приконтурной зоны вокруг тела ИП.

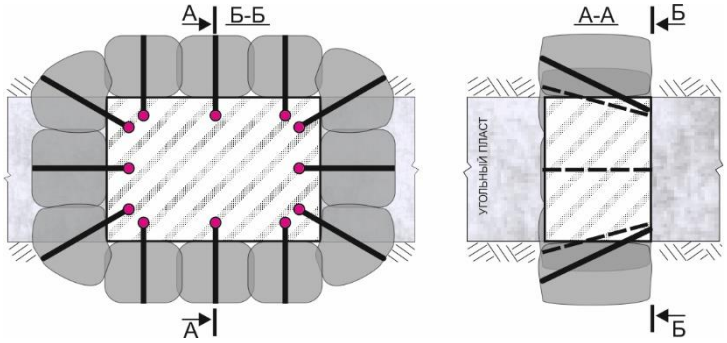
Возведение инъекционной тампонажной завесы ЦС УГМ

Варианты основных схем бурения инъекционных шпуров представлены на Рисунке 4.1. При этом, наличие единой системы некрупных трещин приконтурной зоны раскрытием до 5 мм позволяет использовать одноуровневую схему тампонажа (схемы а-в). Наличие дополнительной системы крупных трещин, особо часто формируемых в зоне отжима борта выработки вмещающего угольного пласта, обуславливает применение двухуровневой схемы тампонажа (схемы г-ж – цветом показана тампонажная завеса второго уровня и точки забуривания инъекционного шпура).

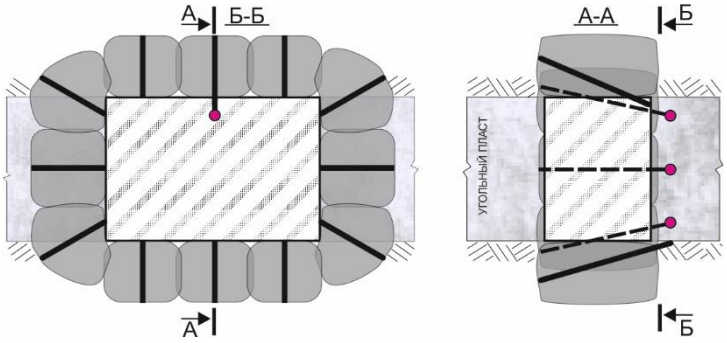
а)


А
Б-Б
А-А
Б
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ
А
Б

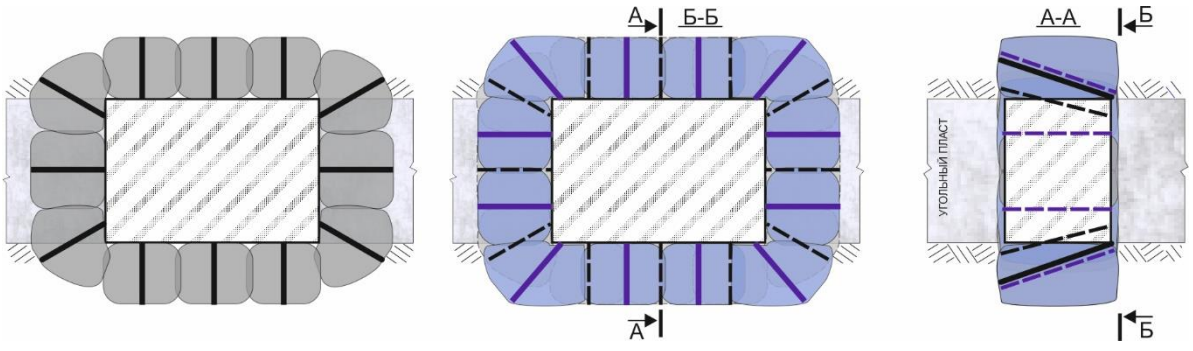
б)

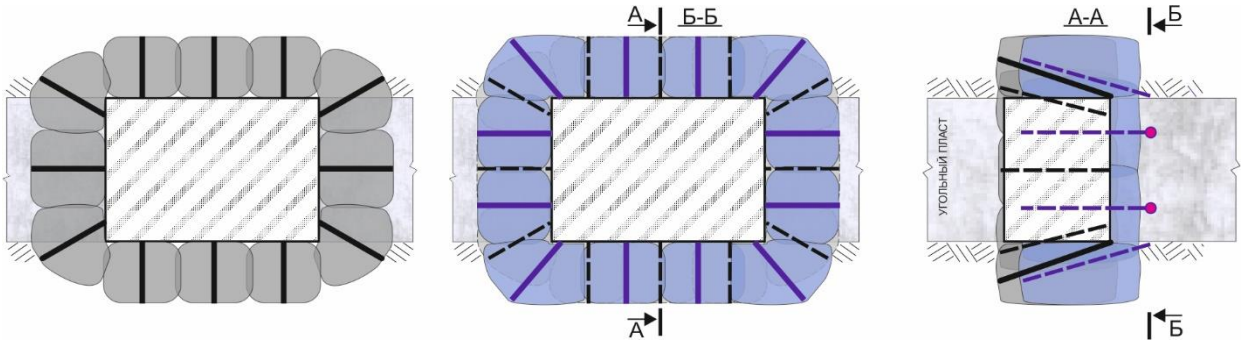

А
Б-Б
А-А
Б
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ
А
Б

в)

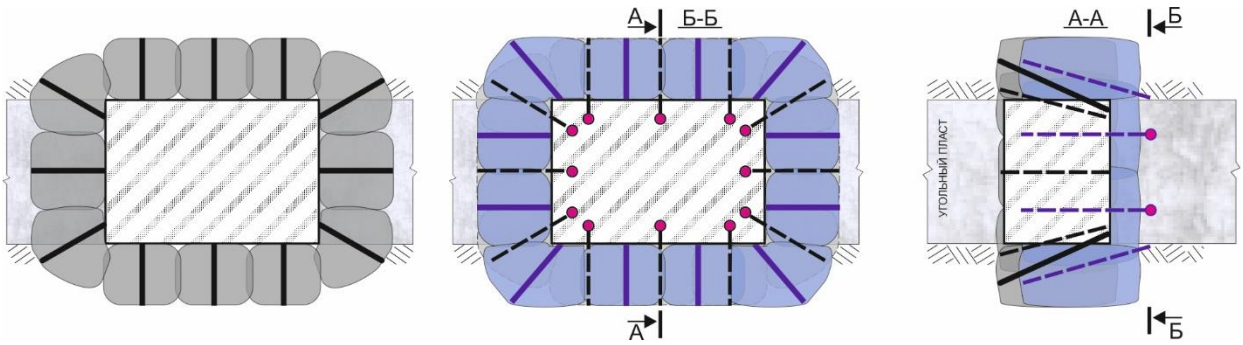

А
Б-Б
А-А
Б
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ
А
Б

г)

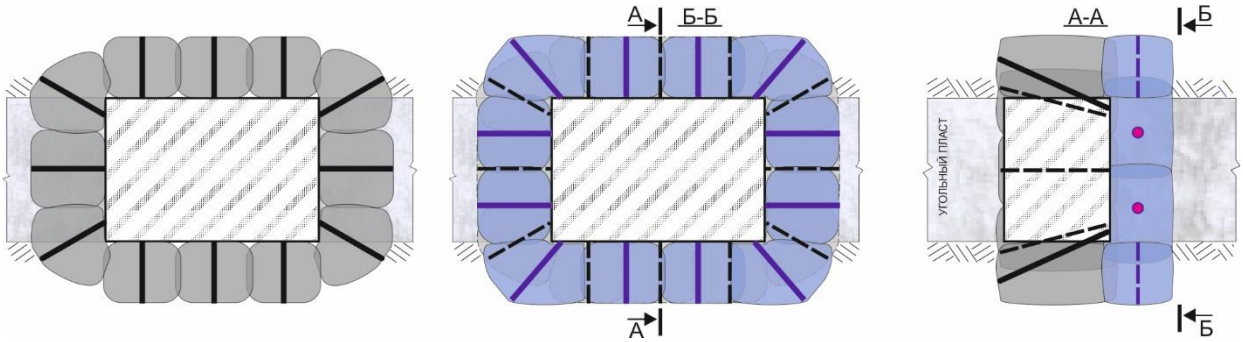

А
Б-Б
А-А
Б
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ
А
Б


А
Б-Б
А-А
Б
УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ
А
Б

д)



е)



ж)

а) – ж) варианты возведения тампонажных завес.

Рисунок 4.1 – Принципиальные конструктивные схемы бурения инъекционных шпуров тампонажной завесы вокруг ИП

Подключение нагнетательных шпуров к напорной магистрали насоса подразделено на одиночное и коллекторное. Общим принципом является выбор начала формирования тампонажной завесы в нижней точке – от почвы пластовой выработки, что способствует по данным шахтных наблюдений более качественному заполнению трещин при основном движении потока снизу-вверх и предотвращает излишний переток ЦС за заданные границы.

Все представленные на Рисунке 4.1 схемы являются обобщением результатов шахтных исследований и реализованы как при последующем (после возведения тела перемычки и формирования зоны пропиточного тампонажа) бурении указанных инъекционных шпуров, так и при совмещённом с поэтапным возведением опалубки и ее заливке ЦС УГМ-П.

В процессе опытной апробации выявлены следующие *недостатки*: периодически формируются пустоты в частично незаполненных УГМ тупиковых трещинах за счёт образования воздушных пробок при перекрытом УГМ-П устье, время возведения линейно слагается из классических этапов технологий. Для устранения недостатков, в том числе, минимизации влияния «человеческого фактора» на качество возводимой системы, дополнительно разработана новая технология изоляции пластовых горных выработок с нарушенной приконтурной зоной.

Одновременное возведение инъекционной тампонажной завесы. Созданная ЦС УГМ-П обладает универсальными физико-механическими свойствами, достаточными для разработки более рациональной технологии возведения ИП в условиях особо нарушенных углепородных массивов. Учитывая известные аналоги [1-7, 28, 51, 141, 142-145, 149-156], а также, на основании опыта внедрения основных схем схемы безврубовых изоляционных систем d и e (Рисунок 1.8), разработана авторская патентованная технология возведения консолидирующейся изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» (Рисунки 4.2 и 4.3) [122, 124, 126, 148, 233].

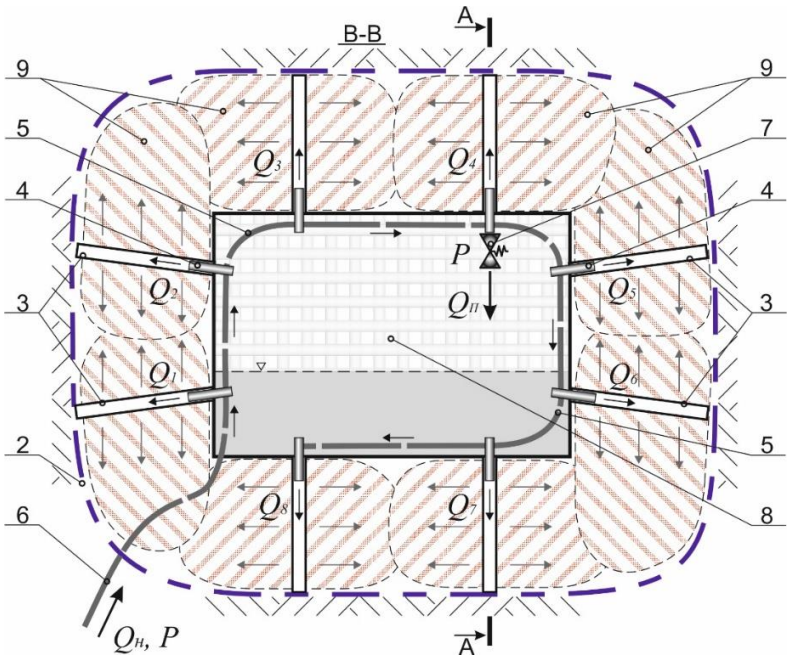


Рисунок 4.2 – Поперечное сечение изолируемой пластовой выработки

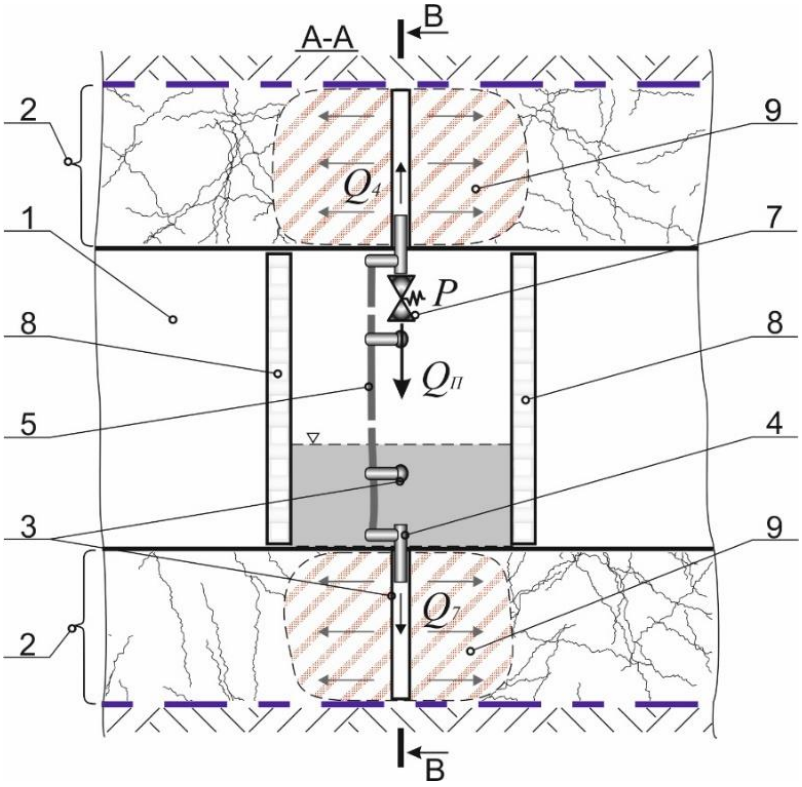


Рисунок 4.3 – Продольное сечение изолируемой пластовой выработки

Последовательность основных операций. В нарушенной приконтурной зоне 2 горной выработки 1 с учетом известных способов и схем производят бурение по периметру горной выработки шпуров 3, устья которых расположены в одной плоскости – в створе. Проводят визуально-измерительный контроль нарушенной приконтурной зоны 2, в том числе наружный осмотр контура горной выработки 1, а также стенок шпуров 3. Производят монтаж инъекторов 4 в устьях шпуров 3. Инъекторы 4 от каждой скважины соединяют друг с другом шлангами, создавая тем самым разомкнутый кольцевой коллектор 5 (далее по тексту коллектор), который в нижней точке подключают к напорной магистрали 6 (см. Рисунок 4.2) от тампонажного насоса (на рисунке не показан). Второй конец коллектора заглушен. В верхней части коллектора 5 монтируют регулируемый сбросной клапан давления 7. Рекомендуется верхнее расположение клапана с установленным давлением открытия 0,5 МПа. В зависимости от интенсивности нарушений приконтурной зоны 2 возможно различное количество шпуров 3 и схем их рационального подключения. Производят монтаж опалубки 8 из двух

щитов (см. Рисунок 4.3), необходимой для формирования монолитной перемычки, перекрывающей горную выработку 1. Далее, производят нагнетание ЦС по прямой схеме подключения тампонажного насоса, через инъекторы 4 в шпуры 3 и далее, в трещины нарушенных пород приконтурной зоны 2 для возведения по периметру перемычки тампонажной завесы 9. Нагнетание производят до отказа шпуров 3, сопровождающееся резким ростом давления нагнетания водной суспензии ЦС, что означает полное заполнение прилегающих трещин. При росте сопротивления в шпурах и достижении давления нагнетания в коллекторе 0,5 МПа срабатывает клапан, сбрасывая излишний объем тампонажного раствора (остаток от возводимого объёма тампонажной завесы) Q_o, м^3/час, в опалубку.

Давление нагнетания $P_н$ в шпурах 3 является важной технологической характеристикой возведения тампонажной завесы. Для исключения гидроразрыва нарушенных пород приконтурной зоны обеспечивают нагнетание тампонажного раствора с ограничением предельного давления $P_н$, которое обычно составляет не более 0,5 МПа. При этом, соблюдая режим нагнетания с постоянным расходом обеспечивают, в первую очередь начало процесса по заполнению трещин нарушенных пород приконтурной зоны, и только позже, после нарастания гидравлического сопротивления трещин и росте давления нагнетания в коллекторе 5 до регламентированного значения, осуществляют сброс в свободное пространство опалубки 8 остатка быстротвердеющего раствора от тампонажной завесы 9.

В итоге, тампонажный насос нагнетает тампонажный раствор под давлением $P_н$, МПа, с постоянным расходом $Q_н$, м^3/час, составляющим сумму значений уменьшающихся во времени расходов на скважинах Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7, Q_8 и пропорционально увеличивающегося во времени расхода на сбросе $Q_п$, каждое из которых является переменной величиной и изменяется в процессе одновременного возведения консолидирующей изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса», соответственно и изменяя во времени их взаимное соотношение.

$$Q_{\text{н}} = Q_{\text{о}} + \sum_{i=1}^{n} Q_{\text{ш}}^{i} \quad (4.1)$$

Таким образом, остаток тампонажного раствора от тампонажной завесы 9, сбрасывается из шпуров 3 с увеличивающимся по мере заполнения трещин расходом Q_n. Соблюдая вышеуказанные условия, обеспечивают подпор в коллекторе 5 и шпурах 3 как в процессе, так и после заполнения трещин.

Процесс нагнетания продолжают до полного заполнения опалубки и полного перекрытия горной выработки (на Рисунках 4.2 и 4.3 показан промежуточный уровень тампонажного раствора в нижней части опалубки), которое контролируют по началу излива раствора из верхнего контрольного отверстия. К моменту полного заполнения опалубки тампонажный раствор в ее нижней части, и в границах одновременно возведенной тампонажной завесы, теряет подвижность.

4.2. Технологический регламент возведения консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса»

В соответствии с функциональным назначением ИП должны герметично изолировать неиспользуемые горные выработки и выработанные пространства от действующих горных выработок (от земной поверхности). ИП устанавливают в следующих горных выработках: изолируемых неиспользуемых и (или) в сопряжённых с ними действующих; в оконтуривающих отработанный выемочный участок, и (или) в сопряжённых с ними действующих; в примыкающих к выработанному пространству, и (или) в сопряжённых с ними действующих. При этом, именно взрывоустойчивыми ИП должны быть изолированы: выработанное пространство выемочных участков газовых шахт, проветриваемых по схемам с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок, и газодренажные выработки от действующих выработок; отработанные выемочные единицы (выемочные участки, блоки, панели);

выемочные участки на пластах угля, склонных к самовозгоранию, ведение горных работ по добыче угля, на которых прекращено на срок, превышающий инкубационный период самовозгорания угля; неиспользуемые горные выработки, пройдённые по пластам угля, склонным к самовозгоранию, в том числе, проведение которых прекращено на срок, превышающий инкубационный период самовозгорания угля; неиспользуемые горные выработки, имеющие аэродинамическую связь с земной поверхностью, и/или связь с горными выработками, пройдёнными по сближенным пластам, и/или с выработанным пространством ранее отработанных выемочных участков; действующие пожары.

При изоляции не полностью отработанных выемочных участков ИП возводятся у границы изолируемого выемочного участка или у отработанной его части. В выработках, пройдённых по угольным пластам, ИП следует возводить за границами зон ПГД и зон влияния геологических нарушений. При возведении ИП в границах вышеуказанных зон должны быть выполнены меры, обеспечивающие сохранность и герметичность ИП.

Также, ИП следует возводить в не трещиноватых горных породах. Оценку трещиноватости следует производить в соответствии с разработанными «Методическими указаниями по оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород» (Приложение Е). При возведении ИП в зонах трещиноватости горных пород, должны быть выполнены меры по снижению фильтрационных свойств угольного пласта и вмещающих пород с применением тампонажа массива ЦС УГМ.

При выборе технологии возведения ИП следует предусматривать меры по сокращению сроков возведения; сохранности в течение всего срока изоляции горной выработки; выполнению работ, связанных с ремонтом.

УГМ-П – ключевые позиции регламента

Руководствуясь действующими нормативными документами, технологическая схема возведения тела безврубовых монолитных перемычек на основе ЦС УГМ-П является стандартной и регламентированной (Рисунок 1.4). ИП следует возводить по нормали к почве горной выработки.

Расчет параметров ИП должен быть выполнен в соответствии с приложением № 6 к «Инструкции по изоляции…» [63].

Исходные данные для расчета:

высота выработки (b) принимается как фактически измеренная высота после оборки кровли и зачистки почвы (соответствует $R_в$ на рис. 3.12);

ширина выработки (a) принимается как фактически измеренная ширина после оборки бортов;

атмосферное давление ($P_{атм}$) принимается 0,1 МПа;

амплитуда давления в УВВ ($A_р$) принимается 0,3 МПа;

для материала УГМ-П $R_{сж}$ – 20 МПа, $R_{изг}$ – 4,5 МПа, $R_{адг}$ – 0,9 МПа;

коэффициент запаса прочности ($k_з$) принимается 0,9 [58];

коэффициент динамичности взрывоустойчивых ИП, подвергающихся воздействию УВВ ($k_д$) принимается 1,5 [58].

Фактическую толщину перемычки (H на рис. 3.12) следует принимать как расчетная ($\delta_р$): при $\delta_р \le 2$, $\delta_р = 2$ м; при $\delta_р > 5$, $\delta_р = 5$ м; при $2 \le \delta_р \le 5$, $\delta_р$.

Объем ЦС, расходуемый на возведение тела перемычки $V_{цсп}$, $м^3$

$$V_{цсп} = [(S \cdot H) + (P \cdot H \cdot h_1) \cdot k_т - O] \cdot k_{зцс} \qquad (4.2)$$

где S – фактическая площадь поперечного сечения пластовой выработки в месте возведения ИП, $м^2$; H – фактическая толщина перемычки, м; P – фактический периметр контура пластовой выработки в месте возведения ИП, м; h_1 – глубина зоны пропиточного тампонажа, м, характеризуемой хаотичной крупной трещиноватостью $k_т$ – при 10% пустотности приконтурной зоны принят равным 0,1; $k_{зцс}$ – коэффициент запаса ЦС на технологические потери, принят равным 1,1; O – объем закладных конструкций в теле перемычки (трубы, окна), $м^3$. Удельный расход смеси для материала УГМ-П принимать 1050 кг/$м^3$.

Перед возведением опалубки тела ИП в кровле выработки формируют локальный вруб размером 200х200х500 мм, в который вводят две трубы на одном горизонте, но с расстоянием между ними не менее 1 метра. Одна труба служит для подачи раствора ЦС и заканчивается переходником соединения с напорным рукавом (или пропускная труба для ввода напорного рукава). Вторая труба является контрольной, по началу сброса ЦС из которой судят о полноте заполнения опалубки раствором. Опалубка может быть демонтирована после трёх суток с момента завершения заливки перемычки.

Процесс укладки раствора должен быть непрерывным. При прекращении подачи сухой смеси УГМ-П следует немедленно прекратить подачу воды. Запрещена остановка процесса возведения ИП на время более 120 мин вследствие образования «холодных швов». После завершения операций необходимо промыть насосный агрегат, заливая воду в камеру смешения до полной очистки системы и напорного рукава от УГМ-П.

Соблюдение регламентной пропорциональной подачи сухой смеси УГМ-П и воды является важнейшим и определяющим в получении качественного раствора, а следовательно – качественного возведения сооружения. Нарушение В/Т может привести к образованию дефектов и снижению прочностных характеристик тела ИП, что также непосредственно влияет на формирование зоны пропиточного тампонажа. Температура воды и ЦС должна быть не ниже 10°С.

Для проведения работ по возведению ИП из смеси УГМ-П технологически необходимо минимум три работника – два работают у комплекса, один занят укладкой раствора в опалубку. Кроме того, необходим подменный персонал и для доставки мешков с УГМ-П к месту проведения работ. При применении установок на базе героторного насоса с подачей воды в став, обязателен контроль минимально допустимой длины напорного шланга для обеспечения качественного перемешивания ЦС в процессе ее движения.

УГМ – ключевые позиции регламента

При наличии фильтрации через остаточную трещиноватость приконтурной зоны ИП проводится комплекс работ, включающий следующее.

Определяется рациональная схема бурения инъекционных шпуров, с учетом общей схемы (Рисунок 4.1) при их веерном расположении, расстоянии между ними не более 1,5 м, их глубине в соответствии с размером зон h и h_1 (Рисунок 3.2).

Для создания окружающей тампонажной завесы с учетом геометрических ограничений по требуемым размерам, находящихся в прямой взаимосвязи с параметрами тела безврубовой монолитной перемычки и условий ее возведения, требуемый объем раствора ЦС УГМ для инъекционного тампонажа приконтурной зоны углепородного массива $V_{цст}$, $м^3$, первично оценивается по зависимости, показывающей остаточный объем пустот приконтурной зоны глубиной h, соответствующей границе контура устойчивой части массива (Рисунки 3.2 и 3.12).

$$V_{цст} = (P \cdot H \cdot h) \cdot k_{тр} \cdot k_{зцс} \qquad (4.3)$$

где $k_{тр}$ – коэффициент трещиноватости (пустотности), определяемый после формирования зоны пропиточного тампонажа по результатам реометрического контроля и ВИК диагностических шпуров, как суммарное раскрытие трещин при допущении равномерности и линейности.

Полученное значение $V_{цст}$ дополнительно контролируется расчетом – произведения расхода ЦС для каждого инъекционного шпура Qш, $м^3$ (3.11) на их количество. При этом, на этапе подготовки к выполнению тампонажных работ, выбирается большее значение $V_{цст}$, с соответствующим количеством сухой ЦС УГМ.

Приготовление раствора на основе сухой смеси УГМ должно осуществляться с помощью специальных насосных агрегатов или тампонажного комплекса, например, специально разработанного для условий пластовых выработок

АСА-1 (Приложение Б). Технология приготовления раствора с помощью тампонажного комплекса должна обеспечивать подачу дозируемого количества смеси УГМ в строго регламентированном В/Т. Отклонение от указанных пропорций влечёт ухудшение качества получаемой смеси. Учитывая важность при приготовлении тампонажного раствора соблюдения В/Т и хроническое нарушение регламента в условиях шахт (человеческий фактор), принято решение о предварительной подготовке жидкой фазы раствора со специализированными добавками, и фасовке его в канистры.

Жидкость (вода с добавками ускорителей и стабилизаторов)	Сухая ЦС УГМ
15 кг – 0,5 канистры	25 кг – 1 мешок
30 кг – 1 канистра	50 кг – 2 мешка

Оборудование должно обеспечивать подачу готового раствора по трубопроводу под давлением к месту производства работ и должно быть укомплектовано ёмкостью объёмом 100-200 литров для смешивания жидкого компонента с твердым, запорной и регулирующей арматурой, устройствами для герметизации устья шпуров, комплектом напорных трубопроводов с быстроразъёмными соединениями общей длиной до 30 м, герметизирующим устройством. Для качественного приготовления инъекционного раствора необходимо обеспечить равномерность и непрерывность подачи компонентов температурой не ниже 10 С. Смешение водо-твёрдой суспензии УГМ необходимо производить высокоскоростным смесителем при 1500 об/мин. не менее 5 минут. На этапе инъектирования углепородного массива необходимо постоянно перемешивать ЦС на низкой скорости для исключения седиментации твёрдой фазы.

Условия выполнения инъекционных работ, технологические характеристики процесса нагнетания инъекционного раствора (концентрация, расход, давление, проникающая способность и радиус распространения инъекционного рас-

твора, схема бурения инъекционных скважин, длина и количество) определяются после выполнения предварительного обследования объекта. При этом, в предварительно отбуренную скважину устанавливают многоразовый герметизатор, к которому от насосного оборудования подключают напорный рукав диаметром 25-32 мм длиной не более 30 м. После окончания процесса нагнетания инъекционного раствора герметизатор извлекают из скважины и устанавливают в следующую, согласно заранее определённой технологической карте.

Рекомендуемое начальное давление нагнетания инъекционного раствора, контролируемое по манометру, при тампонаже трещин составляет: с раскрытием более 5 мм – до 0,1 МПа; с раскрытием более 5-1 мм – до 0,3 МПа; с раскрытием менее 1 мм – до 0,5 МПа.

В итоге, общий объем ЦС УГМ-П и УГМ, расходуемый на возведение безврубовой монолитной перемычки с одновременным возведением тампонажной завесы, $V_{цс}$, $м^3$, составляет сумму

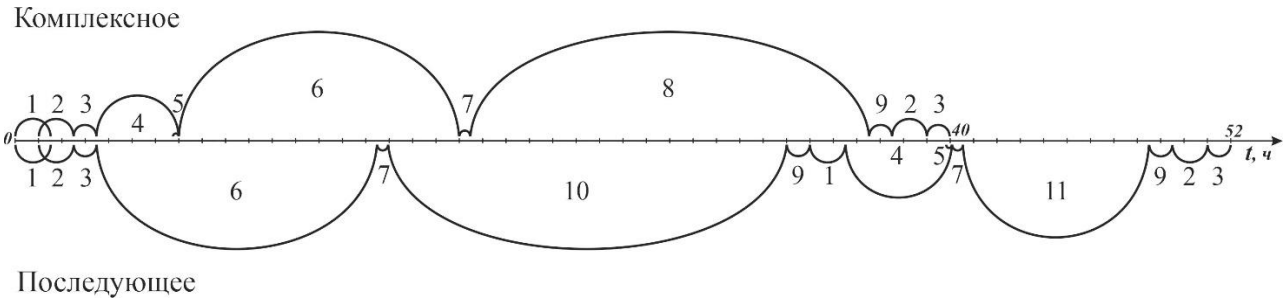
$$V_{цс} = V_{цст} + V_{цсп} \quad (4.4)$$

В дальнейшем, после поэтапного опробования элементов технологии возведения ИП, испытана коллекторная схема подключения нагнетательных скважин к напорной линии. Уникальность результата заключается в подтверждении факта самонастройки системы подачи тампонажного раствора под изменяющееся гидродинамическое сопротивление нагнетательных скважин в процессе инъекции. Даже при отказе части скважин поток тампонажного раствора перераспределяется на другие, а при наличии сбросного устройства соблюдается идеальный для тампонажа режим: с постоянным расходом в начале процесса и плавным переходом в режим с постоянным давлением в конце процесса.

Раздельное применение элементов технологии, в итоге, всегда будет иметь уровень качества наиболее слабого структурного элемента. Альтернативно предложенные в предыдущей главе технологические режимы обеспечивают непрерывность и монолитность возводимой изоляционной системы при комплексной

интеграции конструкции в нарушенную приконтурную зону. Известно [103, 104, 211, 212], что подобные режимы тампонажа обеспечивают минимум воздушных пустот, максимальное уплотнение тампонажного раствора и его равномерное распределение в трещинах массива, исключение образования «холодных швов», а в итоге, максимально возможное качество, характеризуемое параметрами прочности, плотности и устойчивости.

В итоге, оценивая разработанные технологии изоляции горных выработок, на Рисунке 4.4 представлено сравнение усреднённого времени выполнения основных операций технологического цикла возведения перемычки и последующей тампонажной завесы, с комплексным возведением консолидирующей изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса», при прочих равных условиях.



1 – подготовительные работы, 2 – бурение диагностических скважин, 3 – обследование места возведения с оценкой трещиноватости массива, 4 – бурение инъекционных скважин, 5 – монтаж пакеров и нагнетательной линии, 6 – возведение опалубки, 7 – пуско-наладка нагнетательного оборудования, 8 – возведение системы «перемычка-тампонажная завеса», 9 – промывка и демонтаж нагнетательного оборудования, 10 – возведение тела перемычки, 11 – возведение тампонажной завесы.

Рисунок 4.4 – Операции технологического цикла возведения консолидирующей изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса»

Рассмотрена условная выработка сечением 16-20 м^2 с телом перемычки, содержащее 30-45 тонн сухой смеси, использован насос мембранного или героторного типа, инъекционных скважин – 10 шт., нагнетание тампонажного раствора производится за один этап, стандартная опалубка из тёса, бригада из четырех человек. В технологических циклах учтён обязательный этап обследования приконтурного массива пород в месте возведения перемычки до и после выполнения изоляционных работ.

Очевидна сравнительно большая трудоёмкость поэтапного применения отдельных элементов системы для обеспечения эффективной работы системы для сложных условий – «перемычка-тампонажная завеса». Проведённые исследования доказывают, что объединение технологических операций по заполнению опалубки, инъекционному уплотнению и упрочнению нарушенной приконтурной зоны, значительно сокращает общее время возведения изоляционной системы: около 1,3 раза при сравнении комплексной и последующей схем возведения, и до 2 раз по сравнению с альтернативными технологиями.

4.3. Шахтные исследования технологии изоляции пластовых выработок консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками

Основные этапы и порядок проведения исследований:

– оценка влияния толщины перемычки из ЦС УГМ-П на общую герметичность изоляционного сооружения в условиях нарушенной приконтурной углепородной зоны пластовой выработки;

– отработка технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес из ЦС УГМ-П и УГМ в условиях пластовых выработок угольных шахт.

Этапы работ оформлены актами приемки изоляционного сооружения, актами выполненных работ, в том числе актами выполнения тампонажных работ,

диагностики и контроля технического состояния изолирующей перемычки, реометрического контроля приконтурной зоны горной выработки с оценкой трещиноватости и фильтрационных свойств массива до и после тампонажа. В особых случаях оформлялся паспорт инъекционного упрочнения (тампонажных работ) приконтурной зоны пород вокруг перемычки. Список основных актов и выборочные примеры подтверждающих документов представлены в Приложении Д При этом, все указанные этапы и мероприятия выполнены непосредственно автором данной диссертационной работы, или под его непосредственным руководством в рамках деятельности специально созданной для реализации разрабатываемой технологии изоляции пластовых выработок научно-производственной компании ООО «УГМ-Сервис» (Упрочнение Горного Массива, Кемерово; единый собственник и генеральный директор – автор настоящей работы Е.И. Нургалиев).

Общий перечень шахт и объёмов внедрения на примере поставок ЦС УГМ и УГМ-П на угледобывающие предприятия представлен в Приложении Ж. В течение всего периода поставок продукции по настоящее время осуществляется научно-технологическое сопровождение выполняемых работ, с применением методов контроля, в том числе представленных в методических указаниях Приложения Е.

Этап 1

Для подтверждения на новом объекте (пластовые выработки угольных шахт) известного положения о доминирующем влиянии на общую герметичность изоляционного сооружения именно степени нарушенности приконтурной зоны и ее распространении именно в радиальном направлении, предложено провести оценку уже возведённых изолирующих перемычек из ЦС УГМ-П. Для чего были возведены односторонние приливы из ЦС УГМ-П различной толщины на все сечение выработки с оценкой общей герметичности полученного изоляционного сооружения.

При ведении горных работ, повлёкших изменение напряжённо-деформированного состояния вмещающего массива пород ш. «Распадская-Коксовая»,

произошла частичная разгерметизация взрывоустойчивой монолитной перемычки № 7410 (сечение 6,5 на 3,6 м и толщина – 4,1 м), ранее возведенной в конвейерном бремсберге пласта III при изоляции участка КСО 1-2 (Рисунок 4.5).

Обнаружено нарушение сплошности прилегающего приконтурного массива пород с образованием системы трещин раскрытием до 5 мм. Фиксировались избыточное давление и переток метана – пробы воздушной смеси около перемычки показали уровень, близкий к ПДК. Для исправления ситуации были разработаны дополнительные мероприятия по усилению изоляции – к указанной перемычке возведён прилив толщиной 4,1 м из смеси УГМ-П, перекрывающий основную площадь прилегающего контура выработки с раскрытыми устьями трещин. Далее проведена оценка трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород, концентрации метана около перемычки. При этом отмечены частичный пропитывающий тампонаж крупных трещин раскрытием более 5 мм смесью УГМ-П и практически неизменное состояние более мелких трещин приконтурной зоны прилегающей горной выработки.

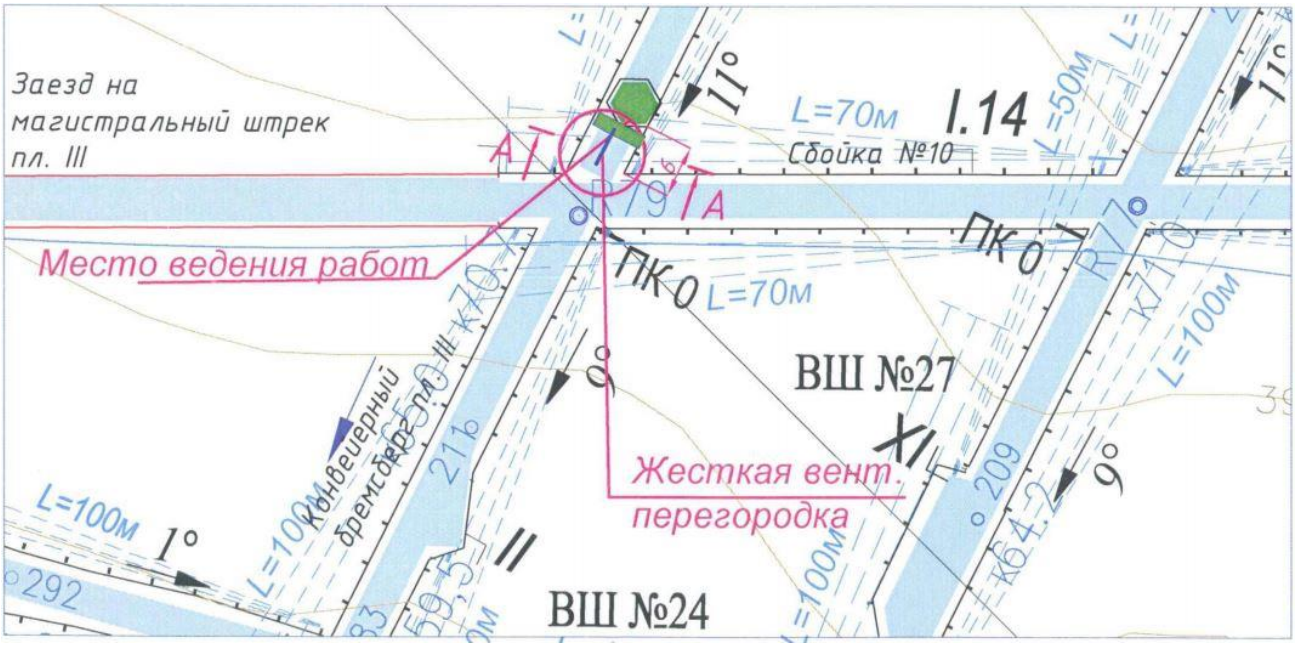


Рисунок 4.5 – Выкопировка техдокументации шахты «Распадская-Коксовая» со схемой возведения прилива к перемычке

В условиях ш. «Алардинская» выполнен аналогичный комплекс работ. Схема возведения прилива из ЦС УГМ-П (толщиной 1 м при $S_{св}$ = 19 м^2 при расходе УГМ-П 10 т) к взрывоустойчивой изолирующей безврубовой монолитной перемычки № 1385 в сбойке № 9 между вент. штреком 3-40 и конв. штреком 3-39 показана на плане горных выработок пл. 3-3а (Рисунок 4.6).

В условиях ш. «Ерунаковская-VIII» выполнен аналогичный комплекс работ. Возведение взрывоустойчивых приливов толщиной 1-1,4 м из ЦС УГМ-П к изолирующим перемычкам между конв. штреком 48-4 и вент. штреком 48-5: № 74 в сбойке № 3, № 72 в сбойке № 5 и № 76 в сбойке № 2.

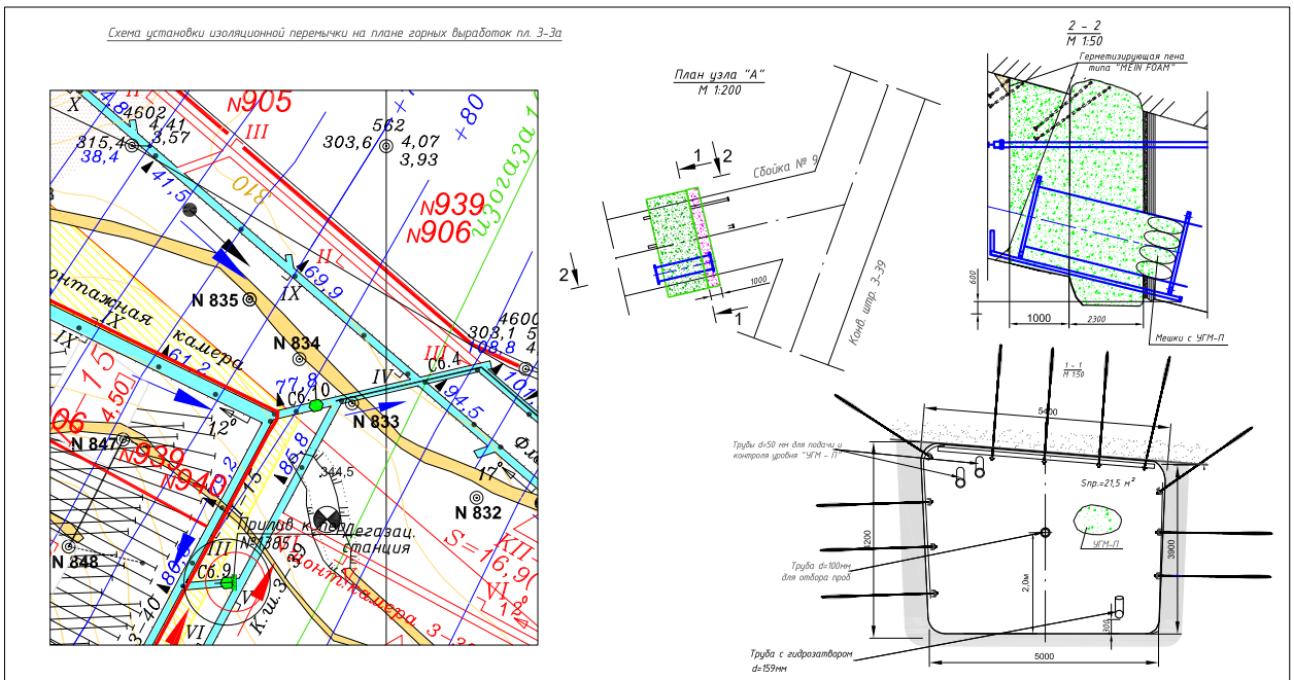


Рисунок 4.6 – Выкопировка техдокументации шахты «Алардинская» со схемой возведения прилива к перемычке

Во всех случаях, не смотря на незначительное (1-3%) снижение фильтрации газов через изоляционное сооружение (контроль метана прибором типа «Атест» или М-02, контроль трещиноватости и фильтрационных свойств пород

реометрическим методом установкой УР-1), подтверждена низкая эффективность и высокая материалоёмкость применённого способа герметизации нарушений и повышения устойчивости ИИ.

Таким образом, для условий пластовых выработок угольных шахт Кузбасса подтверждён факт отсутствия принципиального для технологии изоляции с возведением ИП влияния толщины тела безврубовой изолирующей перемычки на герметичность сооружения. Для возможности реализации комплексного подхода по изоляции горных выработок очевидна необходимость дальнейшего развития консолидирующих изоляционных систем.

Этап II

Далее выборочно представлены базовые примеры выполненных работ по основным циклам технологии возведения ИП с инъекционной цементацией прилегающей нарушенной приконтурной зоны массива пород из ЦС УГМ и УГМ-П для выявления ее основных параметров. При этом, на шахты РУК (Евраз), СУЭК-Кузбасс, БЕЛОН, УК «Промуглесбыт, Холдинг «Сибуглемет», УК «Заречная», УГМК, шахта «Антоновская», Торговый Дом Меркурий, ТопПром, Сибирская угольная компания, шахта «Большевик», и др. (общее количество – около 40 шахт), за 2013-2019 гг. поставлено более 48,5 тыс. тонн смесей УГМ и УГМ-П, возведено более 1 тыс. изоляционных сооружений.

Инъекционный тампонаж прилегающего приконтурного углепородного массива проведён смесью УГМ с применением разработанных инъекторов, смесительно-нагнетательной установки АСА-1 на базе облегчённого мембранного растворонасоса СО-49С (производительность от 4 м^3/час, рабочее давление нагнетания до 1 МПа), в комплекте с модернизированной системой приготовления и подачи смеси УГМ-П в опалубку, на основе шахтного растворонасоса ПБН-15 (производительность по облегчённой ЦС до 15 м^3/час; давление нагнетания до 4 МПа; производительность по сухой ЦС медленно 1500 кг/час, быстро 2250 кг/час; расход воды до 100 л/мин; расстояние подачи ЦС горизонтально до 300 м, вертикально до 80 м).

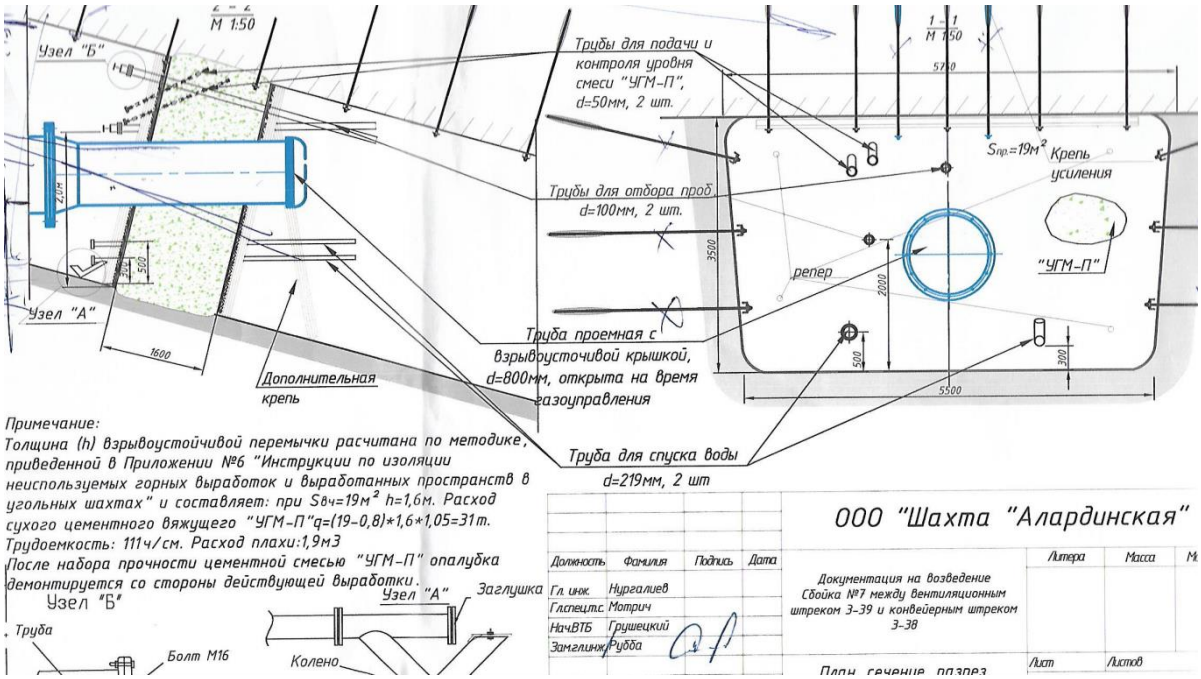
В соответствии с технической документацией шахт и действующими регламентами, под контролем ООО «УГМ-Сервис» проводится возведение тела изолирующей перемычки толщиной не менее 2 м с пропиточным тампонажем приконтурной зоны ЦС УГМ-П.

Только на примере одного цикла работ шахты «Алардинская» проведён тампонаж нарушенных горных пород вокруг возводимых взрывоустойчивых перемычек №№ 1256, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1141, ограждающих пожарный участок № 79. На основании проведённой оценки трещиноватости была предложена сетка из 10-12 инъекционных шпуров на одну изолирующую перемычку. Произведён расчёт количества двухкомпонентной смеси УГМ, который составил порядка 2000 кг на обработку одного изолирующего сооружения и 24000 кг на весь объем работ. Фактический расход на весь обработанный участок составил 23040 кг, что соответствует расчётному. Обеспечено общее снижение утечек метано-воздушной смеси через изолирующие сооружения с 280 до 120 $м^3$/мин. и снижение концентрации CO и O_2. Например, по замерам на перемычке № 1129 концентрация газа CO снизилась с 2,0 до 0%, а O_2 с 2,0 до 1,8%. На скважине № 806 концентрация газа CO снизилась с 2,9 до 0,0071%, а O_2 с 2,9 до 1,4%. Пример конструкции ИП при проведении инъекционного упрочнения (тампонажных работ) приконтурной зоны в сбойке № 7 между вентиляционным штреком 3-39 и конвейерным штреком 3-38 представлен на Рисунке 4.7.

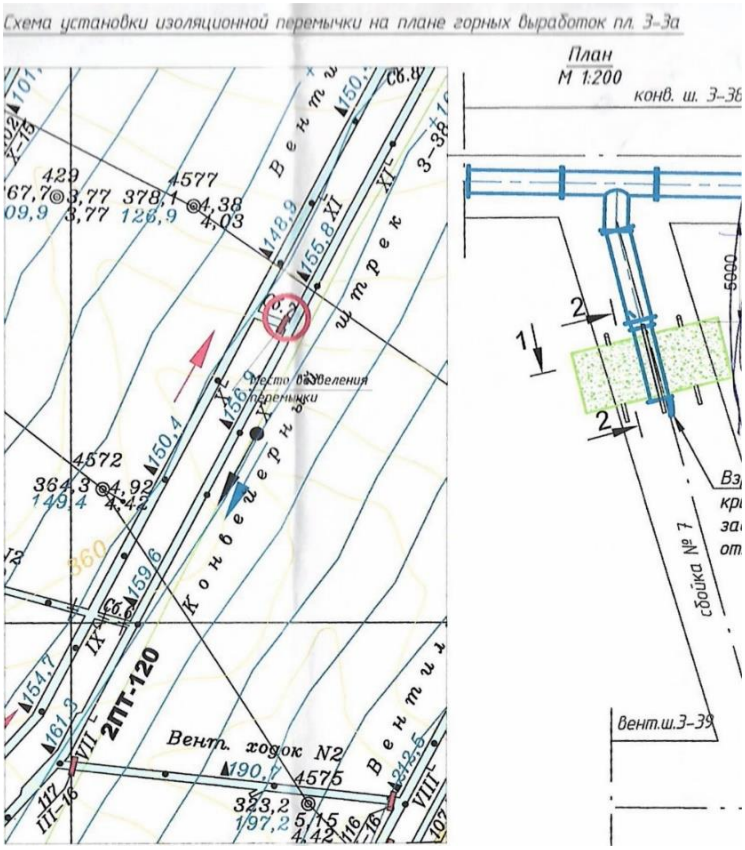
На шахте «Распадская-Коксовая» успешно внедрена камерно-столбовая система разработки (КСО) запасов [197]. Физическим объектом исследований являлись горные выработки, прилегающие к участку КСО 1-2 мощного пологого угольного пласта III шахты «Распадская-Коксовая», которые традиционно изолированы безврубовыми монолитными взрывоустойчивыми перемычками – возведены три ИП из смеси УГМ-П (Рисунок 3.8): – перемычка № 7416 возведена в транспортном бремсберге, в 6 метрах от сопряжения со сбойкой № 10. На примере данной перемычки место ведения работ показано на Рисунке 4.8. Фактическое сечение выработки вчерне в месте возведения составляет 27,3 $м^2$ (высота 4,2

м, ширина 6,5 м); – перемычка № 7424 возведена в сбойке № 10, в 6 метрах от сопряжения с транспортным бремсбергом. Фактическое сечение выработки вчерне в месте возведения составляет 20,3 м^2 (высота 3,5 м, ширина 5,8 м); – перемычка № 7425 возведена в вентиляционном бремсберге, в 6 метрах от сопряжения с промштреком. Фактическое сечение выработки вчерне в месте возведения составляет 33,6 м^2 (высота 5,8 м, ширина 5,8 м).

а)



б)



а) – поперечное сечение выработки, б) – план горных работ.

Рисунок 4.7 – Пример конструкции ИП при проведении инъекционного упрочнения (тампонажных работ) приконтурной зоны

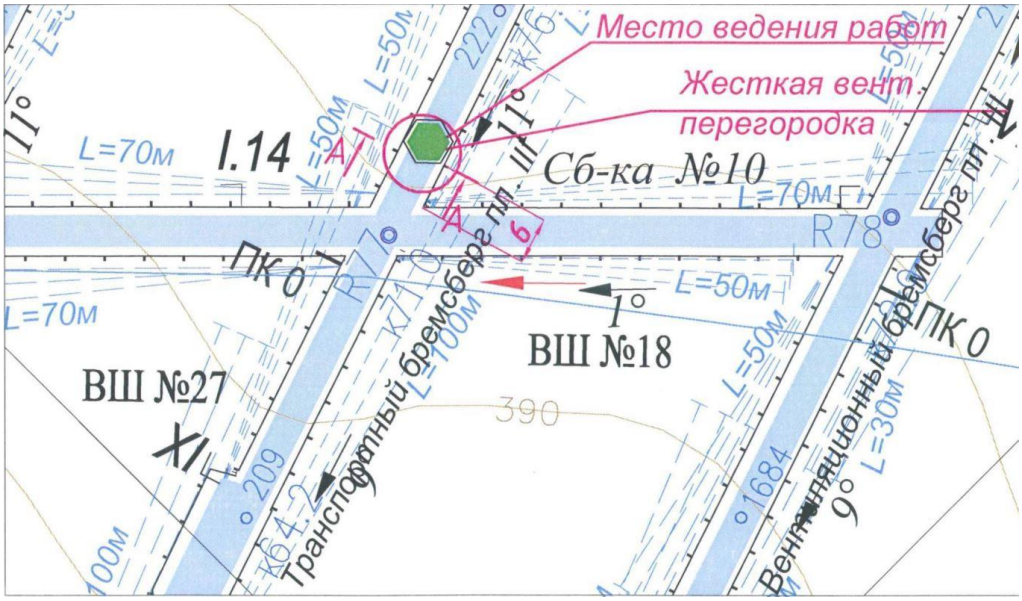


Рисунок 4.8 – Выкопировка с плана горных работ пл. III участка КСО 1-2 на поле № 2 (отмечена взрывоустойчивая перемычка № 7416)

Далее, проведена промежуточная оценка качества изоляции горных выработок сразу после возведения перемычек. При визуально-измерительном контроле наружная поверхность всех перемычек сухая, шероховатая, серого цвета, с редко расположенными кавернами и выбоинами размером до 10-15 мм, следами от опалубки. Прилегающие к перемычке горные породы непосредственной кровли сухие, с крупными заколами напластований, видны выходы на поверхность сетки трещин раскрытием до 4 мм. Пласт угля (борта и почва) перемят. Для обследования состояния приконтурной зоны рядом с перемычками пробурено по три диагностических шпура глубиной около 3 м – один вертикально в кровлю, и два в борта, под углом 45-60 градусов к горизонту. В процессе эндоскопического контроля определено, что на расстоянии до 1,5 м в кровле и до 2,0 м в бортах обследуемых выработок залегают нарушенные породы с сильной трещиноватостью и распределённой системой трещин. В зоне возведённых перемычек в правом борту выработок на глубине от 0,2 до 2,6 м максимальное раскрытие трещин составляет 6-9 мм, а в левом борту 9-10 мм. Пример нарушений левого борта горной выработки рядом с взрывоустойчивой перемычкой № 7416 показан на Рисунке 4.9.



Рисунок 4.9 – Пример крупных нарушений левого борта взрывоустойчивой перемычки № 7416 на глубине 1,0 м в шпуре № 4 по пласту III

При заполнении опалубки зафиксировано безнапорное распространение смеси УГМ-П по трещинам прилегающих нарушенных горных пород: до 0,2 м (в горизонтальной плоскости) – при раскрытии трещин от 0,1 до 2,0 мм; до 0,5 м – при раскрытии трещин от 2,0 до 5,0 мм; до 1,0 м – при раскрытии трещин от 5,0 до 8,0 мм. Выявлен случай распространения смеси до 1,5 м по одиночной трещине раскрытием 8,0-12,0 мм. Погрешность измерений составила около +/- $1 \cdot 10^{-3}$ м.

Учитывая, что полученные коэффициенты трещиноватости на порядок превосходят указанное значение, а фактическое совокупное раскрытие трещин находится в диапазоне от 6 до 10 мм, нарушение приконтурной зоны перемычек относится к третьему типу, с высокой стадией. Очевидна необходимость применения дополнительных мероприятий по инъекционному упрочнению и уплотнению (тампонажу) приконтурной зоны горных пород указанных перемычек минеральными смесями.

Далее, вокруг каждой перемычки пробурены нагнетательные шпуры диаметром 30 мм и длиной 3 м, с расстоянием между устьями около 1 м. Пример классической схемы расположения представлен на Рисунке 4.10. Применена одноуровневая схема нагнетания с веерным расположением шпуров, наклонённых над перемычкой.

Нагнетание смеси УГМ в каждый шпур проводилось в среднем за три цикла (этапа) при постоянном давлении до 1 МПа с расходом до 4 $м^3$ в час. Смесь УГМ применена двухкомпонентная, с расходом на один цикл 80 кг (два мешка сухой смеси компонента А и одна канистра жидкого компонента Б). Всего для проведения работ по тампонажу приконтурных зон перемычек № 7416, № 7424 и № 7425 было израсходовано соответственно 1,5, 1,6 и 1,8 т сухой смеси. В процессе возведения тампонажных завес в радиусе 1-1,5 м от устья шпуров наблюдался выход смеси УГМ на поверхность контура горной выработки.

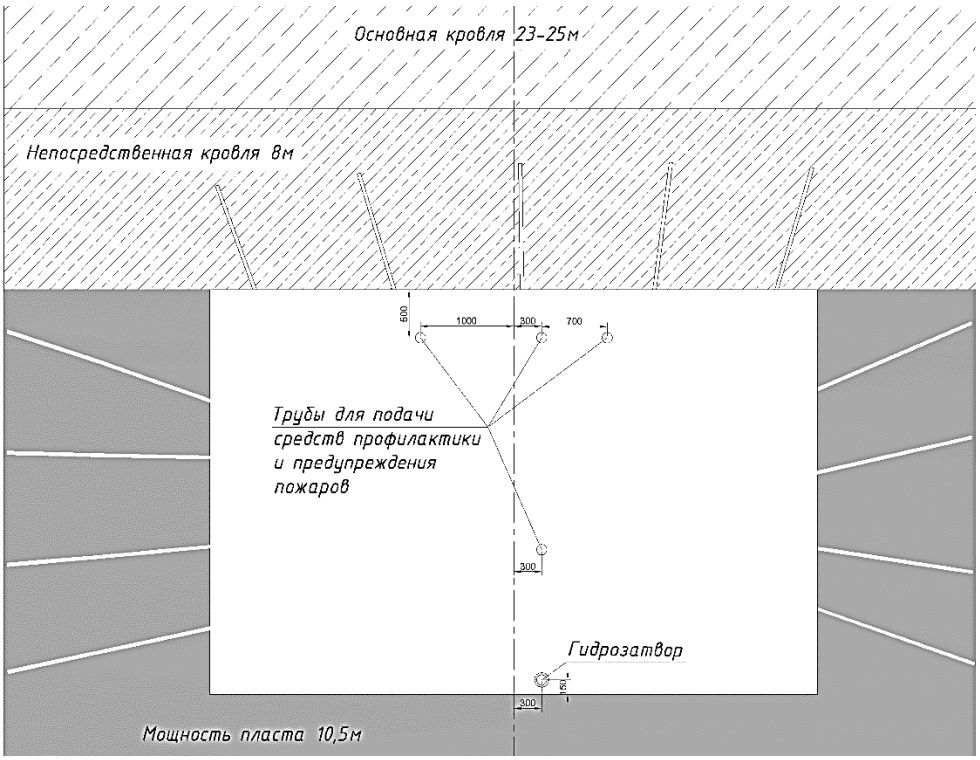


Рисунок 4.10 – Классическая схема расположения инъекционных шпуров на примере тампонажа вокруг перемычки № 7425

Последующий, проведённый по аналогии, визуально-измерительный и реометрический контроль показали высокое качество выполненной изоляции с допустимым минимумом остаточной трещиноватости приконтурной зоны горных выработок (раскрытие трещин менее 0,1 мм).

Положительный результат тампонажа подтверждён данными общешахтной системы контроля, которой было зарегистрировано падение концентрации кислорода в изолированном пространстве за перемычками № 7410, № 7416 и № 7424 с 19 до 12%. Датчики регистрации концентрации кислорода в изолированном пространстве SKPA\O2 показали, что снижение концентрации кислорода произошло одновременно с началом, и активно продолжалось непосредственно после завершения работ по тампонажу приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки № 7425. Также, после проведения тампонажа приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки № 7425 при замере газоанализатором в непосредственной близости около взрывоустойчивых перемычек № 7416

и № 7424 было отмечено снижение концентрации CH_4 до допустимых значений (до проведения тампонажных работ составляла 2%). Пример факта снижения концентрации кислорода в изолированном пространстве представлен на Рисунках 4.11 и 4.12.

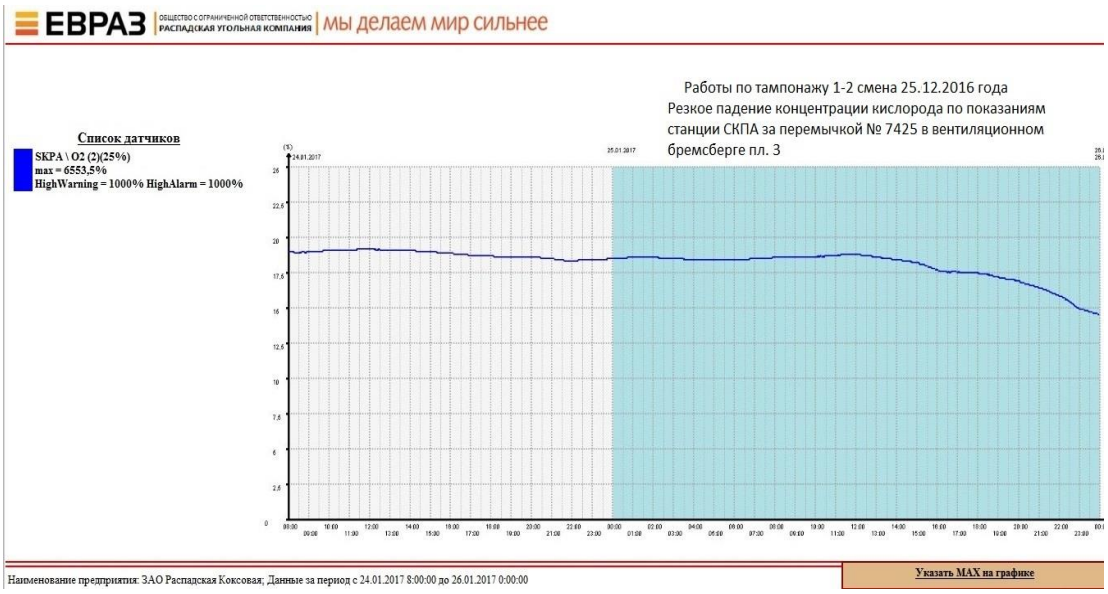


Рисунок 4.11 – Падение концентрации кислорода
по показаниям станции SKPA\O2 с 24.01.2017 г. по 26.01.2017 г.

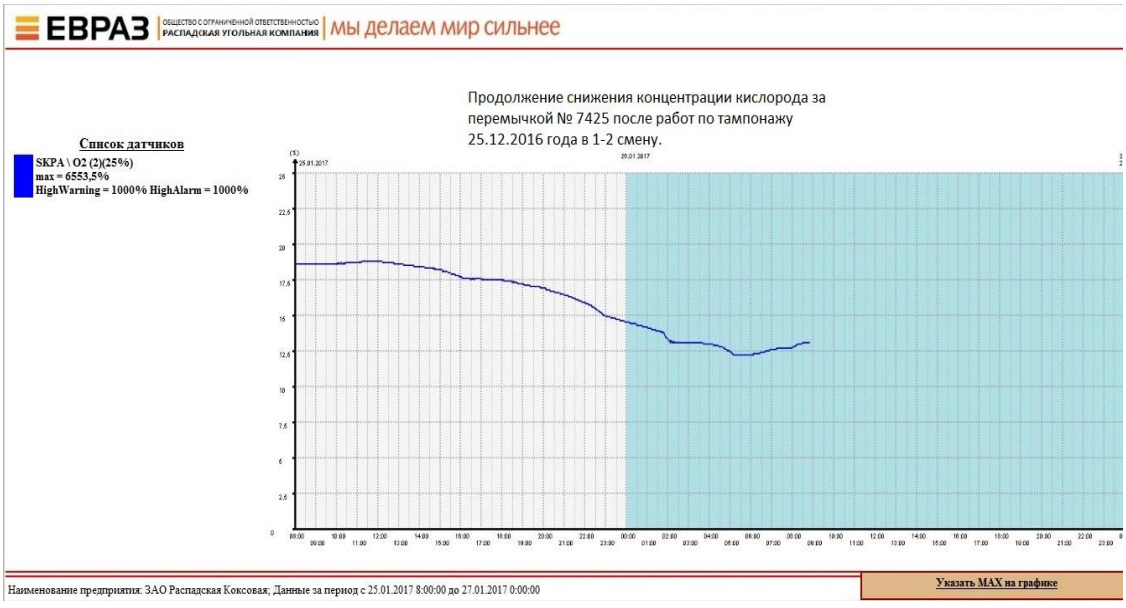


Рисунок 4.12 – Падение концентрации кислорода
по показаниям станции SKPA\O2 с 25.01.2017 г. по 27.01.2017 г.

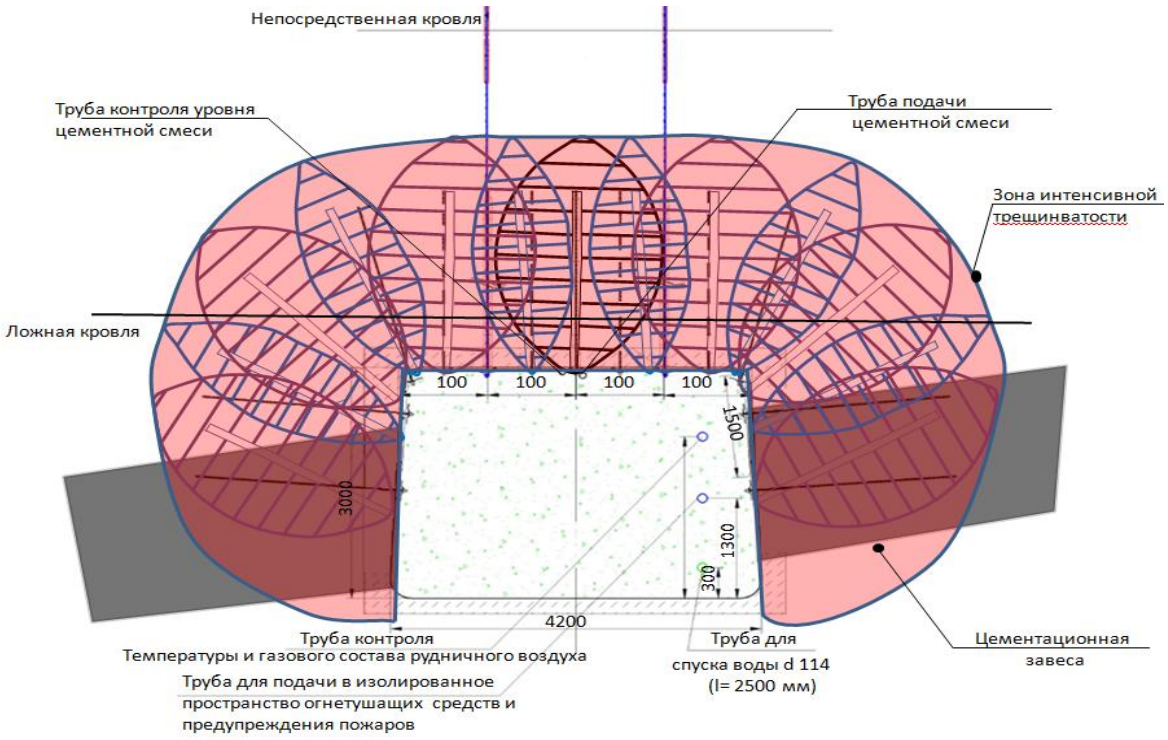
Данный результат является одним из наиболее показательных в общем масштабе шахтных исследований. Поскольку величина раскрытия трещин приконтурного массива различна, для качественного возведения тампонажной завесы нагнетание было произведено при двух ступенях давления: до 0,5 и до 1 МПа. На каждой ступени нагнетания возможно использование двух стадий – первая проводится при постоянном расходе и переменном (возрастающем) давлении, вторая – при постоянном давлении и переменном (уменьшающемся) расходе. На каждой ступени происходит заполнение групп трещин с различным раскрытием. На первой заполняются в основном трещины с раскрытием более 5 мм, на второй – менее 2 мм. В итоге, обеспечено практически полное исключение перетоков газовоздушных смесей через изолирующее сооружение.

Также типичен показательный пример ИП с двухуровневой схемой инъекционного тампонажа приконтурной зоны, представленной на Рисунках 4.13 и 4.14, возведенной в условиях пластовых выработок шахты «Антоновская».

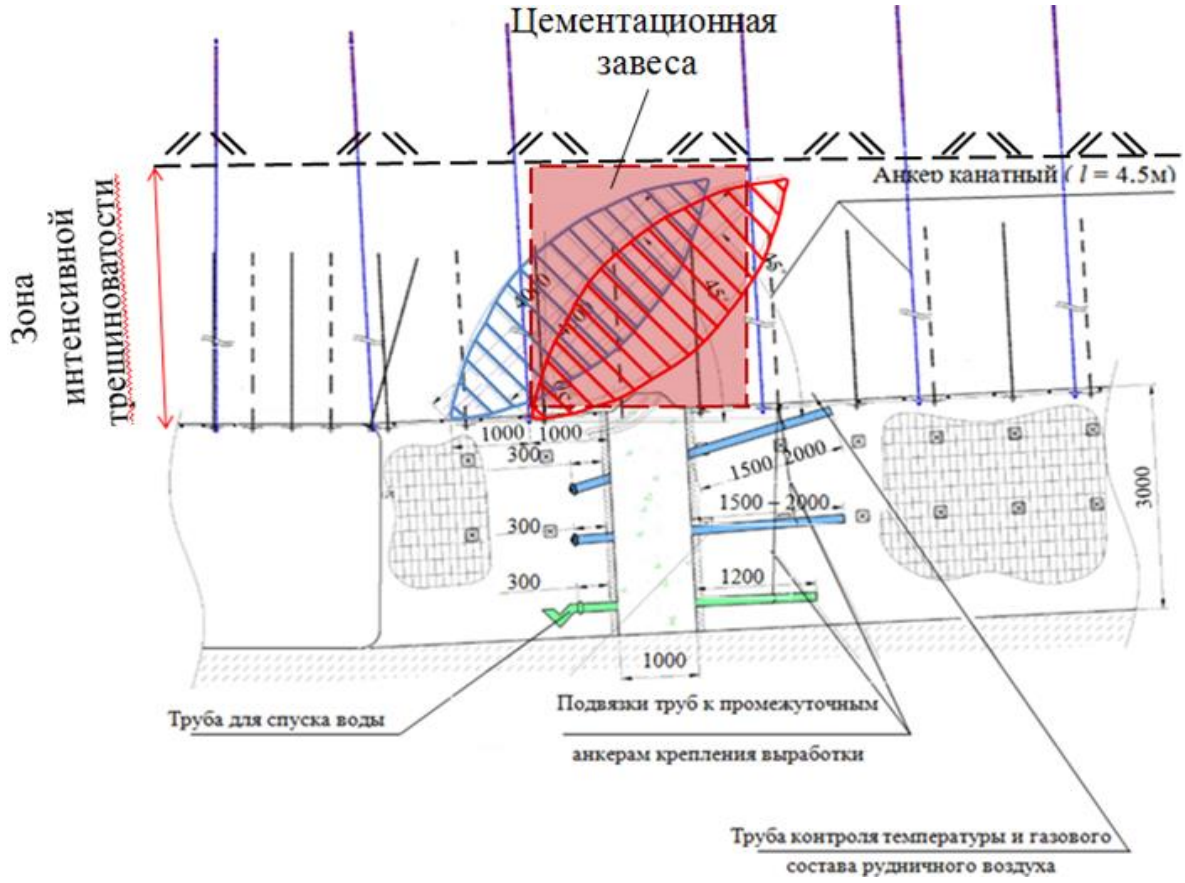


Рисунок 4.13 – Перемычка № 227-10 на сопряжении вентиляционного штрека 26-23, выемочного столба 26-23 пласта 26а (показаны буровые штанги и инъекционный механический пакер)

а)



б)



а) поперечное сечение выработки; б) продольное сечение выработки.

Рисунок 4.14 – Пример ИП с двухуровневой схемой инъекционного тампонажа приконтурной зоны пластовой выработки

Основной принцип данного подхода заключается в совместном возведении ИП при поэтапном цикличном заполнении трещин горных пород, используя низкие давления нагнетания и расходы тампонажной смеси, исключающие излишний пролив в горную выработку и обеспечивающие качественное возведение тампонажной завесы в заданных границах вокруг тела перемычки.

1 Уровень. Тампонаж ЦС УГМ окружающего углепородного массива с трещинами большого раскрытия: 5 – 20 мм.

Для инъекционного нагнетания УГМ в непосредственной близости от тела перемычки было пробурено пять инъекционных шпуров диаметром 30 мм. Три шпура в кровлю, с расстоянием между шпурами 1000-1200 мм: центральный шпур глубиной 4 м и два по 1,5 м под углом 45° от вертикали. Ещё два шпура пробурены в борта выработки на глубину 4 м. Устье всех шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм для установки герметизатора.

Нагнетание смеси УГМ производилось тампонажным комплексом АСА-1 по циклам, каждый из которых включает в себя: установку герметизатора в шпур, включение оборудования, нагнетание порции смеси в шпур под давлением по зажимной схеме, выключение насоса, выдержку, с контролем падения давления, демонтаж герметизатора. В случае, когда после проведения цикла давление в шпуре снижается, то цикл повторяется. Если давление остаётся постоянным, тогда шпур и область вокруг него считается заполненными смесью УГМ и герметизатор может быть демонтирован.

Для нагнетания смеси УГМ в шпур № 3 произведено первое затворение состава в количестве 75 кг водой до нормальной густоты. За время перового цикла нагнетания давление в шпуре составляло 0,4 МПа. При выдержке произошло медленное падение давления до 0,1 МПа в течение минуты. Второй цикл: давление составляло 0,7 МПа, в течение следующей минуты произошло медленное падение давления до 0,5 МПа. Визуально наблюдался выход смеси УГМ, в радиусе 0,5 м от места нагнетания из трещин и соседних шпуров. Третий цикл: давление составляло 1,1 МПа, после чего нагнетание состава было прекращено.

В течение последующей минуты падение давления не наблюдалось, следовательно, делаем вывод, что шпур заполнен. Произведён сброс давления через обратный клапан и перемонтаж герметизатора в следующий шпур.

Для нагнетания смеси УГМ в шпур № 2, расположенный в кровле, произведено затворение 100 кг сухой смеси нормальной густоты, в соответствии с Инструкцией (Приложение Г), и монтаж герметизатора. Первый цикл: при нагнетании состава давление достигло 0,3 МПа. При выдержке произошло полное падение давления в течение 30 секунд. Второй цикл: давление достигло 0,5 МПа. При выдержке в течение минуты давление не снижалось. Из соседних шпуров и трещин, расположенных в радиусе 0,5 м от места инъекции, наблюдался частичный выход смеси. Произведён перемонтаж герметизатора.

Нагнетание смеси УГМ в шпур № 4, расположенный в кровле. Первый цикл: давление доведено до 0,4 МПа. При выдержке произошло падение давления в течение 30–40 секунд до 0,2 МПа. Второй цикл: давление 0,5 МПа, с последующим падением давления при выдержке в течении полуминуты до 0,3 МПа. Третий цикл: давление 1,0 МПа, которое после выдержки остаётся неизменным в течение минуты. Произведён перемонтаж герметизатора.

Для нагнетания смеси УГМ в шпур № 1 расположенный в левом борту. Дополнительно затворяется 50 кг смеси УГМ нормальной густоты, производится монтаж герметизатора в шпур. Первый цикл: давление нагнетания 0,5 МПа. При выдержке в течение 30-40 секунд происходит падение до 0,3 МПа. Второй цикл: давление 0,9 МПа. При выдержке давление не падает в течение минуты. Произведен перемонтаж оборудования.

Для нагнетания смеси УГМ в шпур № 5 произведено затворение ещё 50 кг смеси до нормальной густоты. Первый цикл: давление нагнетания 0,5 МПа, за 30 секунд падает до 0 МПа. Второй цикл: давление нагнетания 0,5 МПа, при выдержке снизилось до 0 МПа. Было принято решение затворить более густую смесь. Третий цикл: давление 0,5 МПа, при выдержке в течение 90 секунд снизилось до 0,1 МПа. Визуально можно было наблюдать, как в радиусе 0,8-1,1 м от места тампонажа происходило пучение породы правого борта. Четвёртый цикл:

давление нагнетания составляло 0,8 МПа, при выдержке не снижалось в течение минуты. Для устранения микротрещин дополнительно был произведён набрызг слоя смеси УГМ на поверхность контура выработки.

Итого, израсходовано 300 кг сухой смеси, в том числе, инъектировано в шпуры 275 кг, набрызг – 25 кг.

После проведения второго этапа работ по тампонажу приконтурной зоны перемычки концентрация газа метана снизилась на расстоянии 5 м от перемычки до 7%, а непосредственно у перемычки составило 20%.

2 Уровень. Тампонаж минеральной смесью УГМ трещин горных пород приконтурной зоны вокруг перемычки с раскрытием 0,1-5 мм.

Этап проведения работ нацелен на ликвидацию остаточных утечек метано-воздушной смеси из изолированного пространства горной выработки. По заполнению трещин приконтурной зоны было пробурено три шпура под углом 45°, направленных на перемычку глубиной 1500 мм.

Устье шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 800 мм, для установки многоразового герметизатора. Для нагнетания в шпуры произвели первое затворение сухой смеси УГМ в количестве 75 кг до нормальной густоты (В/Т около 1/2).

Герметизатор установили в шпур № 1 и произвели подачу смеси. Первый цикл: давление в шпуре составляет 0,5 МПа, падение давления в течение 30 секунд до 0,2 МПа. Второй цикл: давление составляет 1,0 МПа, и в течение следующих 30 секунд происходит медленное падение давления до 0,6 МПа. Третий цикл: давление 1,0 МПа, в течение 40 секунд давление снизилось до 0,85 МПа. Четвёртый цикл: давление в шпуре 2,5 МПа, после чего давление осталось неизменным.

Произвели перемонтаж оборудования в шпур № 2. Первый цикл: давление в шпуре составляет 0,6 МПа, падение давления, в течение 20 секунд, до 0,2 МПа. Второй цикл: давление 0,8 МПа, в течение следующих 20 секунд происходит медленное падение давления до 0,4 МПа. Третий цикл: давление до 2,0 МПа, после выключения давление не снижалось.

Герметизатор установили в шпур № 3 и произвели подачу смеси.

Первый цикл: давление в шпуре составляет 1,8 МПа, по окончанию нагнетания смеси УГМ в шпур давление в течение 3 минут осталось неизменным.

Итоговые замеры, проведённые газоанализатором, показали снижение концентрации метана до допустимых по ПБ значений. Замеры производились в непосредственной близости от перемычки у кровли выработки, и в 2 м от перемычки.

Дальнейшая отработка режимов проведена на всех указанных шахтах. Таким образом, обобщая опыт проведённых широкомасштабных шахтных исследований, доказана эффективность технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес, проведено совершенствование способов изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих, обеспечивающих эффективную и безопасную подземную разработку угольных месторождений.

4.4. Технико-экономическая оценка

Для оценки перспектив освоения рынка ЦС Кузбасса проведён сравнительный анализ материалов основных известных производителей, выполненный при прочих равных условиях возведения изоляционного сооружения (Таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Материалы основных известных производителей цементных смесей

Наименование ТМЦ	ЗАО «Карбо-ЦАКК»	ООО «ПК «Эльфор»	ООО «КПС-Технологии»	ООО НПК «Упрочнение горного массива»
	«Тек-бленд»	«Эль-бленд-0,8»	«Барьер-КР»	«УГМ-П-800»
1	2	3	4	5

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Цена, руб./кг без НДС	16,50	14,90	8,55	11,80
Сопротивление на сжатие, Rсж, МПа/м^2	8,8	25	14,7	24,1
Сопротивление на растяжение при изгибе, Rраст, МПа	4,11	3,4	4,4	3,62
Адгезионная прочность на сдвиг (уголь), Rадг, МПа	0,38	0,66	0,54	0,62
Расход смеси, кг/м^3	581	825	880	805
Толщина перемычки согласно расчётам, м	3,28	1,89	2,31	2,01
Принятая толщина перемычки согласно Инструкции, м	3,28	2,00	2,31	2,01
Кол-во смеси на одну перемычку (ширина 5м*высота 4м*толщина*расход смеси), кг	38 113,60	33 000,00	40 656,00	32 361,00
Стоимость одной перемычки, руб.	628 874,40	491 700,00	347 608,80	381 859,80
Количество чел. см, см	96,1	93,7	97,3	93,4

Таким образом, среди ЦС для возведения тела перемычек, обладающих самым большим потенциалом применения, УГМ-П является вполне конкурентоспособной среди присутствующих на рынке Кузбасса ЦС для монолитного возведения тела перемычек.

ЦС УГМ, обладая свойствами термо и теплостойкости, временнòй стойкости, проникающей способности в трещины раскрытием от 0,05-0,1 мм, высокими прочностными характеристиками, относительно низкой стоимостью, является достойным конкурентом.

В сравнительном анализе «химические» составы на основе смол и композиций, обладающих высокими физико-механическими и технологическими ха-

рактеристиками, в качестве конкурентов не рассматриваются, учитывая их горючесть и термо-нестабильность, высокую стоимость (более 100 руб./кг).

При расчёте норм времени и трудозатрат по возведению тела взрывоустойчивой перемычки и тампонажа окружающей приконтурной зоны пластовой выработки необходимо учитывать следующие позиции.

Расчет необходимого количества материалов и трудоёмкости работ при возведении тела ИП производится с учетом: возведения ИП (цементная смесь, обрезная плаха, рудстойка, мешковина, монтажная пена, гвозди, трубы, заглушки, гидрозатворы и т.п.); выполнения мер по снижению фильтрационных свойств (тампонаж) угольного пласта и вмещающих пород; установки элементов усиления безврубовой взрывоустойчивой ИП (швеллеры, анкеры и т.п., по необходимости); демонтажа опалубки стороны действующих горных выработок; нанесения герметизирующего слоя на поверхность ИП и контура выработки; возведения дополнительной крепи; проветривания тупика (при необходимости).

Далее представлен пример расчета норм времени и трудозатрат на проведение тампонажных работ (Рисунок 4.15).

Учитывая качество и эффективность разработанной технологии возведения изоляционных сооружений, выявлены следующие положительные эффекты:

– практически полное исключение фильтрации газовоздушных смесей через изоляционное сооружение при ликвидации перетоков метана в действующие горные выработки и кислорода в отработанное пространство, что снижает нагрузку общешахтной вентиляционной системы при снижении энергопотребления главных и вспомогательных вентиляторов проветривания на 1-3%;

– совмещение во времени и пространстве этапов возведения инъекционных тампонажных завес и тела безврубовых монолитных перемычек снижает общую трудоёмкость на 10÷12%, а общешахтные расходы (совмещение доставки материалов и оборудования, дополнительные монтажные работы и подготовка оборудования, и т.д.) на 1÷1,5%;

– общее сокращение времени возведения изоляционных сооружений по-

вышает темпы проходческих и очистных работ на 1÷1,5%, что, по предварительным оценкам, позволяет увеличить объем вынимаемых запасов угля на 50 тыс. тонн/год;

– более низкая рыночная стоимость ЦС – на 5÷10%.

Итого, общая экономическая эффективность внедрения технологии за 2013-2019 гг. составила более 136 млн. рублей.

Расчет норм времени

Исходные данные

Размеры тампонируемой перемычки:

Длина по кровле	5,7
Высота	3,5

Количество диагностических шпуров:

В кровле	2
В бортах	2
Итого	4

Количество тампонажных шпуров:

В кровле	5
В бортах	6
В контакт	2
Итого:	**13**

Расчет

Вид выполняемых работ	Трудозатраты, чел/час	Трудозатраты, чел/см
Обследование места проведения работ	8	1
Доставка оборудование до заказчика		
Доставка смеси до заказчика		
Реометрический контроль	24	3
Составление заключения реометрического контроля		
Составление паспорта тампонажных работ		
Тампонаж шпуров	39	7
Доставка оборудование до места хранения		
Итого:	**71**	**11**

Расчет объема смеси

Исходные данные

Среднее раскрытие трещин на длину 3 метрового шпура, м	t_3	0,008
Среднее раскрытие трещин на длину 1,5 метрового шпура, м	$t_{1,5}$	0,006
Эффективный радиус распространения смеси, м	$r_э$	0,5
Полный радиус распространения смеси, м	$r_п$	1,0
Длина диагностического шпура, м	l_3	3,0
Длина тампонажного шпура, м	$l_{1,5}$	1,5
Длина тампонажного шпура, м	$l_{1,6}$	2,5

Расчет

Теоретический эффективный заполняемый объем 1,5 метрового шпура, м^3	$V_{1,5}^{тэ} = \pi r_э^2 l_{1,5} t_{1,5} =$	0,007
Теоретический полный заполняемый объем 1,5 метрового шпура, м^3	$V_{1,5}^{тп} = \pi r_п^2 l_{1,5} t_{1,5} =$	0,028
Теоретический эффективный заполняемый объем 3 метрового шпура, м^3	$V_3^{тэ} = \pi r_э^2 l_3 t_3 =$	0,019
Теоретический полный заполняемый объем 3 метрового шпура, м^3	$V_3^{тп} = \pi r_п^2 l_3 t_3 =$	0,075
Полный теоретический объем смеси на 1,5 метровый шпур, м^3	$V_{1,5}^{тс} = V_{1,5}^{тэ} + 0{,}3V_{1,5}^{тп} =$	0,035
Полный теоретический объем смеси на 3 метровый шпур, м^3	$V_3^{тс} = V_3^{тэ} + 0{,}3V_3^{тп} =$	0,094
Теоретический объем смеси необходимый на все шпуры, м^3	$V_c = nV_{1,5}^{тс} + mV_3^{тс} =$	0,695
Полная теоретическая масса смеси, кг	$m_c = \rho V_c =$	1 182
Теоретическая масса сухого компонента, кг	$m_{кс} = \frac{В}{Т} m_c =$	709
Коллическство необходимых мешков с сухим компонентом, шт		30
Коллическство необходимых канист с жидким компонентом, шт		15

Рисунок 4.15 – Пример расчета норм времени и трудозатрат на проведение тампонажных работ

4.5. Анализ полученных результатов. Выводы и методические рекомендации

Технология монолитного опалубочного возведения перемычек из смеси УГМ-П позволяет обеспечить эффективное перекрытие горной выработки и качественный контакт с контуром, при частичном проникновении смеси в трещины вмещающих пород на глубину до 1,5 м. Эффект «прорастания» тела монолитного сооружения в массив является частью процесса его интеграции, снижая перетоки газа (метановоздушной смеси) через систему трещин вмещающих пород из изолируемого выработанного пространства минуя перемычку.

Основные параметры одновременного возведения тампонажной завесы включают в себя: расход раствора в каждую скважину, давление нагнетания, режим нагнетания, концентрацию раствора, радиус распространения раствора, время нагнетания, длину скважин. Указанные параметры взаимосвязаны процессом фильтрации раствора в массиве и изменяющегося гидродинамического сопротивления трещин пород. Соблюдение выявленных условий и зависимостей обеспечивает эффективное упрочнение и снижение фильтрационных характеристик нарушенных пород приконтурной зоны вокруг перемычки.

Наиболее технологичной является коллекторная схема подключения инъекционных шпуров к нагнетательной магистрали, обеспечивая регулируемую подачу смеси в каждый из шпуров, в зависимости от изменяющегося гидродинамического сопротивления обрабатываемой зоны массива трещиноватых пород.

Учитывая локальность тампонажной завесы вокруг изолирующей перемычки, рациональный радиус распространения инъекционной смеси в основном составляет значение около 1,5-2 м, что при веерном расположении инъекционных шпуров глубиной 2-3 метра позволяет сформировать качественную тампонажную завесу. При этом, базовым режимом нагнетания смеси УГМ на каждую скважину является: в начале «с постоянным расходом» около 4-5 $м^3$/ч в течение 2-3 мин, далее, «с постоянным давлением» около 0,5-1 МПа в течение времени потери подвижности смеси (около 15 мин).

В сложных горно-геологических условиях качественное заполнение трещин горных пород и минимизация протечек в горную выработку обеспечивается на первом этапе цикличным нагнетанием ЦС УГМ в скважины при низких давлениях (< 0,5 МПа) и расходах (< 1,5 м^3/час) при двухуровневой веерной радиальной схеме расположения инъекционных скважин с наклоном в сторону перемычки.

Обобщённый технологический регламент технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес представлен в Таблице 4.2.

Доказана работоспособность элементов системы «перемычка-тампонажная завеса» из цементных смесей УГМ-П и УГМ, подтверждены удовлетворительное качество и высокая эффективность изоляции в условиях пластовых горных выработок. Технология изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с упрочнённой и уплотнённой приконтурной зоной пород способствует эффективной консолидации нарушенной приконтурной углепородной зоны, снижению концентрации метана и кислорода в отработанном пространстве. При этом, доказано снижение метана перед перемычкой с 2% до нормы, т.е. более чем в 4 раза; а кислорода в отработанном пространстве лавы с 19 до 12 %, т.е. более чем в 1,5 раза. Снижение фильтрационных характеристик угольного пласта является важным мероприятием, непосредственно влияющим на стабилизацию эндогенных окислительных процессов угольного пласта.

Таблица 4.2 – Основные характеристики технологии изоляции

Условия	Схемы	Смесь, В/Т	Режим тампонажа	Оборудование	Контроль
1	2	3	4	5	6
Нарушение герметичности (ремонт), система трещин раскрытием до 1-2 мм	Последующий тампонаж. Один веер наклонных шпуров	УГМ, 0,5	С постоянным давлением до 1 МПа	АСА-1 ПБН-15	ВИК, реометрия

Окончание таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6
Нарушение герметичности (ремонт), двойная система трещин раскрытием до 1-2 и до 10 мм	Последующий тампонаж. Двойной наложенный веер наклонных шпуров со смещением	УГМ, 0,5 и 0,4	С постоянным давлением до 1 МПа и цикличным нагнетанием	АСА-1 ПБН-15	ВИК, реометрия
Нарушение герметичности (ремонт), система трещин раскрытием до 1-2 мм	Системное. Один веер наклонных шпуров. Одновременное заполнение опалубки	УГМ, и УГМ-П, 0,5	С постоянным расходом в начале процесса и плавным переходом в режим с постоянным давлением до 1 МПа в конце процесса	АСА-1 ПБН-15	ВИК, реометрия
Нарушение герметичности (ремонт), двойная система трещин раскрытием до 1-2 и до 10 мм	Системное. Двойной наложенный веер наклонных шпуров со смещением	УГМ, 0,5 и 0,4; УГМ-П, 0,5	С постоянным расходом в начале процесса и плавным переходом в режим с постоянным давлением до 1 МПа в конце процесса. Цикличное нагнетание	АСА-1 ПБН-15	ВИК, реометрия

Также, обоснованы совмещённые процессы возведения тела монолитной безврубовой перемычки из цементных смесей, проникающих в нарушенную приконтурную углепородную зону, дополнительно тампонируемую через веер объединённых коллектором нагнетательных шпуров. Научное обоснование и широкомасштабная апробация технологических решений позволили синергетически

объединить процессы заполнения опалубки, пропиточный безнапорный и инъекционный способы тампонажа, обеспечившие качественную интеграцию изоляционного сооружения в трещиноватый приконтурный углепородный массив с созданием консолидирующейся системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» в условиях пластовых выработок угольных шахт. Практическое значение результата заключается в совершенствовании способов изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих, обеспечивающих эффективную и безопасную подземную разработку угольных месторождений (Приложение Ж). Разработанная технология изоляции пластовых выработок консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками является частью комплекса мероприятий по пластовой дегазации, проветриванию горных выработок, обеспечению снижения уровня метана в общешахтной атмосфере и кислорода в отработанном пространстве, профилактике и тушению эндогенных пожаров при ресурсосберегающем строительстве и безопасной эксплуатации угольных шахт.

Разработанные методические указания, инструкции и инструментальное обеспечение, являются элементами общей системы контроля качества работ.

На основании полученных результатов сформулировано третье научное положение.

В общем итоге:

1. Доказана общая эффективность и технологичность применяемого способа монолитного опалубочного возведения тела изолирующих перемычек цементной смесью УГМ-П, созданы и апробированы новые комплекты облегченного мобильного насосного и смесительного оборудования.

2. Разработанная технология инъекционной цементации нарушенного приконтурного массива пород вокруг безврубовых перемычек включает в себя комплекс решений по созданию радиального веера инъекционных скважин, наклонённых над перемычкой под углом к контуру горной выработки, определяемым из соотношения толщины перемычки, размеров зоны нарушений и радиуса распространения тампонажного раствора. При возведении тампонажной завесы рекомендовано веерное расположение инъекционных шпуров. Нагнетание тампо-

нажного раствора в шпуры производят поэтапно, до полного смыкания инъекционного контура с телом перемычки, обеспечивая эффективную консолидацию создаваемой изолирующей системы.

3. Комплексная изоляция горных выработок с нарушенной приконтурной зоной консолидирующей системой «перемычка-тампонажная завеса», основанная на технологическом совмещении возведения монолитной перемычки с инъекционным упрочнением и уплотнением приконтурной зоны массива, изменяющих физико-механические характеристики нарушенных пород и создающих несущие структурные связи, в общем даёт эффект повышения качества и скорости изоляции выработанного пространства. Принцип реализации системы основан на объединении нагнетательных скважин единым подающим коллектором, обеспечивающим пропорциональное распределение тампонажного раствора между ними в зависимости от роста их гидродинамического сопротивления. При этом, при возведении тампонажной завесы, освобождаемый по мере заполнения трещин остаток тампонажного раствора сбрасывается из коллектора в опалубку перемычки с нелинейно увеличивающимся расходом, сохраняя стабильным давление подпора в нагнетательных скважинах до окончания процесса. При этом, эффективная консолидация изоляционной системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса» достигается совмещением процессов возведения тела изолирующей монолитной безврубовой перемычки из смесей на едином минеральном вяжущем, проникающих в прилегающий приконтурный углепородный массив, одновременно тампонируемый через веер объединённых коллектором нагнетательных шпуров.

4. Разработанная технология возведения консолидирующей системы «перемычка-тампонажная завеса» на основе водо-твердых суспензий (типа цементных смесей серии УГМ) обеспечивает практически полное исключение перетоков газовоздушных смесей из изолируемой части выработок, проводимых в нарушенных вмещающих горных породах.

5. Дальнейшая перспектива направлена на исследование и обоснование систем с быстровозводимой опалубкой, безопалубочные технологии возведения перемычек, совершенствование экспресс-методов оперативной диагностики и контроля их технического состояния, создание нового мобильного смесительно-нагнетательного и тампонажного комплектов оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, рекомендации по технологии изоляции пластовых выработок угольных шахт консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками, имеющие существенное значение для развития страны за счёт обеспечения эффективной и безопасной подземной разработки угольных месторождений при ресурсосберегающих строительстве и эксплуатации шахт.

Основные научные результаты, выводы и рекомендации сводятся к следующему.

1. В условиях угольных шахтах Кузбасса ежегодно возводят и эксплуатируют более 1 *тыс*. опалубочных изолирующих безврубовых монолитных перемычек из специализированных смесей на основе цемента, непосредственно влияющих на состояние общешахтной атмосферы, долю кислорода, СО и метана в выработанном пространстве, общую безопасность и эффективность ведения горных работ. Современные технологии и регламенты угледобычи требуют повышения количества изоляционных сооружений. Основной объем ИП возводится именно в пластовых выработках (штреки, квершлаги, сбойки, и т.д.), осложненными условиями эксплуатации, наличием угольного пласта и сильно нарушенной приконтурной зоной, что предъявляет особые требования к используемым технологиям изоляции, конструкциям и материалам. При этом, главной не решённой до настоящего времени проблемой является отсутствие полноценной герметичности и управляемой консолидации тела ИП с трещиноватым вмещающим углепородным массивом.

2. Разработанные на основе отходов ТЭС и металлургических предприятий цементные смеси (УГМ и УГМ-П), в зависимости от их водо-твердого соотношения обеспечивают нелинейный рост значений предела прочности на одноосное сжатие и изгиб. В итоге, для смеси УГМ-П рациональными являются: массовое В/Т 0,45-0,47; время потери текучести

до 15 *мин*.; предел прочности при одноосном сжатии до 20 *МПа*; прочность на изгиб до 4,5 *МПа*; расход смеси УГМ-П – 1050-1070 *кг/м*^{3}. Для смеси УГМ рациональными являются: массовое В/Т до 0,5; время потери текучести до 15 *мин*.; предел прочности при одноосном сжатии – через 24 *часа* не менее 3,8 *МПа*, – через 28 *суток* не менее 20,0 *МПа*; разрушающая нагрузка при изгибе (растяжение при изгибе) – в возрасте 24 *часа* 1,5 *МПа*, – в возрасте 28 *суток* 4,1 *МПа*.

3. Реологические параметры цементных смесей УГМ и УГМ-П, в зависимости от их массового водо-твердого соотношения в диапазоне от 0,45 до 0,25, характеризуются степенными и линейными реологическими моделями течения. Нелинейный рост значений динамического (предельного) напряжения сдвига τ_0, *Па*, больше проявлен у УГМ-П и меньше – у УГМ. Увеличение массового В/Т соотношения смесей более 0,5 приводит к резкой потере их пластичности, расслоению и большему проявлению ньютоновских свойств, снижению эффективной динамической вязкости $\mu_{эфф}$, *Па·с*. В свою очередь, активное отфильтровывание жидкой фазы в микротрещины и поры пород снижает массовое В/Т соотношение у потока смеси, способствуя при низком давлении нагнетания и расходе формированию более плотной структуры и остановке потока ЦС в трещинах. Повышение концентрации цементных смесей до предельного В/Т = 0,25 приводит к росту значения $\mu_{эфф}$ у смеси УГМ, максимум которого в два раза превышает максимум значения $\mu_{эфф}$ у смеси УГМ-П при средней скорости сдвига 100 c^{-1};

4. Непрерывная наливная опалубочная технология возведения тела изолирующей перемычки из смеси УГМ-П, при времени потери ее подвижности 15 *мин*, В/Т соотношении 0,45-0,47, и постоянном давлении 0,01 – 0,02 *МПа*, формируемым высотой столба смеси в опалубке, *сопровождается* пропиточной безнапорной фильтрацией по крупным трещинам бортов пластовой выработки. При этом, размер зоны пропиточного тампонажа изменяется нелинейно, в зависимости от величины раскрытия горизонтальных трещин бортов в диапазоне от 1 до 12 *мм* при зафиксированном максимуме 1,5 *м*.

5. Размер окружающей тампонажной завесы от тела перемычки ограничен зоной инъекционного тампонажа смесью УГМ трещин раскрытием от 0,1 *мм*. При этом, указанная граница зоны прямо пропорциональна глубине инъекционных шпуров, расположенных радиально веером и наклонённых над контуром под углом, определяемым из соотношения, учитывающего толщину перемычки, размеры зоны нарушений и радиус распространения смеси. Нагнетание смеси УГМ в скважины производят до полного смыкания инъекционного контура при нормативной толщине перемычки более 2 *м*.

6. Разработанные способы изоляции пластовых выработок основаны на совмещении процессов возведения тела монолитной безврубовой перемычки из цементных смесей, проникающих в прилегающий приконтурный массив, дополнительно тампонируемый через веер объединённых коллектором нагнетательных шпуров, тем самым, создавая систему «монолитная перемычка – тампонажная завеса». Обоснованные исследованием процессы интеграции смеси УГМ-П тела монолитной безврубовой перемычки в нарушенную приконтурную углепородную зону, совместно с дополняющим инъекционным тампонажем смесью УГМ, способствуют более качественной консолидации тампонажной завесой монолитных безврубовых перемычек пластовых выработок угольных шахт. При этом обеспечено снижение концентрации метана перед перемычкой до 4 раз – или до 75%, а кислорода в отработанном пространстве до 1,5 раз – или до 37%.

7. Промышленная реализация разработанной технологии комплексной изоляции пластовых выработок обеспечена наличием: современного производства цементных смесей УГМ и УГМ-П мощностью 2,5 тыс. тонн в месяц; апробированных технологических и конструктивных решений; образцов уникального облегчённого насосно-смесительного оборудования; методических рекомендаций по технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес; экспресс-методов и аппаратуры контроля качества работ; комплекса

утверждённой документации; положительными результатами масштабного внедрения на ведущих угледобывающих предприятиях России.

8. Перспективы темы направлены на дальнейшее развитие теории фильтрации флюидов (суспензий) в трещиновато-пористой среде угольного пласта и решение задач управления физическим состоянием горных пород при комплексной изоляции выработанного пространства угольных шахт.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 883522 СССР. Способ возведения шахтных перемычек / В.Н. Рева, Ю.С. Афанасьев, В.Д. Палий, В.С. Троицкий, А.А. Смирнов, С.А. Студанцкий, А.С. Пахомов, В.Т. Кравченко, А.А. Якуба; науч.-иссл. ин-т горн. геомех. и маркш. дела; госуд. проектн. науч.-иссл. ин-т никель-кобальтовой пром-ти; Норильский горно-металл. комб. им. А.П. Завенягина Мин-ва цветн. металлург. СССР. – № 2899553/22-03; заявл. 26.03.80; опубл. 23.11.1981; Бюл. № 43.

2. А.с. 1138511 МКИ^4 Е 21 D 21/00. Способ закрепления несвязных пород / Ю.Б. Назаренко, Ю.Н. Куликов (РФ); – № 3614435/22-03; заявл. 04.07.83; опубл. 07.02.85, Бюл. № 5. – 2 с.

3. А.с. 1352067 SU. Способ изоляции вертикальных горных выработок от притоков подземных вод / Э.Я. Кипко, Р.А. Лагунов, Ю.А. Полозов, Ю.Н. Спичак, В.В. Забора; «Спецтампонажгеология»; № 3949576/22-03; заявл. 03.09.1985; опубл. 15.11.1987. – Бюл. № 42.

4. А.с. 1382977 СССР, Е21F 1/14. Способ сооружения шахтной перемычки / Баранов Н.Г., Г.П. Хавротин, Ю.Н. Трупкин, В.А. Крайнев, Л.П. Палто, Л.И. Томчин; ПО «Белорускалий»; № 4129942/22-03; заявл. 07.08.1986; опубл. 23.03.1988. – Бюл. № 11.

5. А.с. 629347 СССР, Е21D 11/10. Крепь горных выработок / Ю.З. Заславский, Е.В. Стрельцов, Е.Б. Дружко, М.А. Пивник, В.А. Пшеничный; Макеевский инж.-строит. институт; № 2440483/22-09; заявл. 03.01.1977; опубл. 25.10.1978. – Бюл. № 39.

6. А.с. 768990, МКИ^3 Е 21 D 1/16. Способ упрочнения горных пород / Г.И. Комаров, Е.Г. Дуда, Ю.В. Бурков, В.А. Хямяляйнен (РФ); – № 2181552/22-03; заявл. 16.10.1975; опубл. 07.10.1980, Бюл. № 37. – 2 с. : ил.

7. А.с. 973852, МКИ^3 Е 21 D 11/00. Способ упрочнения пород / М.П. Заборщик, Н.Н. Касьян, Е.И. Кольчик, А.Ф. Морозов (РФ); – № 3227362/22-03; заявл. 29.12.1980; опубл. 15.11. 1982, Бюл. № 42. – 2 с.

8. Адамович, А.Н. Цементация оснований гидросооружений / А.Н. Адамович, Д.В. Колтунов. – М.; Л.: Энергия, 1964. – 320 с.

9. Айтматов, И.Т. Тампонирование обводненных горных пород в шахтном строительстве / И.Т. Айтматов, Б.И. Кравцов, Б.Д. Половов. – М.: Недра, 1972. – 141 с.

10. Аллас, Э.Э. Укрепление оснований гидротехнических сооружений / Аллас Э.Э., А.Н. Мещеряков. – М.: Энергия, 1966. – 115 с.

11. Баганина, А.Е. Исследование взаимодействия газодинамических ударных и акустических волн с конденсированными средами: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Томск: ТГУ, 2010. – 120 с.

12. Баганина, А.Е. Математическое моделирование затухания волны сжатия во взрывоустойчивой безврубовой перемычке с учетом адгезионной прочности материала на контакте с породами / А.Е. Баганина, Д.Ю. Палеев // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – № 3. – С. 394-398.

13. Баганина, А.Е. Численная оценка влияния вруба на поведение шахтной взрывоустойчивой перемычки под действием волны сжатия / А.Е. Баганина, Д.Ю. Палеев // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2017. – Т. 4. – № 1. – С. 83-88.

14. Баклашов, И.В. Механика подземных сооружений и конструкций крепей / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. – М.: Недра, 1992. – 543 с.

15. Баклашов, И.В. Механические процессы в породных массивах / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. – М.: Недра, 1986. – 272 с.

16. Баренблатт, Г.И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г.И. Баренблатт, В.М. Ентов, В.М. Рыжик. – М.: Недра, 1984. – 211 с.

17. Баренблатт, Г.И. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа / Г.И. Баренблатт, В.М. Ентов, В.М. Рыжик. – М.: Недра, 1972. – 288 с.

18. Барях, А.А. Исследование и расчет геомеханических параметров упрочнения горных пород скрепляющими составами: автореф. дис... канд. техн. наук. – Л., 1982. – 17 с.

19. Безрук, В.М. Укрепление грунтов в дорожном и аэродромном строительстве. – М.: Транспорт, 1992. – 320 с.

20. Беляев, В.Ф. Укрепление горных пород / В.Ф. Беляев, М.Е. Певзнер, А.В. Пястолов и др. – М.: Недра, 1973. – 97 с.

21. Бибик, Е.Е. Реология дисперсных систем [Текст] / Е.Е. Бибик. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 172 с.

22. Бочко, Э.А. Упрочнение неустойчивых горных пород при бурении скважин / Э.А. Бочко, В.А. Никитин. – М.: Недра, 1979. – 168 с.

23. Булатов, А.И. Совершенствование гидравлических методов цементирования скважин / А.И.Булатов, Р.Ф. Уханов – М.: Недра, 1978. – 240 с.

24. Булычев, Н.С. Проектирование и расчет крепи капитальных выработок / Н.С. Булычев, Н.Н. Фотиева Н.Н., Е.В. Стрельцов. – М.: Недра, 1986. – 287 с.

25. Бурков, Ю.В. Комбинированные инъекционные крепи / Ю.В. Бурков, В.А. Хямяляйнен, Г.С. Франкевич. – Кемерово, 1999. – 285 с.

26. Бурков, Ю.В. Направления совершенствования технологии инъекционного упрочнения пород вокруг выработок / Ю.В. Бурков, В.А. Хямяляйнен, П.С. Сыркин // Шахтное строительство. – 1989. – № 4. – С. 17-20.

27. Бурков, Ю.В. Обоснование и разработка технологии крепления капитальных выработок на основе инъекционного упрочнения горных пород: автореф. дис... докт. техн. наук. – Кемерово, 1998. – 34 с.

28. Бухман Я.З. Шахтные перемычки / Я.З. Бухман, П.Г. Молотков. – М.: Госгортехиздат, 1962. – С. 48-49.

29. Быков, Н.Л. Закономерности движения тампонажных растворов в процессе постановки изоляционных завес при сооружении капитальных горных выработок: дис. … канд. техн. наук. – Шахты, 1984. – 201 с.

30. Васильев, В.В. Руководство по упрочнению неустойчивых горных пород и угля нагнетанием полиуретанового состава / В.В. Васильев, Н.Н. Томашев, В.И. Левченко [и др.]. – М.: ИГД им. Скочинского, 1988. – 59 с.

31. Васильев, В.В. Технология физико-химического упрочнения горных пород / В.В. Васильев, В.И. Левченко. – М.: Недра, 1991. – 267 с.

32. Васючков, Ю.Ф. Повышение эффективности ведения горных работ с применением физико-химических способов упрочнения горного массива / Ю.Ф. Васючков, В.В. Качак. – М.: ЦНИЭИуголь, 1986. – 36 с.

33. Вахрамеев, И.И. Теоретические основы тампонажа горных пород / И.И. Вахрамеев. – М.: Недра, 1968. – 294 с.

34. Веригин, Н.И. Нагнетание вяжущих растворов в горные породы в целях повышения прочности и водонепроницаемости оснований гидротехнических сооружений / Изв. АН СССР, ОТН. – 1952. – № 5. – С. 674-687.

35. Витке, В. Радиус действия укрепления грунтов нагнетанием в трещиноватые скальные породы : пер. № 78250 / 9/ВИНИТИ. – М., 1968.

36. Волков, А.С. Тампонирование геологоразведочных скважин / А.С. Волков, Р.Н. Тевзадзе. – М.: Недра, 1986. – 168 с.

37. Волоцкий, Д.В. Основы глубинного укрепления грунтов земляного полотна автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1978. – 120 с.

38. Гальченко, П.П. Выбор основных параметров предварительной цементации водоносных горных пород при сооружении вертикальных стволов: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1970. – 18 с.

39. Гидродинамическое взаимодействие частиц в суспензиях / Механика: новое в зарубежной науке; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 244 с.

40. Глузберг, Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики шахтных эндогенных пожаров. – М.: Недра, 1989. – 160 с.

41. Говорухин, Ю.М. Численное моделирование взаимодействующих геомеханических и аэродинамических процессов на выемочном участке / Говорухин Ю.М., Фрянов В.Н., Палеев Д.Ю. // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2019. – № 2. – С. 288-299.

42. Голоскоков, С.И. Показатели пожароопасности каменного угля и продуктов его переработки / С.И. Голоскоков, В.А.Уварова, У.Л. Хи, В.Б. Попов // Безопасность труда в промышленности. – 2016. –№ 8. – С. 22-26.

43. Гончарук, П.П. Цементация горных пород при сооружении стволов шахт / П.П. Гончарук, А.А. Гуль, Ю.Т. Клименко [и др.]. – М.: Недра, 1973. – 128 с.

44. ГОСТ Р 57012-2016. Стандартная практика по определению признаков окисления и самовозгорания углей. – Введен 19.07.2016. – М.: Стандартинформ, 2016. – № 854.

45. Давыдов, В.В. Химический способ укрепления горных пород / В.В. Давыдов, Ю.И. Белоусов. – М: Недра, 1977. – 228 с.

46. Дианов, В.М. Поддержание горных выработок в скальных породах на больших глубинах / В.М. Дианов, Ю.Р. Катков. – Апатиты: Изд-во КНЦ АН СССР, 1990. – 112 с.

47. Добавки в бетон: справ. пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди [и др.]; под ред. В.С. Рамачандрана; пер. с англ. под ред. А.С. Болдырева и В.Б. Ратинова. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

48. Дорман, Я.А. Специальные способы работ при строительстве метрополитенов. – М.: Транспорт, 1981. – 302 с.

49. Дуда, Е.Г. Исследование процесса движения цементационных растворов при цементации трещиноватых и трещиновато-пористых горных пород: автореф. дис. … канд. техн. наук. – М., 1976. – 27 с.

50. Дуда, Е.Г. Руководство по производству предварительной цементации горных пород при проходке вертикальных стволов шахт глубиной до 400 – 500 м (временное) / Е.Г. Дуда [и др.]; под общ. ред. Н.Г. Трупака. – Кемерово, КузНИИшахтострой, 1972. – 172 с.

51. Евразийский патент 015486 B1. Способ сооружения шахтной самоуплотняющейся гидроизоляционной перемычки / Усенко В. С., Щербаков Г. А., Шемет С. Ф., Шутин С. Г. (BY); ОАО "Белгорхимпром" (ОАО "Белгорхимпром") (BY). – № 200900720; заявл. 2009.04.24; опубл. 30.08.2011.

52. Евтушенко, В.В. Применение тампонажа закрепного пространства при проведении горных выработок повышает устойчивость крепи // Шахтное строительство. – 1975. – № 6. – С. 23-24.

53. Егошин, В.В. Предупреждение и тушение эндогенных пожаров на шахтах Кузбасса / В.В. Егошин, Е.В. Кухаренко, И.Ф. Александрович. – Кемерово: Кемеров. кн. изд-во, 1994. – 355 с.

54. Ерофеев, Л.М. Инструкция по проектированию крепей капитальных горных выработок для условий угольных шахт Кузбасса / Л.М. Ерофеев, Л.А. Мирошникова – Кемерово, 1978, – 42 с.

55. Ерофеев, Л.М. Повышение надежности крепи горных выработок. / Л.М. Ерофеев, Л.А. Мирошникова. – М.: Недра, 1988. – 248 с.

56. Заславский, И.Ю. Набрызгбетонная крепь / И.Ю. Заславский, А.В. Быков, В.Ф. Компанец. – М.: Недра, 1986. – 198 с.

57. Заславский, И.Ю. Повышение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт / И.Ю. Заславский, В.Ф. Компанец, А.Г. Файвишенко, В.М. Клещенков. – М.: Недра, 1991. – 235 с.

58. Заславский, Ю.З. Инъекционное упрочнение горных пород / Ю.З. Заславский, Е.А. Лопухин, Е.Б. Дружко, И.В. Качан. – М.: Недра, 1984. – 176 с.

59. Заславский, Ю.З. Новые виды крепи горных выработок / Ю.З. Заславский, Е.Б. Дружко. – М.: Недра, 1989. – 256 с.

60. Зубов, В.П. Современные технологии и актуальные проблемы ресурсосбережения при подземной разработке пластовых месторождений полезных ископаемых // Горный журнал. – 2018. – № 6. – С. 7783.

61. Игишев, В.Г. Борьба с самовозгоранием угля в шахтах. – М.: Недра, 1987. – 177 с.

62. Игишев, В.Г. Исследование воздухопроницаемости угольных и породных массивов в местах возведения изолирующих перемычек: дис. канд. техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 1969. – 159 с.

63. Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности: с изменениями от 21.11.2018: № 580. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2018. – Сер. 05. – Вып. 43. – 54 с.

64. Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности: утверждены приказом от 28.11.2014: № 530. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2014.

65. Инструкция по определению инкубационного периода самовозгорания угля: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2013. – Сер. 05. – Вып. 38. – 22 с.

66. Инструкция по предупреждению и тушению подземных эндогенных пожаров в шахтах Кузбасса. – ФГУП РосНИИГД, ФГУП НЦ ВостНИИ. – Кемерово, 2007. – 77 с.

67. Инструкция по предупреждению эндогенных пожаров и безопасному ведению горных работ на склонных к самовозгоранию пластах угля: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утв. приказом Федер. службой по эколог., технолог. и атомн. надзору 16.12.2015. – № 517. – 28 с.

68. Инструкция по предупреждению эндогенных пожаров и безопасному ведению горных работ на склонных к самовозгоранию пластах угля: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2016. – Сер. 05. – Вып. 46. – 56 с.

69. Инструкция по применению схем проветривания выемочных участков шахт с изолированным отводом метана из выработанного пространства с помощью газоотсасывающих установок: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2011. – Сер. 05. – Вып. 21. – 126 с.

70. Калмыков, Е.П. Борьба с внезапными прорывами воды в горные выработки. – М.: Недра, 1973. – 239 с.

71. Камбефор, А. Инъекция грунтов / А. Камбефор; пер. с фр. Р.Б. Казаковой и В.Б. Хейфеца. – М.: Энергия, 1971. – 190 с.

72. Картозия, Б.А. Строительство горных выработок в сложных горнотехнических условиях: Справочник / Б.А. Картозия, В.А. Пшеничный, И.Г. Косков [и др.]; под ред. БА. Картозия. – М.: Недра, 1992. – 320 с.

73. Картозия, Б.А. Теоретические основы крепления горных выработок крепью регулируемого сопротивления / Б.А. Картозия, В.А. Пшеничный // Специальные способы строительства подземных сооружений и шахт. – М.: Изд-во МГИ, 1984. – 600 с.

74. Картозия, Б.А. Шахтное и подземное строительство: в 2 т.: учебник для вузов / Б. А. Картозия, Б.И. Федунец, М.Н. Шуплик [и др.]. – М.: Изд-во МГГУ, 3-е изд., перераб. и доп., 2003. – 2 т. – 815 с. – 732 с.

75. Касьян, Н.Н. Шахтные испытания нового способа упрочнения горного массива / Н.Н. Касьян, О.Г. Худолей, В.И. Лысенко // Уголь Украины. – 1995. – № 2. – С. 15-18.

76. Качан, И.В. Исследование и совершенствование способа упрочнения пород с целью повышения устойчивости горных выработок: автореф. дис...канд. техн. наук. – Л., 1980. –16 с.

77. Кипко, Э.Я. Исследование тампонажа трещиноватых горных пород при сооружении капитальных горных выработок: автореф. дис... докт. техн. наук. – М., 1973. – 28 с.

78. Кипко, Э.Я. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт / Э.Я. Кипко, Ю.А. Полозов, О.Ю. Лушникова, В.А. Лагунов. – М.: Недра, 1984. – 280 с.

79. Кипко, Э.Я. Тампонаж обводнённых горных пород: справочное пособие / Э.Я. Кипко, Ю.А. Полозов, О.Ю. Лушникова [и др.]. – М.: Недра, 1989. – 318 с.

80. Кирсанов, Е.А. Неньютоновское поведение структурированных систем / Е.А. Кирсанов, В.Н. Матвеенко // Москва: Техносфера, 2016. – 384 с.

81. Комаров, Г.И. Исследование и совершенствование предварительной цементации водоносных горных пород при проходке шахтных стволов в ус¬ловиях Кузбасса: автореф. дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 1976. – 22 с.

82. Кондратов, А.Б. Исследование и прогнозирование основных физико-механических свойств породного массива при его инъекционном упрочнении / А.Б. Кондратов, А.А. Барях // ФТПРПИ. – 1981. – № 5. – С. 6-14.

83. Кондратов, А.Б. Исследование метода повышения устойчивости выработок последующим тампонажем пород: автореф. дис... канд. техн. наук. – Л., 1976. – 20 с.

84. Корецкий, Б.А. Исследование и выбор оптимальных параметров и схем предварительной цементации пород при проходке стволов шахт в условиях Кузбасса: автореф. дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 1970. – 23 с.

85. Коробкин, С.Г. Разработка технологических параметров способа предотвращения пучения почвы капитальных выработок разгрузкой и упрочнением пород: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 1989. – 13 с.

86. Крайнов, А.Ю. Газодинамический метод расчета взрывобезопасных расстояний с учетом взрывозащитных сооружений / Крайнов А.Ю., Палеев Д.Ю., Лукашов О.Ю., Васенин И.М., Шрагер Э.Р. // Сборнике: XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. – Сборник трудов в 4-х томах. – 2019. – С. 381-383.

87. Кузьмин, Е.В. Упрочнение горных пород при подземной добыче руд. – М.: Недра, 1991. – 253 с.

88. Куликов, Ю.Н. Основы проектирования тампонажных растворов // Строительство шахт, рудников и подземных сооружений: межвуз. науч.-темат. сб. / Свердлов. горн. ин-т. – 1982. – Вып. 6. – С. 83-88.

89. Лагунов, В.А. Исследование влияния деформационного поведения горного массива на процесс тампонажа трещиноватых горных пород: автореф. дис... канд.. техн. наук. – Днепропетровск, 1980. –28 с.

90. Левин, Л.Ю. Расчет устойчивости воздушных потоков в выработках шахтных вентиляционных сетей по фактору тепловой депрессии / Л.Ю. Левин, Д.Ю. Палеев, М.А. Семин // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2020. – № 1. – С. 81-85.

91. Ли, Х.У. Факторы, определяющие формирование метаноопасных зон в угольных шахтах/ Х.У. Ли, В.Б. Попов, А.М. Ермолаев, Ю.М. Филатов, А.Ф. Павлов // Уголь. – 2016. – № 7 (1084). – С. 47-51.

92. Литвин, А.З. Проходка стволов шахт специальными способами / А.З. Литвин, Н.М. Поляков – М: Недра, 1974. – 328 с.

93. Литвинский, Г.Г. Монолитная оболочка выработки из разгруженных и упрочненных пород // Шахтное строительство. – 1981. – № 12. – С. 17-20.

94. Литовченко, В.Н. Предварительный тампонаж крупных карстовых пустот при сооружении вертикальных горных выработок на примере Добруджанского угольного месторождения НРБ: автореф. дис... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1984. – 19 с.

95. Логачев, Н.Т. Влияние потока воды в трещине на цементацию и размыв цементного осадка / Н.Т. Логачев, ЮА. Максимчук // Шахтное строительство. – 1985. – № 4. – С. 28-29.

96. Логачев, Н.Т. Исследование и совершенствование способа предварительной цементации водоносных пород при проходке шахтных стволов: автореф. дис… канд. техн. наук. – М.: Недра, 1970. – 18 с.

97. Ломизе, Г.М. Фильтрация в трещиноватых породах / Г.М. Ломизе. – М.: Госэнергоиздат, 1951. – 127 с.

98. Лукашов, О.Ю. Исследование волновых эффектов, возникающих при распространении ударных волн по разветвленной сети горных выработок: дис. ... канд. физ.-мат. наук. – Томск: ТГУ, 2003. – 141 с.

99. Лушникова, О.Ю. Контроль и управление процессами водоизоляции подземных сооружений при тампонажных работах: автореф. дис... докт. техн. наук. – М., 1986. – 29 с.

100. Лушникова, О.Ю. Теоретические аспекты оценки эффективности протяженных противофильтрационных завес вокруг карьеров / О.Ю. Лушникова, Г.Ф. Шилин // Изв. вузов. Горный журнал. – 1992. – № 2. – С. 14 – 18.

101. Майоров, А.Е. Исследование процессов деформирования и фильтрационных свойств твердых частиц суспензии и сыпучего материала при упрочнении горных пород цементацией и предварительно напряженными анкерами // ФТПРПИ. – 2010. – № 2. – С. 82-90.

102. Майоров, А.Е. Исследование физико-механических характеристик горных пород и специализированных материалов для технологий строительства, реконструкции и безопасной эксплуатации угольных шахт / А.Е. Майоров, И.Л. Абрамов, Е.И. Нургалиев // Вестник НЦ ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2017. – № 3. – С. 36-43.

103. Майоров, А.Е. Консолидирующее крепление горных выработок / А.Е. Майоров, В.А. Хямяляйнен; науч. ред. В.А. Хямяляйнен; Сиб. отд-ние РАН, КемНЦ. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 260 с.

104. Майоров, А.Е. Обоснование и разработка технологии анкер-инъекционного крепления капитальных выработок с использованием цементных растворов и сыпучего заполнителя: дис. д-ра техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 294 стр.

105. Майоров, А.Е. Состояние изоляции горных выработок шахт Кузбасса / А.Е. Майоров Д.Ю. Палеев // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2019. – №3. – С 60-65.

106. Майоров, А.Е. Фильтрационное течение и приливы плотности дисперсной фазы при заполнении трещин горных пород цементным раствором / А.Е. Майоров, В.А. Хямяляйнен // Изв. вузов. Горный журнал. – 2010. – № 4. – С. 105–110.

107. Максимов, А.П. Тампонаж горных пород / А.П. Максимов, В.В. Евтушенко. – М.: Недра, 1978. – 180 с.

108. Малинин, А.Г. Обоснование параметров инъекционного упрочнения рыхлых (несвязных) пород скрепляющими составами: автореф. дис... канд. техн. наук. – Тула, 1986. – 17 с.

109. Малкин, А.Я. Реология: концепции, методы, приложения / А.Я. Малкин, А.И. Исаев; пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2007. – 560 с.

110. Мамонтов, Н.В. Борьба с подземными водами при проведении горных выработок / Н.В. Мамонтов, Ю.А. Веселов, В.А. Рыбачук. – Киев: Техника, 1988. – 152 с.

111. Миликулов, А.Д. Методика расчета параметров тампонажной гидроизоляционной завесы коллекторных тоннелей. Строительство подземных сооружений и шахт. – М.: МГИ, 1978. – С. 84-87.

112. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: Изд-во асс. строительных вузов, 2006. – 368 с.

113. Мошев, В.В. Реологическое поведение концентрированных неньютоновских суспензий / В.В. Мошев, В.А. Иванов. – М.: Наука, 1990. – 87 с.

114. Наказная, Л.Г. Фильтрация жидкости и газа в трещиноватых коллекторах / Л.Г. Наказная. – М.: Недра, 1972. – 179 с.

115. Насберг, В.М. Фильтрационные расчеты туннелей и шахт при наличии вокруг них цементации / В.М. Насберг, В.Ф. Илюшин // Гидротехническое строительство. – 1973. – № 2. – С. 34-39.

116. Насонов, И.Д. Технология строительства горных предприятий: учеб. для вузов / И.Д. Насонов, М.Н. Шуплик, В.И. Ресин – М.: Недра, 1990. – 351 с.

117. Невилль, А.М. Свойства бетона / перевод с англ.; научн. ред. д-р техн. наук Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1972. – 344 с.

118. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука, 1987. – Ч. 1. – 464 с.

119. Нигматулин, Р.И. Динамика многофазных сред / Р.И. Нигматулин. – М.: Наука, 1987. – Ч. 2. – 360 с.

120. Нургалиев, Е.И. Диагностика и контроль состояния нарушенного приконтурного массива пород при возведении и эксплуатации безврубовых перемычек / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016: материалы XVI международной научно-практической конференции, 23-24 ноября 2016 г., Кемерово; секц. 9. – [Эл. ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачёва»; отв. редактор А.А. Хорешок. – Кемерово, 2016. – http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/materials/pages/Articles/fizicheskie_processy_gornogo_i_neftegazovogo_proizvodstva/119.pdf.

121. Нургалиев, Е.И. Диагностика, контроль и упрочнение нарушенного приконтурного массива пород при возведении взрывоустойчивых безврубовых перемычек / Ежегодная конференция молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН «Развитие–2016» [Электронный ресурс]: сборник трудов конференции 11 – 13 мая 2016 г. – Электронные текстовые дан. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2016. – С. 63-72. – ISBN 978-5-902305-48-4. – http://www.coal.sbras.ru.

122. Нургалиев, Е.И. Концепция технологии инъекционной цементации нарушенного приконтурного массива пород изолирующих сооружений горных выработок / Ежегодная конференция молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН «Развитие–2017» [Электронный ресурс]: сборник трудов конференции 16 – 18 мая 2017 г. – Электронные текстовые дан. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2017. – С. 128-135. – ISBN 978-5-902305-50-7. –http://www.coal.sbras.ru.

123. Нургалиев, Е.И. Опыт комплексной изоляции горных выработок шахт Распадской угольной компании. Шахта «Распадская-Коксовая» – часть I / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров, А.А. Черепов // Уголь. – 2019. – №2. – С 25-30. – DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-2-25-30.

124. Нургалиев, Е.И. Параметры противофильтрационных завес вокруг изоляционных сооружений / Ежегодная конференция молодых ученых ФИЦ УУХ СО РАН «Развитие–2018» [Электронный ресурс]: сборник трудов конференции 10 – 12 апреля 2018 г. – Электронные текстовые дан. – Кемерово: ФИЦ УУХ СО РАН, 2018. – С. 41-52. – ISBN 978-5-902305-51-4. – http://www.coal.sbras.ru.

125. Нургалиев, Е.И. Реологические характеристики специализированных цементных смесей для комплексной изоляции горных выработок / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2018. – № 4. – С. 56–64. – DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-56-64.

126. Нургалиев, Е.И. Технологические схемы возведения изоляционных сооружений горных выработок угольных шахт / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров // Уголь. – 2018. – № 11. – С. 10-17. – DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2018-11-00-00.

127. Нургалиев, Е.И. Технология возведении монолитных взрывоустойчивых безврубовых перемычек с применением минеральной смеси «УГМ» / Ежегодная молодёжная конференция ИУ СО РАН – 2015 [Электронный ресурс]: сборник трудов конференции 16-17 апреля 2015 г. – Электронные текстовые дан. – Кемерово: Институт угля СО РАН, 2015. – С. 59-70. – ISBN 978-5-902305-46-0. –http://www.coal.sbras.ru.

128. Нургалиев, Е.И. Технология инъекционной цементации нарушенной приконтурной зоны безврубовых перемычек горных выработок / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016: материалы XVI международной научно-практической конференции, 23-24 ноября 2016 г., Кемерово; секц. 9. – [Эл. ресурс] / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачёва»; отв. редактор А.А. Хорешок. – Кемерово, 2016. – http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/Sibresource/2016/materials/pages/Articles/fizicheskie_processy_gornogo_i_neftegazovogo_proizvodstva/120.pdf.

129. Нургалиев, Е.И. Технология ликвидации «куполов» с упрочнением приконтурной зоны минеральной смесью УГМ-Р. Опыт внедрения на ЗАО «Шахта «Костромовская» / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров, Е.Ю. Розонов // Уголь. – 2013. – № 7. – С. 28-30.

130. Нургалиев, Е.И. Технология скоростного возведения высокопрочных безврубовых перемычек с использованием специализированных цементных смесей / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров, Г.Н. Роут // Уголь. – 2014. – № 6. – С. 20-23.

131. Нургалиев, Е.И. Физико-механические характеристики специализированных цементных смесей для комплексной изоляции горных выработок / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров // Вестн. Кузбас. гос. техн. ун-та. – 2018. – № 4. – С. 50–55. – DOI: 10.26730/1999-4125-2018-4-50-55.

132. Нургалиев, Е.И. Эффективные технологии упрочнения массива для проезда очистного комплекса через горные выработки / Е.И. Нургалиев, В.Н. Шмат, А.Е. Майоров // Уголь. – 2013. – №10. – С. 16-19.

133. Освоение подземного пространства. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве: СТО Нострой 2.3.18-2011 / разраб. фил. ОАО ЦНИИС «Научно-иссл. центр «Тоннели и метрополитены»; утв. Советом Национ. объедин. строителей 05.12.2011; протокол № 22. – Москва: ООО «Издательство «БСТ», 2012. – 73 с.

134. Палеев, Д.Ю. Активное воздействие на взрывоопасные области и очаги горения в угольных шахтах и его математическое обоснование: дис ... д-ра техн. наук. – Томск: ТГУ, 2000. – 269 с.

135. Пампура, В. М. Обоснование параметров технологии тампонажа неоднородных по проницаемости горных пород вокруг капитальных выработок: дис. … канд. техн. наук. – Кемерово: КузГТУ, 2001. –141 с.

136. Панкратенко А.Н. Определение напряжённо-деформированного состояния породного массива в окрестности подземного сооружения с анкерно-бетонной крепью / Панкратенко А.Н., Плешко М.В., Насонов А.А. // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3 (46). С. 108.

137. Панкратенко А.Н. Исследование расчета многослойной крепи тоннелей, сооружаемых в технологически неоднородном массиве пород // Панкратенко А.Н., Нгуен З.Ф., Саммаль А.С., Нгуен С.М. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S13. С. 3-12.

138. Парфенов, А.П. Строительство гидроизоляционных перемычек в калийных рудниках Прикарпатья // Шахтное стр-во. – 1989. – № 7. – С. 24-25.

139. Пат. 2171894 Российская Федерация, МПК E 21 D 9/00. Способ проходки горных выработок в сложных горно-геологических условиях / Понасенко Л.П., Бурков Ю.В., Франкевич Г.С., Богатырев В.Д., Помпура В.М., Хямяляйнен В.А. заявитель и патентообладатель ОАО Кузб науч.-иссл. ин-т шахт. строительства «Кузниишахтострой». – № 99110655/03; заявл. 21.05.1999; опубл. 10.08.2001, Бюл. № 22. – 8 с.: ил.

140. Пат. 2230908 РФ. Способ снижения фильтрационных свойств изолирующих сооружений / Попов В.Б., Скрицкий В.А., Федорович А.П., Син

А.Ф., Чубаров Б.В., Мячин В.В. Заявка № 2002112353/03 от 07.05.2002.

141. Пат. 2283959 Российская Федерация, МПК E 21 D 20/00, E 21 D 11/00. Способ крепления горных выработок / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2004127779/03; заявл. 20.09.2004; опубл. 20.09.2006, Бюл. № 26. – 8 с.: ил.

142. Пат. 2320875 Российская Федерация, МПК E 21 D 21/00. Способ крепления горных выработок и устройство для его осуществления / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2006132158/03; заявл. 06.09.2006; опубл. 27.03.2008, Бюл. № 9. – 9 с.: ил.

143. Пат. 2321749 Российская Федерация, МПК E 21 D 21/00. Анкер / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2006135582/03; заявл. 09.10.2006; опубл. 04.10.2008, Бюл. №10. – 6 с.: ил.

144. Пат. 2337241 Российская Федерация, МПК E 21 D 11/00. Способ цементации трещиноватых горных пород / В.А.Хямяляйнен, А.Е.Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2007108647/03; заявл. 07.03.2007; опубл. 27.10.2008, Бюл. № 30. – 6 с.: ил.

145. Пат. 2387838 Российская Федерация, МПК E 21 D 1/16, E 21 D 9/00, E 02 D 3/12. Способ упрочнения трещиноватых горных пород / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель ГУ КузГТУ. – № 2008152490/03; заявл. 29.12.2008; опубл. 27.04.2010, Бюл. № 12. – 5 с.

146. Пат. 2677186 РФ, МПК E21F 15/04. Способ возведения шахтных перемычек / Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров; заявитель и патентообладатель Е.И. Нургалиев, А.Е. Майоров. – № 2017139715/03; заявл. 14.11.2017; опубл. 15.01.2019, Бюл. № 2. – 8 с.

147. Пат. 2677722 РФ, МПК E21D 11/38, E21F 17/103. Способ тампонажа приконтурного массива пород шахтных перемычек / Е.И. Нургалиев; заявитель и патентообладатель Е.И. Нургалиев. – № 2018107023/03; заявл. 26.02.2018; опубл. 21.01.2019, Бюл. № 3. – 8 с.: ил.

148. Пат. 2679212 РФ, МПК E21D 11/10. Способ возведения консолидирующей изоляционной системы «перемычка-тампонажная завеса» /

Е.И. Нургалиев; заявитель и патентообладатель Е.И. Нургалиев. – № 2018114618/03(022875); заявл. 19.04.2018; опубл. 06.02.2019, Бюл. № 4. – 10 с.: ил.

149. Пат. 2190100 РФ. Взрывоустойчивая перемычка / Горбатов В.А., Субботин А.И., Игишев В.Г., Попов В.Б., Игишева А.А. – № 2000128980/03; заявл. 20.11.2000; опубл. 27.09.2002; Бюл. № 27.

150. Пат. 2436963 РФ. Передвижная перемычка для создания закладочного массива в подземных горных выработках / Зубов В.П., Овчаренко Г.В. Заявка № 2010114670/03 от 13.04.2010.

151. Пат. 2459085 РФ. Способ изоляции аварийного участка при подземной разработке угольных пластов / Зубов В.П., Овчаренко Г.В. Заявка № 2010148178/03 от 25.11.2010.

152. Пат. 2484254 РФ Способ возведения закладочной перемычки в горной выработке / Зубов В.П., Овчаренко Г.В. Заявка № 2011154648/03 от 30.12.2011.

153. Пат. 2503817 РФ, E21F 15/02, E21F 17/103. Способ возведения безврубовой перемычки в штольне, пройденной в склоне горы / Зубов В.П., Овчаренко Г. В.; № 2012130541/03; заявл. 17.07.2012; опубл. 10.01.2014. – Бюл. № 1.

154. Пат. 2593441 РФ. способ определения термостойкости углей / Новиков Е.А., Ошкин Р.О., Шкуратник В.Л., Эпштейн С.А. Заявка № 2015120407/28 от 29.05.2015. Опубл. 10.08.2016.

155. Патент на полезную модель 23916 РФ. Устройство взятия вруба и разрушения изолирующих перемычек в шахте / Чуприков А.Е., Чубаров Б.В., Попов В.Б. Заявка № 2001123894/20 от 29.08.2001.

156. Патент на полезную модель 60138 РФ. Мешок для безопалубочного возведения шахтных перемычек / Игишев В. Г., Федорович А. П., Кондаков В. М.; ООО «Кузбассгорноспасатель». – № 2006119109/22; заявл. 31.05.2006; опубл. 10.01.2007, Бюл. № 1.

157. Першин, В.В. Интенсификация строительства вертикальных стволов на угольных шахтах / В. В. Першин, А. Н. Садохин, В. М. Удовиченко. Томск : Издательство ТГУ, 1994. – 161 с.

158. Положение об аэрогазовом контроле в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2012. – Сер. 05. – Вып. 23. – 110 с.

159. Полозов, Ю.А. Методика расчета параметров водоподавления в пористых породах / Шахтное строительство. – 1989. – № 9. – С. 14-16.

160. Понасенко, Л.П. Обоснование и разработка технологии комбинированного тампонажа обрушенных горных пород при строительстве капитальных выработок: дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 1999. – 143 с.

161. Пониматкин, П.У. О глубине и давлении укрепительной цементации в напорных туннелях / Гидротехническое строительство. – 1971. – № 6. – С. 12-16.

162. Пониматкин, П.У. О глубине цементации в напорных туннелях с тонкой обделкой / Гидротехническое строительство. – 1973. – № 1. – С. 19-23.

163. Попов, А.В. Разработка тампонажных растворов для водоизоляции капитальных горных выработок в сложных горно-геологических условиях: автореф. дис... канд. техн. наук. – Тула, 1984. – 23 с.

164. Попов, В.Б. Организация проветривания угольных шахт в аварийных ситуациях / В.Б. Попов, Х.У. Ли, В.Г. Игишев // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2016. – № 4. – С. 62-65.

165. Попов, И.В. Разработка технологии сооружения водоизоляционных завес в трещиновато-пористых горных породах при строительстве шахтных стволов: автореф. дис... канд. техн. наук. – Тула, 1984. – 22 с.

166. Портландцемент (минералогический и гранулометрический составы, процессы модифицирования и гидратации) / Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. – М.: Стройиздат, 1974. – 328 с.

167. Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. – Сер. 05. – Вып. 40. – 196 с.

168. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: федер. нормы и правила в обл. промышл.: с изменениями от 21.11.2018: № 580. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2018.

169. Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых: федер. нормы и правила в обл. промышл. безопасности: утвержден 11.12 2013, № 599: изменен 21.11.2018: действ. редакция с 17.03.2019. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2019.

170. Рац, М.В. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород / М.В. Рац, С.Н. Чернышев. – М.: Недра, 1970. – 160 с.

171. Ржаницин, Б.А. Химическое закрепление фундаментов в строительстве. – М: – Стройиздат, 1986. – 264 с.

172. Ровинский, Л.А. Седиментация суспензий / Ровинский Л.А. – М.: Компания Спутник+, 2003. – 55 с.

173. Росстальной, Е.Б. Совершенствование технологии тампонажа закрепных пустот капитальных выработок угольных шахт: автореф. дис... канд. техн. наук. – Кемерово, 2008. – 20 с.

174. Руководство по определению коэффициента фильтрации водоносных пород методом опытной откачки – П717-80: ин-т «Гидропроект имени С.Я. Жука». – М. Энергоиздат, 1981.

175. Руководство по определению нарушенности пород вокруг выработок реометрическим методом / И.А. Турчанинов, А.А. Козырев, З.В. Каспарьян; АН СССР, Кол. фил. горно-мет. ин-т. – Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1971. – 44 с.

176. Руководство по предотвращению пучения почвы и повышению устойчивости горных выработок активной разгрузкой и последующим упрочнением пород (АРПУ): утв. 17.06.1985. – Коммунарский горно-металлургический институт (КГМИ), 1985.

177. Руководство по применению крепей, использующих несущую способность упрочнённого массива / МакИСИ. – Макеевка, 1984. – 69 с.

178. Саламатов, МА. Основные закономерности течения тампонажных растворов в трещиноватых горных породах // Изв. вузов. Горн. журн. – 1975. – № 8. – С. 25-30.

179. Спичак, Ю.Н. Новая методика расчета процесса упрочнения и тампонажа обводнённых тектонических нарушений при ведении проходческих и очистных работ // Шахтное строительство. – 1988. – № 10. – С. 18 – 20.

180. Справочник по сооружению шахтных стволов специальными способами / В.В. Давыдов [и др.]; под общ. ред. Н.Г. Трупака. – М.: Недра, 1980. – 390 с.

181. Сыркин, П.С. Разработка и обоснование технологии тампонажа горных пород цементацией при строительстве капитальных выработок: автореф. дис... докт. техн. наук. – Кемерово, 1996. – 35 с.

182. Теория цемента / Под. ред. А.А. Пащенко. – К.: Будівельник, 1991. – 168 с.

183. Технологические схемы комбинированного тампонирования для предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций при проходке и эксплуатации горных выработок. – Кемерово: КузНИИшахтострой, 2001. – 94 с.

184. Технологические схемы предварительного тампонирования водоносных горных пород при сооружении вертикальных стволов шахт / КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1979. – 77 с.

185. Технологические схемы упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений / КузНИИшахтострой. – Кемерово, 1980. – 68 с.

186. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.

187. Технология строительства подземных сооружений: Специальные способы строительства: учебник для вузов / И. Д. Насонов, В. И. Ресин,

М. Н. Шуплик, В. А. Федюкин. – М. : Изд-во Академии горных наук. 1998. – 3-е изд., перераб. и доп. – 375 с.

188. Титков, Н.И. Технология цементирования нефтяных скважин / Н.И. Титков, Н.С. Дон. – М.: Гостоптехиздат, I960. – 230 с.

189. Токарев, О.С. Способ оперативного управления распределением воздушных потоков и аэродинамических напоров в системе горных выработок угольных шахт / О.С. Токарев, В.Б. Попов, А.С.Голик, Х.У. Ли, А.С. Ярош // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2018. – № 4. – С. 31-38.

190. Трупак, Н.Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле / Н.Г. Трупак. – М.: Мегаллургиздат, 1956. – 420 с.

191. Турчанинов, И.А. Руководство по определению нарушенности пород вокруг выработок реометрическим методом / И.А. Турчанинов, А.А. Козырев, З.В. Каспарьян // АН СССР, Кол. фил. горно-мет. ин-т. – Апатиты: Изд. Кольского филиала АН СССР, 1971. – 44 с.

192. Угляница, А.В. Цементация трещиноватых пород в условиях подготовительных горных выработок / А. В. Угляница, В. В. Першин. – Кемерово, 1998. – 220с.

193. Уилкинсон, У.Л. Неньютоновские жидкости. Гидромеханика, перемешивание и теплообмен / У.Л. Уилкинсон. – М.: Мир, 1964. – 194 с.

194. Физико-технические основы водоугольного топлива / В.И. Мурко, В.И. Федяев, В.А. Хямяляйнен; под. общ. ред. В.И. Мурко; РАЕН; ГУ КузГТУ. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2009. – 195 с.

195. Фишман, Г. Технология изготовления несущих элементов легких конструкционных бетонов. дисс. …д-ра техн. наук по спец. 05.23.08 – технология и организация промышленного и гражданского строительства; технический университет. – Молдова, 2006.

196. Фортье, А. Механика суспензий / А. Фортье; пер. с франц. – М.: Мир, 1971. – 167 с.

197. Фрянов, В.Н. Обоснование параметров технологии подготовки и

отработки мощных пологих пластов / В.Н. Фрянов, А.В. Чубриков. – Новокузнецк: СибГИУ, 2002. – 216 с.

198. Фрянов, В.Н. Расчет геомеханических параметров сопряжений горных выработок / В. Н. Фрянов, Т. В. Петрова, В. Г. Лаврик, С. Р. Ногих. – Новокузнецк: СибГИУ, 1998. – 157 с.

199. Хачикян, Г.Г. О величине давления укрепительной цементации в напорных туннелях гидротехнического строительства / Гидротехническое строительство. – 1970. – № 8. – С. 27-32.

200. Хачикян, Г.Г. О глубине укрепительной цементации в напорных гидротехнических туннелях / Гидротехническое строительство. – 1964. – № 12. – С. 19-23.

201. Ходаков, Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Российский химический журнал (журн. Рос. хим. о-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 2. – С. 33-44.

202. Ходаков, Г.С. Седиментационный анализ высокодисперсных систем / Г.С. Ходаков, Ю.П. Юдкин. – М.: Химия, 1981. – 102 с.

203. Хямяляйнен, В. А. Развитие инъекционных способов уплотнения массивов горных пород в Кузбассе // Вестник КузГТУ. – 2015. – №. 5 (111). – С. 25-32.

204. Хямяляйнен, В.А. Возведение противофильтрационных завес вокруг водоупорных перемычек / В.А. Хямяляйнен, Г.С. Франкевич, В.А.Жеребцов, [и др.]: РАЕН. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2000. – 119 с.

205. Хямяляйнен, В.А. Возведение тампонажно-дренажных завес / В.А. Хямяляйнен, С.Л. Понасенко, И.А. Поддубный [и др.]: РАЕН. – Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2003. – 138 с.

206. Хямяляйнен, В.А. Моделирование процесса инъектирования цементных растворов в породный массив // ФТПРПИ. – 1992. – № 5. – С. 37-44.

207. Хямяляйнен, В.А. Особенности течения цементационных растворов при упрочнении трещиноватых горных пород / В.А. Хямяляйнен, А.Е. Майоров

// Горный информационно-аналитический бюллетень (Неделя горняка-2010). – 2010. – № 10. – С. 199–205.

208. Хямяляйнен, В.А. Оценка влияния отходов углеобогащения на физико-механические свойства тампонажных растворов и параметры технологии цементации / В.А. Хямяляйнен, М.А. Баев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №. 4. – С. 247-253.

209. Хямяляйнен, В.А. Разрушение и тампонаж пород в сейсмически активных условиях метаноугольных месторождений / В.А. Хямяляйнен, В.В. Иванов, В.И. Мурко [и др.]; под общ. ред. В.А. Хямяляйнена; КузГТУ. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2014. – 256 с.

210. Хямяляйнен, В.А. Управление процессом формирования цементационных завес вокруг капитальных горных выработок: автореф. дис... докт. техн. наук. – Кемерово, 1992. – 35 с.

211. Хямяляйнен, В.А. Физико-химическое укрепление пород при сооружении выработок / В.А. Хямяляйнен, В.И. Митраков, П.С. Сыркин. – М.: Недра,1996. – 352 с.

212. Хямяляйнен, В.А. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок / В.А. Хямяляйнен, Ю.В. Бурков, П.С. Сыркин. – М.: Недра, 1994. – 400 с.

213. Хямяляйнен, В.А. Цементация слоистых пород / В.А. Хямяляйнен, А.В. Угляница; РАЕН. – Кемерово: КузГТУ, 2000. – 218 с.

214. Хямяляйнен, В.А. Экспериментальные исследования физико-механических свойств тампонажных растворов на основе цемента и отходов углеобогащения / В.А. Хямяляйнен, М.А. Баев // Вестник КузГТУ. – 2013. – № 6. – С. 12-19.

215. Цзяо, Ви-го. Теория и практика инъекционного упрочнения пород в пластовых выработках угольных шахт / Цзяо Ви-го, Пань Чжун-минь, А.В. Угляница // Кемерово: КузГТУ, 2003. – 224 с.

216. Черепов, А.А. Геомеханическое обоснование параметров систем

разработки короткими забоями склонных к горным ударам мощных угольных пластов: дис... канд. техн. наук. –. – Кемерово: КузГТУ, 2018. – 135 с.

217. Черняк, И.Д. Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М.: Недра, 1993. – 256 с.

218. Швец, В.Б. Усиление и реконструкция фундаментов / В.Б. Швец, В.И. Феклин, Л.К. Гинзбург. – М.: Стройиздат, 1985. – 204 с.

219. Шрамм, Г. Основы практической реологии и реометрии / Г. Шрам; пер. с англ. И.А. Лавыгина; под ред. В.Г. В.Г. Куличихина. – М.: КолосС, 2003. – 312 с.

220. Штумпф, Г.Г. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров: справочник. – М.: Недра, 1994. – 447 с.

221. Ютяев, Е.П. Обоснование технологии интенсивной подземной разработки высокогазоносных угольных пластов: дис… докт. техн. наук, Кемерово: КузГТУ, 2019. – 461 с.

222. Atzeni, Crillo. Model for the Thixotropic Behavior of Cement Pastes. Модель тиксотропного поведения цементного теста / Atzeni Crillo, Maseldda Lurgi, Sanna Ulrico // Ind. and Eng. Chem. Prod. Res. and Dev. – 1986. – № 3. – P. 499-504.

223. Busch, K. Beitrag zur Lozung von Grundwasserstrom gangsprobleraen durch physikalisch annliche Modellversuche // Bergbautechnik. – Leipzig. – 1968. – Helf 2.

224. Collepardi, M. The Influence of Admixtures on Concrete Rheological Properties. Влияние добавок на реологические свойства бетона // II Cemento. – 1982. – № 4. – P. 217-242.

225. Graham, B. Wallis. Одномерные двухфазные течения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 440 с.

226. 226. Govorukhin, Y. Numerical Studies of the Aerodynamic Features of Dead-end Entries with Side Junction / Yu. Govorukhin, V. Krivolapov, Dm. Paleev,

V. Portola // E3S Web of Conferences 174, 01057 (2020). Vth International Innovative Mining Symposium.

227. Han Lijun, Ii Gongyou. Study on Support Test in Mining Roadway With Very Unstable Strata / Coal Science and Technology (China). – 1997. – 2. – P. 22-26.

228. Hogan, F.J. Evaluation for Durability and Strength Development of a Ground Granulated Blast Furnace Slag / F.J. Hogan, J.W. Meusel // Cements, Concrete and Aggregates. – 1981. – V. 3. – № 1. – P. 40-52.

229. Ii, Gongyou. Desing and Application of Cement Grouting and Bolt Support System / Mine Construction Technologi (China). – 1996. – 4. – P. 45-48.

230. Kakuta, S. Evaluation of Viscosity of Cement Paste. Оценка вязкости цементного теста / S. Kakuta, T. Akashi // Rev. 32nd Gen. Meet. Cem. Assoc. Jap. Techn. Sess., Tokyo, 1978, Synopses. – Tokyo. – 1978. – P. 53-54.

231. Kakuta, S. Evaluation of Viscosity of Fresh Concrete. Оценка вязкости бетонной смеси / S. Kakuta, M. Fujii, T. Akashi // Rev. 33nd Gen. Meet. Cem. Assoc. Jap. Techn. Sess., Tokyo, 1979, Synopses. –Tokyo. – 1979. – P. 129-131.

232. Kaminsky V.A., Epshtein S.A., Obvintseva N.Y. The estimation of the kinetic parameters of low-temperature coal oxidation aims Energy. – 2017. – T. 5. – № 2. – P. 163-172. (AIMS).

233. Khyamyalyainen, V.A. Parameters of antifiltering screens, which are around underground isolating structures / V.A. Khyamyalyainen, E.I. Nurgaliev, A.E. Mayorov // IIIrd International Innovative mining symposium. Section environment saving mining technologies. Kemerovo, Russian Federation, October 3-5, 2018. E3S Web of Conferences 41, 01008 (2018). EDP Sciences, published online 26 June 2018, Number of page(s) 6. DOI https://doi.org/10.1051/e3sconf/ 20184101008 (Scopus).

234. Kynch, G.J. Trans. Faraday Soc. – 1952. – V. 48. – P. 166-176.

235. Lane, R.O. Properties and Use of Fly Ash in Portland Cement Concrete / R.O. Lane, J.F. Best // Concrete International. – 1982. – V. 4. – № 7. – P. 81-92.

236. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. «Modern American coal mining: methods and applications» / edited by Christopher J. Bise. pages cm.

Includes bibliographical references and index. 2013. – 576 p. ISBN 978-0-87335-352-6. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME) 12999 East Adam Aircraft Circle/ Englewood, Colorado 80112/ www.smenet.org

237. Luthke, J. und and. Erfahrungen mit der zirkulierenden Injektion Langcr Bohrlochabschnitte aus ingenieurgeologischer Sicht // Neue Bergbau-technik. – Leipzig. – 1973. – Helf 4.

238. Markkraf, H. Die zirkulierende Injection langer Bohrlochabschnitte - ein Behrag zur Leistungs-steigerang beim Herstellen von Dichtungsschleiern im Felsgestein// Neue Bergbautechnik. – Lcipzig. – 1973. – Helf 4.

239. Massazza, F. Rheological Problems Related to the use of Cement. Реологические проблемы цементных бетонов / F. Massazza, U. Costa // Cemento. – 1982. – № 4. – P. 217-242.

240. Nash, W.R. Grouting in Underground Mine Construction / Mining Engineering. – 1984. – 3. – P. 248-250.

241. Okada, Kiyoshi. Fracture Process of Concrete in Compression. Процесс разрушения бетона при сжатии / Okada Kiyoshi, Koyanagi Wataru, Rokugo Keitetsu // Proc. 2nd Int. Conf. Mech. Behav. Mater. Boston, Mass., – 1976. – S. l. – P. 1358-1362.

242. Older, I. Rheological Properties of Cement Pastes. Реологические свойства цементного теста / I. Older, T. Becker, B. Weiss // Cemento. – 1978. – № 3. – P. 303-310.

243. Portola, V. Detection and location of places of spontaneous combustion of coal in mines due to gas anomalies on the earth's surface / V. Portola, A. Bobrovnikova, G. Shirokolobov, Dm. Paleev // E3S Web of Conferences 174, 01061 (2020). Vth International Innovative Mining Symposium.

244. Rendchen, K. Einfluβ Verschiedener Zemente auf das Fliebverhalten und die Stabilitat von Zementsuspensionen. Влияние различных цементов на текучесть и стабильность цементных суспензий. // Betontechn. Ber. – 1976. – S. 123-133. – 1.218.

245. Reuter, F. Injektionen zur Verbesserung von Baugrund und Bauwerk -eine Bewertung des gegenwartigen Entwicklangesstandes / Neue Bergbautechnik.-Leipzig. – 1983. – Helf 4.

ПРИЛОЖЕНИЯ

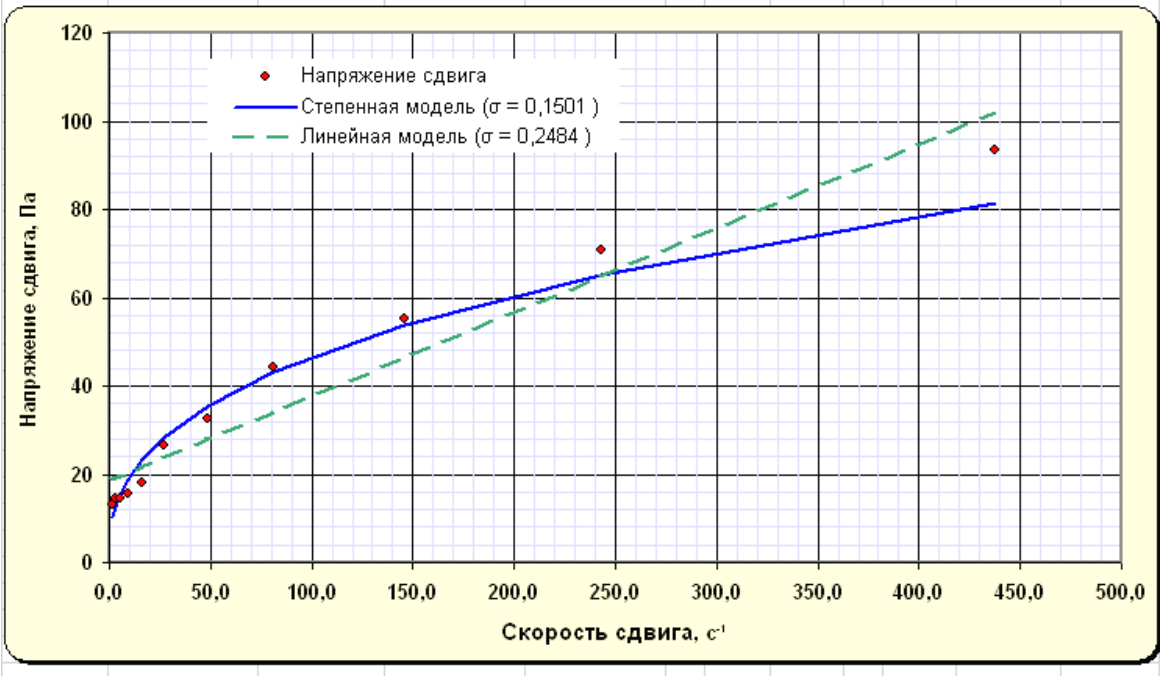
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Результаты проведения реологических исследований ЦС

№ пробы: **СМЕСЬ 1-ПЦ-500**
В/Ц=3/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
1,8	11	13	7,33		10	19	5,66	10,50
3,0	12	14	4,80		12	19	4,12	6,37
5,4	12	14	2,67		15	20	2,86	3,63
9,0	13	16	1,73		19	20	2,08	2,25
16,2	15	18	1,11		23	22	1,45	1,34
27,0	22	26	0,98		28	24	1,05	0,88
48,6	27	32	0,67		36	28	0,73	0,57
81,0	37	44	0,55	**0,498**	43	34	0,53	0,42
145,8	46	55	0,38		54	46	0,37	0,32
243,0	59	71	0,29		65	65	0,27	0,27
437,4	78	94	0,21		82	102	0,19	0,23
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1501)			
					Линейная модель (σ = 0,2484)			
100					47	38	0,47	0,38

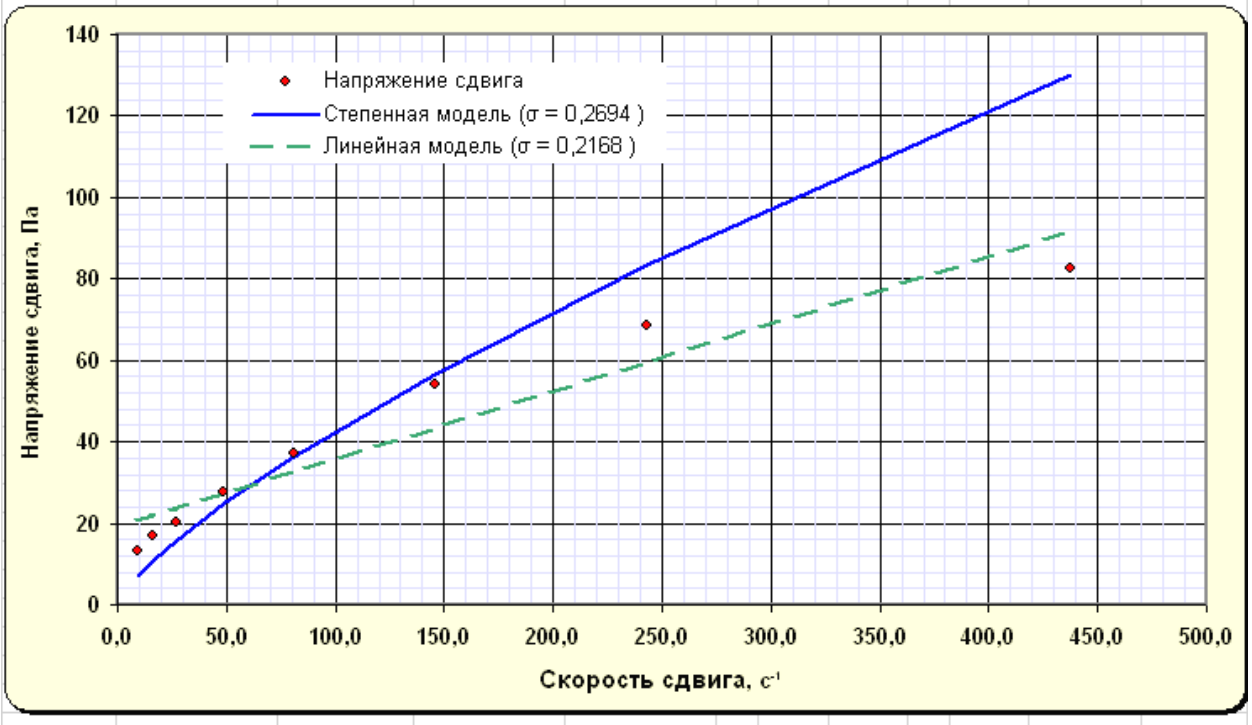
коэффициенты аппроксимации	
k = 8,16 Па·с^n	a = 18,548 Па
n = 0,379	b = 0,191 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 1-ПЦ-500**
В/Ц=3,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k \cdot j^n$	линейная $T_{лин}=a+b \cdot j$	при степенной модели	при линейной модели
9,0	11	13	1,47		7	21	0,76	2,29
16,2	14	17	1,04		11	22	0,66	1,35
27,0	17	20	0,76		16	24	0,59	0,88
48,6	23	28	0,57		25	27	0,51	0,56
81,0	31	37	0,46	**0,433**	36	33	0,45	0,40
145,8	45	54	0,37		57	43	0,39	0,30
243,0	57	68	0,28		83	59	0,34	0,24
437,4	69	83	0,19		130	92	0,30	0,21
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,2694)			
					Линейная модель (σ = 0,2168)			
100					43	36	0,43	0,36

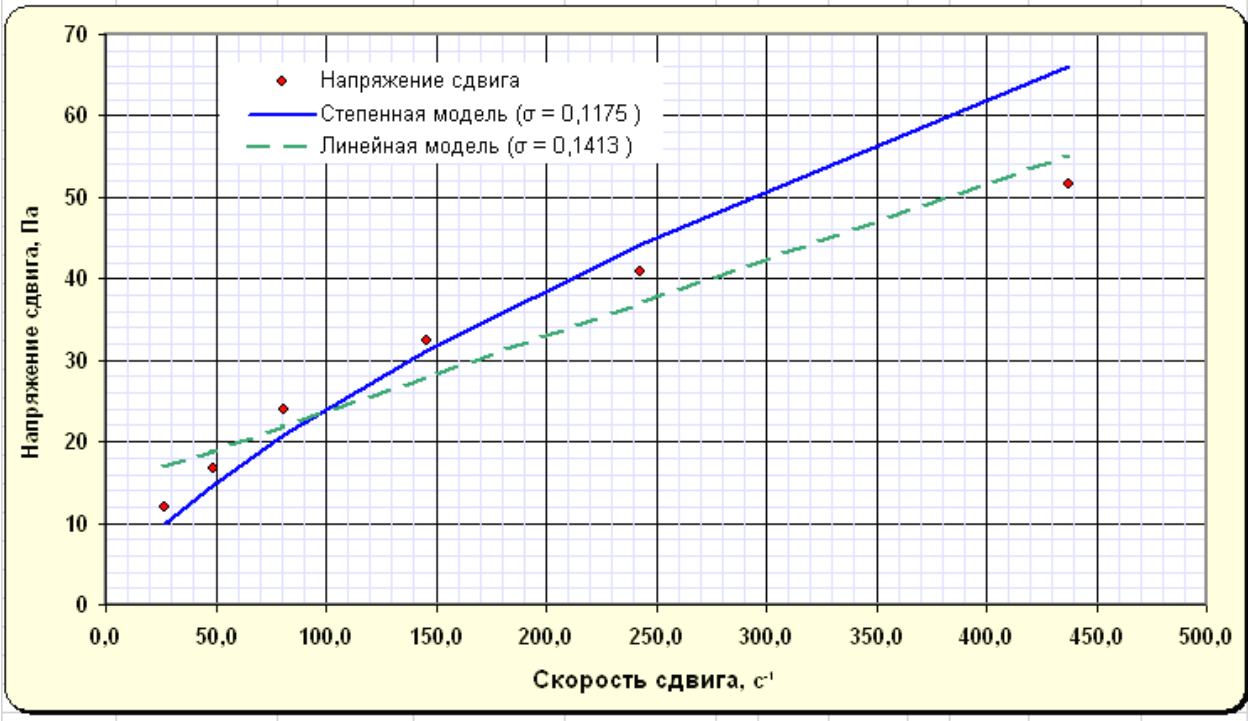
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,30 Па·$с^n$	a = 19,157 Па
n = 0,757	b = 0,166 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 1-ПЦ-500**
В/Ц=4/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
27,0	10	12	0,44		10	17	0,37	0,62
48,6	14	17	0,35		15	19	0,30	0,39
81,0	20	24	0,30	**0,275**	21	22	0,26	0,27
145,8	27	32	0,22		31	28	0,21	0,19
243,0	34	41	0,17		44	37	0,18	0,15
437,4	43	52	0,12		66	55	0,15	0,13
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1175)			
					Линейная модель (σ = 0,1413)			
100					24	24	0,24	0,24

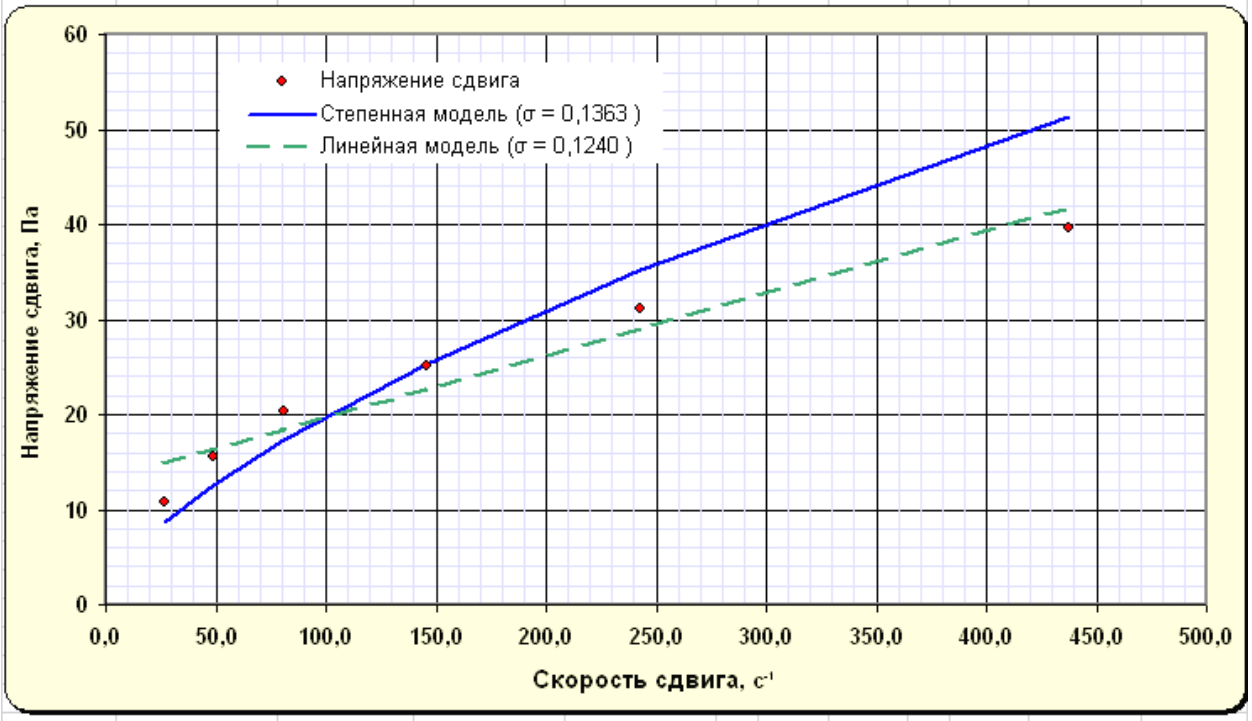
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,04 Па·$с^n$	a = 14,347 Па
n = 0,684	b = 0,093 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 1-ПЦ-500**
В/Ц=4,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
27,0	9	11	0,40		9	15	0,32	0,55
48,6	13	16	0,32		13	16	0,26	0,33
81,0	17	20	0,25	**0,229**	17	18	0,22	0,23
145,8	21	25	0,17		25	23	0,17	0,16
243,0	26	31	0,13		35	29	0,14	0,12
437,4	33	40	0,09		51	42	0,12	0,10
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1363)			
					Линейная модель (σ = 0,1240)			
100					20	20	0,20	0,20

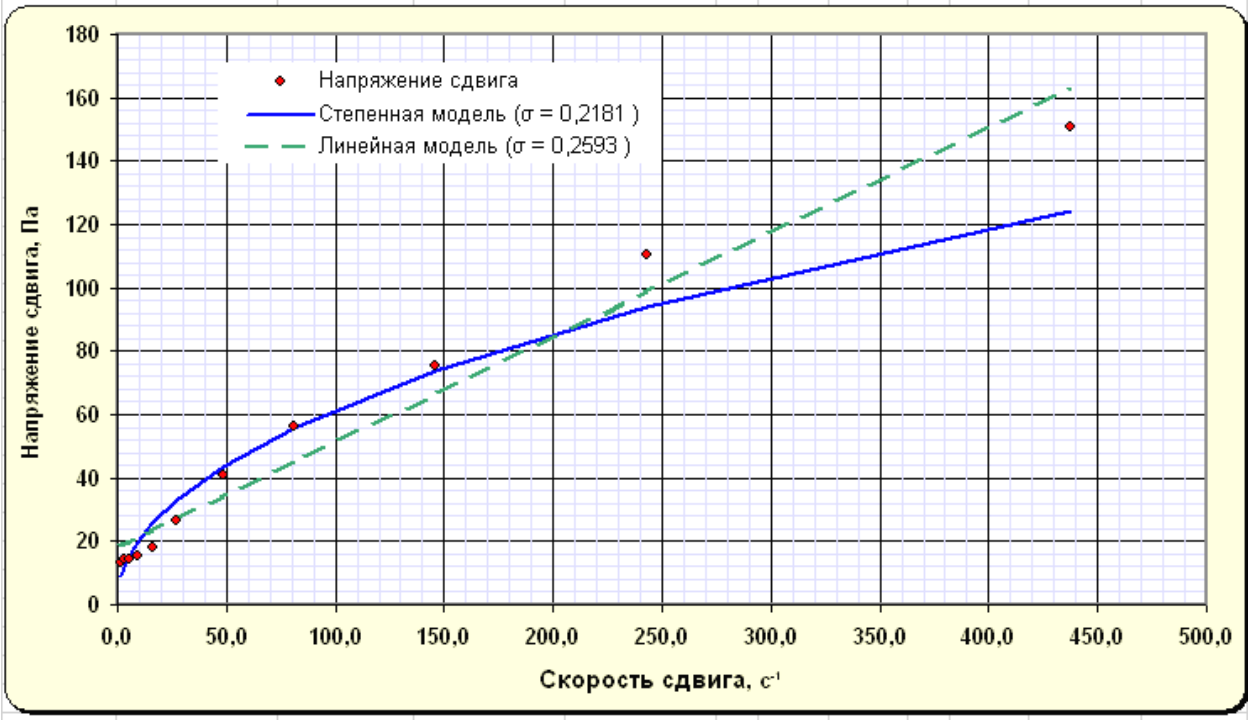
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,04 Па·$с^n$	a = 13,059 Па
n = 0,641	b = 0,066 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 2-50/50 (Цемент ПЦ-500/золошлаковая смесь молотая)**
В/Ц=3/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
1,8	11	13	7,33		9	19	5,09	10,38
3,0	12	14	4,80		12	19	3,89	6,36
5,4	12	14	2,67		15	20	2,86	3,68
9,0	13	16	1,73		20	21	2,18	2,34
16,2	15	18	1,11		26	23	1,60	1,45
27,0	22	26	0,98		33	27	1,23	1,00
48,6	34	41	0,84		44	34	0,90	0,70
81,0	47	56	0,70	**0,644**	56	45	0,69	0,55
145,8	63	76	0,52		74	66	0,51	0,46
243,0	92	110	0,45		94	99	0,39	0,41
437,4	25	151	0,34		124	163	0,28	0,37
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,2181)			
					Линейная модель (σ = 0,2593)			
100					62	51	0,62	0,51

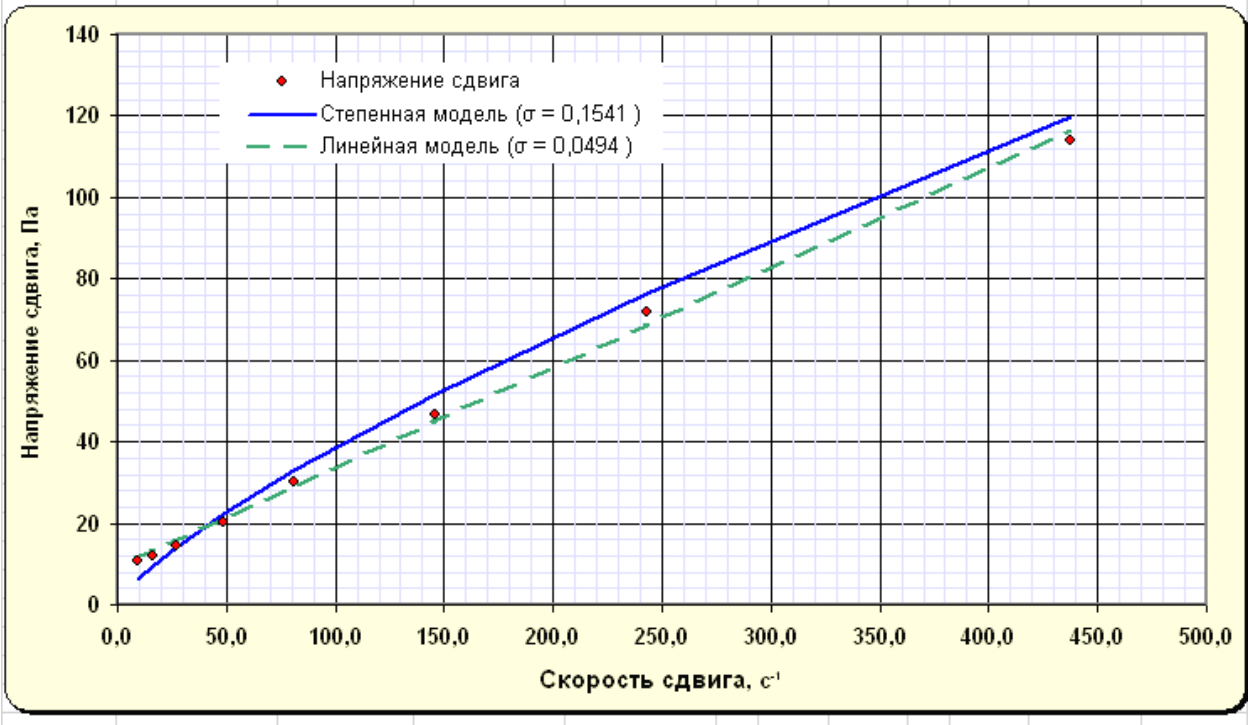
коэффициенты аппроксимации	
k = 6,92 Па·с^n	a = 18,092 Па
n = 0,475	b = 0,331 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 2-50/50 (Цемент ПЦ-500/золошлаковая смесь молотая)**
В/Ц=3,5/10

Скорость сдвига, j, c^{-1}	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига T, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 c^{-1}, Па с	Аппроксимация: Напряжение сдвига, T, Па — степенная $T_{степ}=k \cdot j^n$	Аппроксимация: Напряжение сдвига, T, Па — линейная $T_{лин}=a+b \cdot j$	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с — при степенной модели	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с — при линейной модели
9,0	9	11	1,20		6	11	0,68	1,26
16,2	10	12	0,74		10	13	0,59	0,81
27,0	12	14	0,53		14	16	0,53	0,58
48,6	17	20	0,42		22	21	0,46	0,43
81,0	25	30	0,37	**0,356**	33	29	0,41	0,36
145,8	39	47	0,32		52	45	0,35	0,31
243,0	60	72	0,30		76	69	0,31	0,28
437,4	95	114	0,26		120	116	0,27	0,27
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1541)			
					Линейная модель (σ = 0,0494)			
100					39	34	0,39	0,34

коэффициенты аппроксимации	
k = 1,14 Па·c^n	a = 9,152 Па
n = 0,765	b = 0,245 Па·с

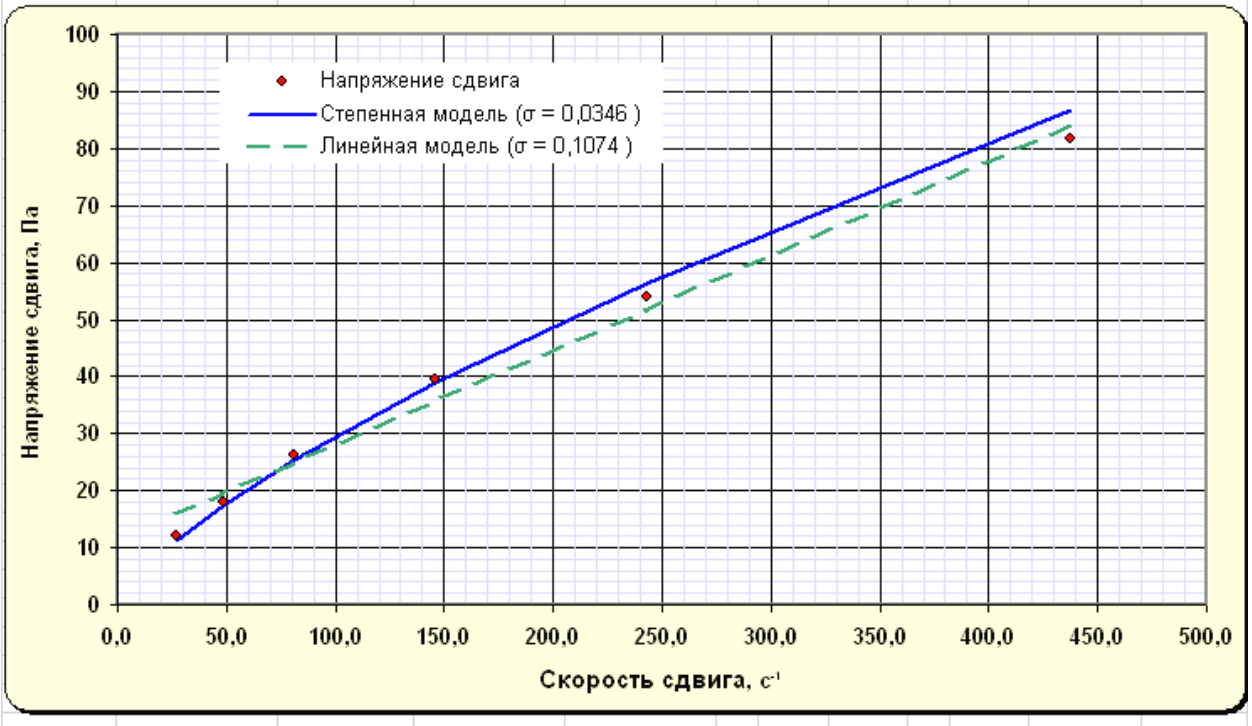


№ пробы: **СМЕСЬ 2-50/50 (Цемент ПЦ-500/золошлаковая смесь молотая)**

В/Ц=4/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
27,0	10	12	0,44		11	16	0,42	0,59
48,6	15	18	0,37		17	19	0,36	0,40
81,0	22	26	0,33	**0,310**	25	25	0,31	0,31
145,8	33	40	0,27		39	36	0,27	0,24
243,0	45	54	0,22		56	52	0,23	0,21
437,4	68	82	0,19		87	84	0,20	0,19
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,0346)			
					Линейная модель (σ = 0,1074)			
100					29	28	0,29	0,28

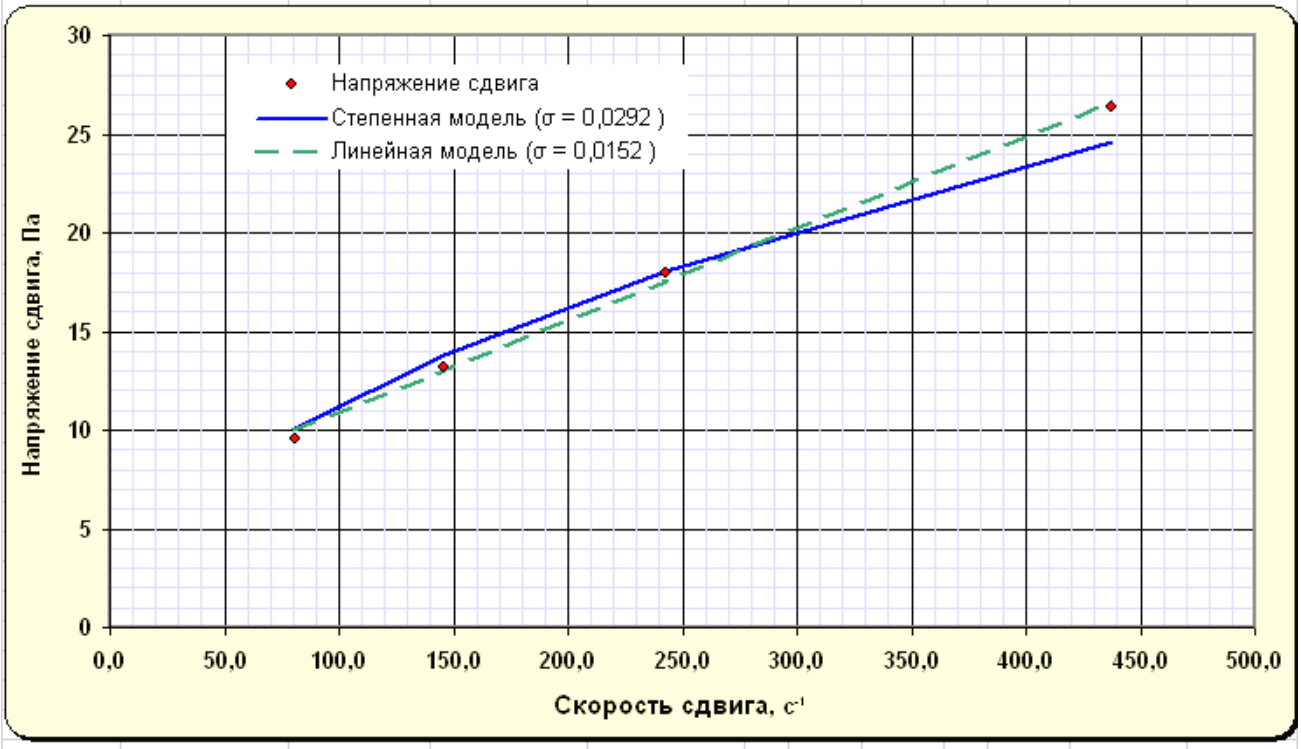
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,01 Па·$с^n$	a = 11,382 Па
n = 0,732	b = 0,166 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ 2-50/50 (Цемент ПЦ-500/золошлаковая смесь молотая)**
В/Ц=4,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
81,0	8	10	0,12	**0,110**	10	10	0,12	0,12
145,8	11	13	0,09		14	13	0,09	0,09
243,0	15	18	0,07		18	18	0,07	0,07
437,4	22	26	0,06		25	27	0,06	0,06
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,0292)			
					Линейная модель (σ = 0,0152)			
100					11	11	0,11	0,11

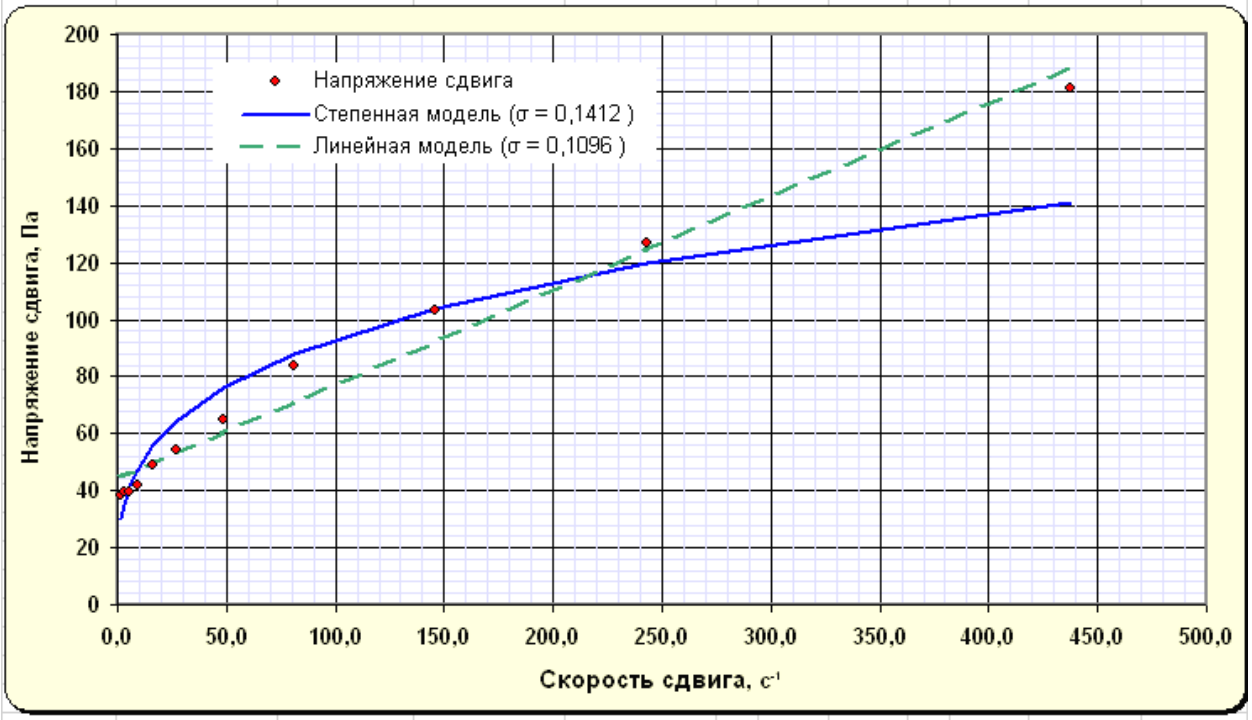
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,00 Па·с^n	a = 6,209 Па
n = 0,527	b = 0,047 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №3-УГМ-П**
В/Ц=2,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация: Напряжение сдвига, Т, Па		Аппроксимация: Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
1,8	32	38	21,33		30	45	16,78	24,90
3,0	33	40	13,20		35	45	11,62	15,07
5,4	33	40	7,33		41	46	7,61	8,52
9,0	35	42	4,67		47	47	5,27	5,24
16,2	41	49	3,04		56	50	3,45	3,06
27,0	45	54	2,00		65	53	2,39	1,97
48,6	54	65	1,33		76	60	1,57	1,24
81,0	70	84	1,04	**0,941**	88	71	1,08	0,88
145,8	86	103	0,71		104	92	0,71	0,63
243,0	21	127	0,52		120	124	0,49	0,51
437,4	30	181	0,41		141	188	0,32	0,43
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1412)			
					Линейная модель (σ = 0,1096)			
100					93	77	0,93	0,77

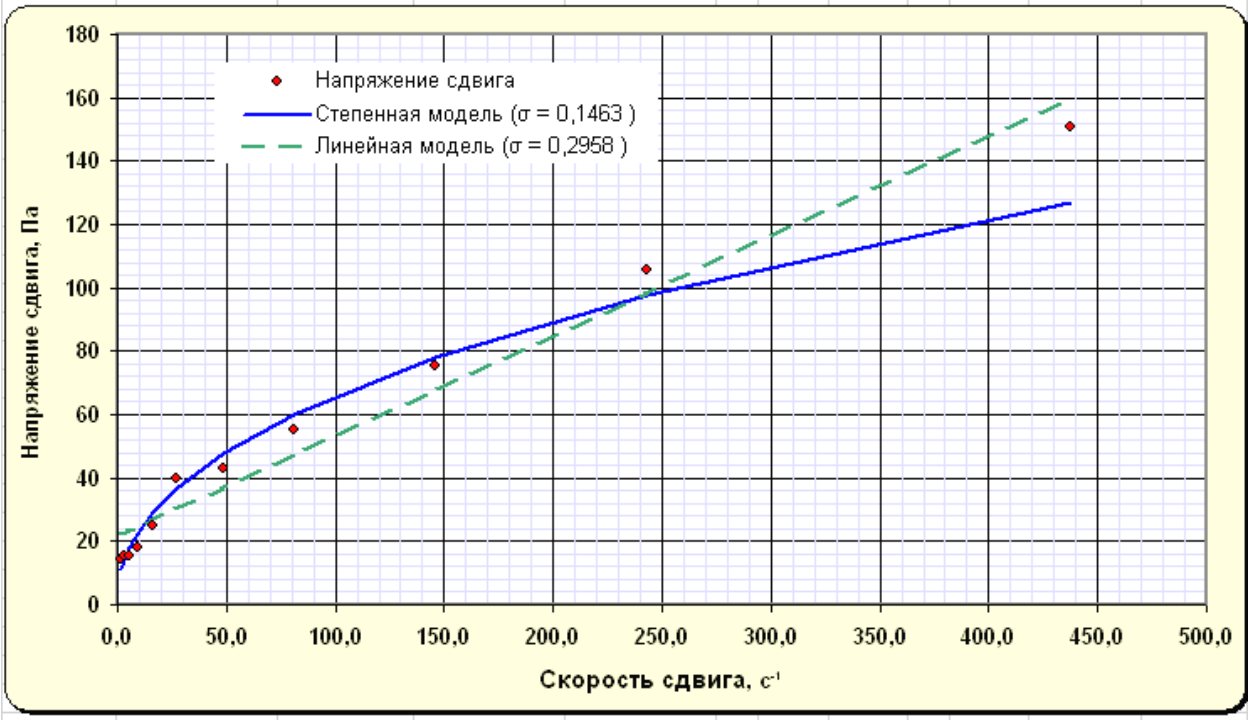
коэффициенты аппроксимации	
k = 25,61 Па·$с^n$	a = 44,228 Па
n = 0,280	b = 0,330 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №3-УГМ-П**
В/Ц=3/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
1,8	12	14	8,00		11	22	6,10	12,26
3,0	13	16	5,20		14	22	4,60	7,48
5,4	13	16	2,89		18	23	3,32	4,30
9,0	15	18	2,00		23	24	2,50	2,71
16,2	21	25	1,56		29	27	1,80	1,64
27,0	33	40	1,47		37	30	1,36	1,11
48,6	36	43	0,89		48	37	0,98	0,76
81,0	46	55	0,68	**0,634**	60	47	0,74	0,58
145,8	63	76	0,52		78	68	0,53	0,46
243,0	88	106	0,43		98	98	0,40	0,41
437,4	25	151	0,35		127	160	0,29	0,37
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1463)			
					Линейная модель (σ = 0,2958)			
100					66	53	0,66	0,53

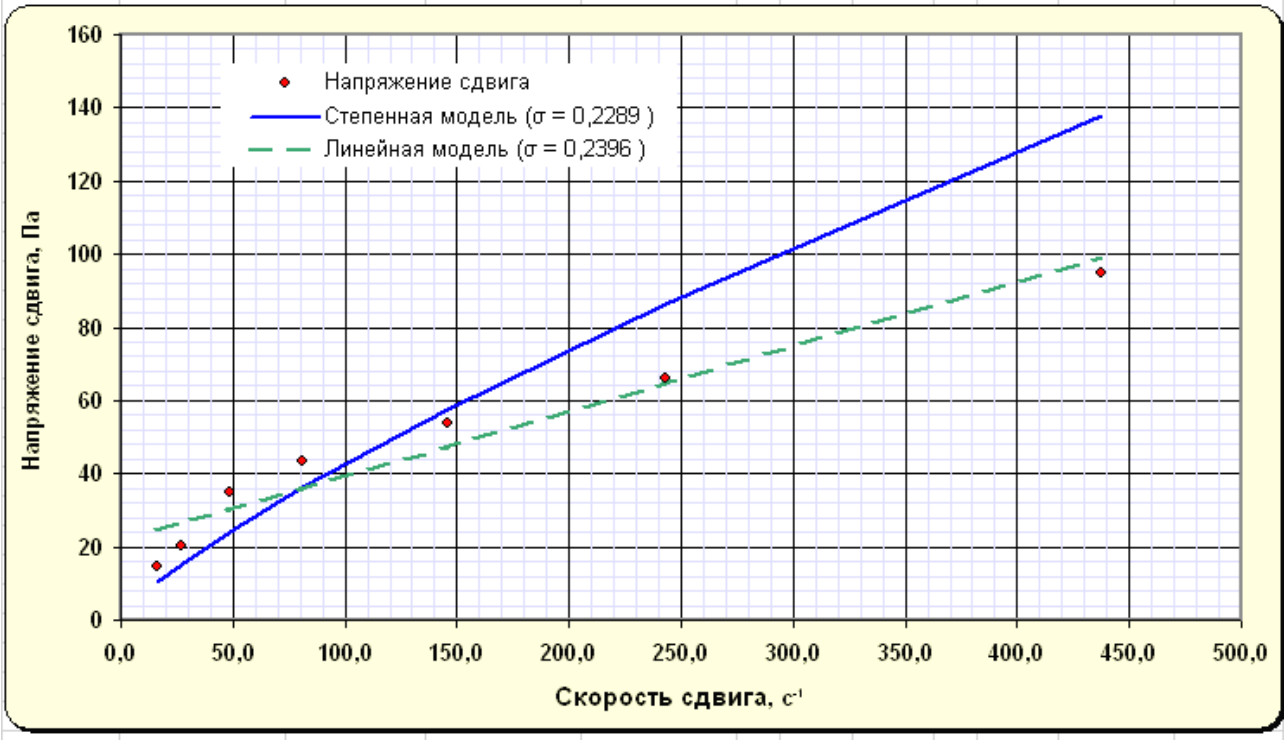
коэффициенты аппроксимации	
k = 8,46 Па·$с^n$	a = 21,503 Па
n = 0,445	b = 0,317 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №3-УГМ-П**
В/Ц=3,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
16,2	12	14	0,89		10	24	0,63	1,51
27,0	17	20	0,76		15	26	0,56	0,97
48,6	29	35	0,72		24	30	0,50	0,62
81,0	36	43	0,53	**0,486**	36	36	0,45	0,44
145,8	45	54	0,37		58	47	0,40	0,32
243,0	55	66	0,27		87	65	0,36	0,27
437,4	79	95	0,22		138	99	0,32	0,23
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,2289)			
					Линейная модель (σ = 0,2396)			
100					43	39	0,43	0,39

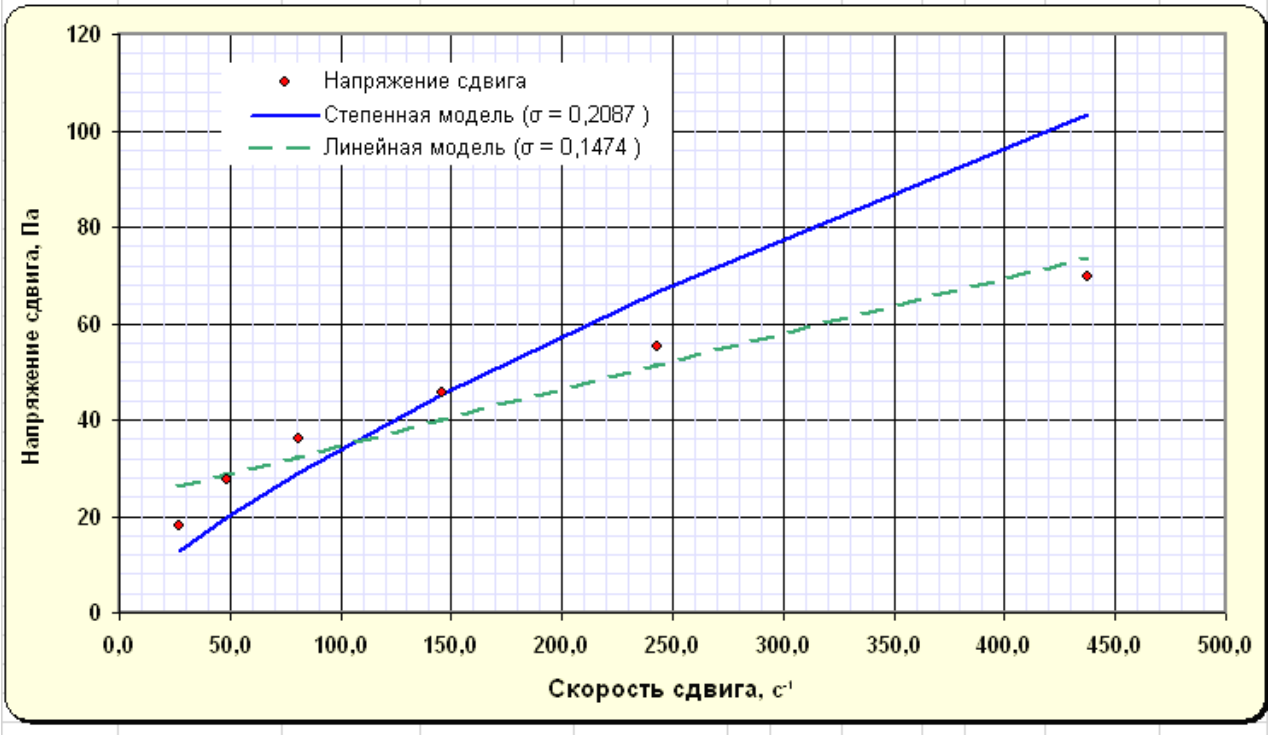
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,12 Па·$с^n$	a = 21,539 Па
n = 0,791	b = 0,177 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №3-УГМ-П**
В/Ц=4/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
27,0	15	18	0,67		13	26	0,47	0,97
48,6	23	28	0,57		20	29	0,41	0,59
81,0	30	36	0,44	**0,406**	29	32	0,36	0,40
145,8	38	46	0,31		45	40	0,31	0,27
243,0	46	55	0,23		66	51	0,27	0,21
437,4	58	70	0,16		103	74	0,24	0,17
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,2087)			
					Линейная модель (σ = 0,1474)			
100					34	35	0,34	0,35

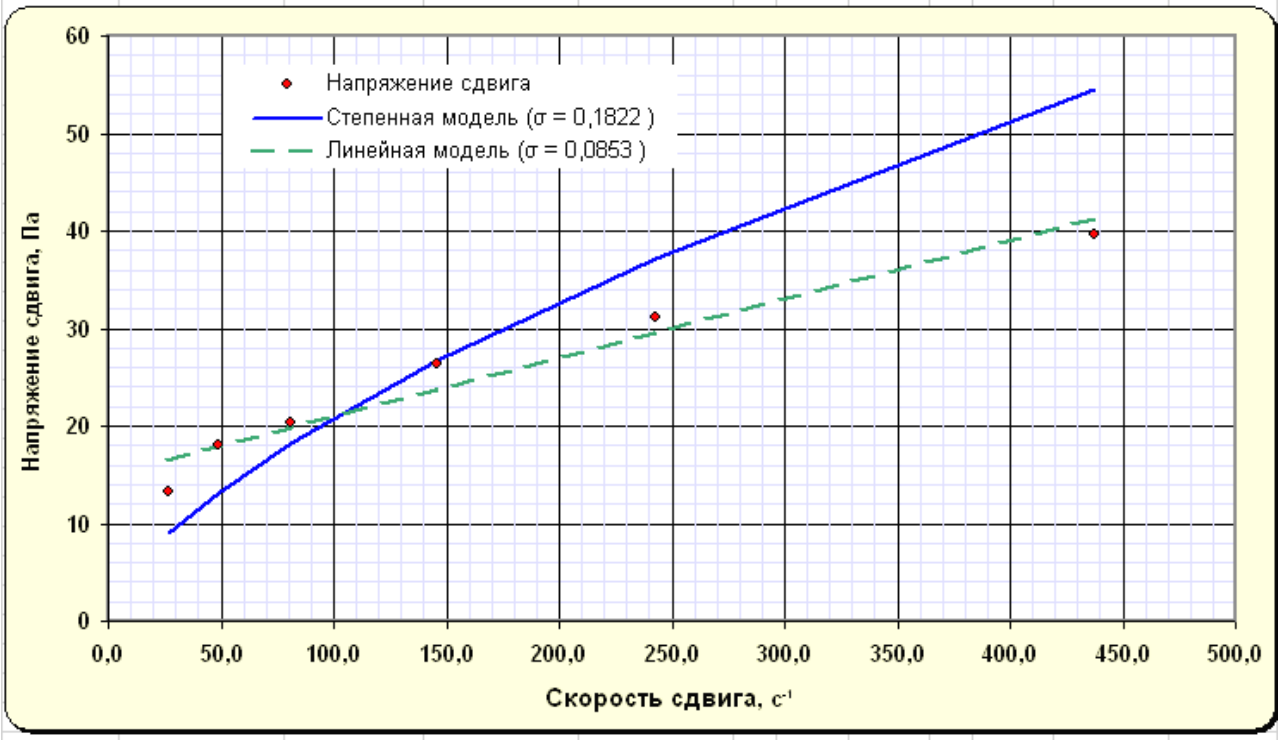
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,07 Па·$с^n$	a = 22,976 Па
n = 0,752	b = 0,116 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №3-УГМ-П**
В/Ц=4,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k \cdot j^n$	линейная $T_{лин}=a+b \cdot j$	при степенной модели	при линейной модели
27,0	11	13	0,49		9	17	0,33	0,61
48,6	15	18	0,37		13	18	0,27	0,37
81,0	17	20	0,25	**0,231**	18	20	0,23	0,24
145,8	22	26	0,18		27	24	0,18	0,16
243,0	26	31	0,13		37	30	0,15	0,12
437,4	33	40	0,09		54	41	0,12	0,09
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1822)			
					Линейная модель (σ = 0,0853)			
100					21	21	0,21	0,21

коэффициенты аппроксимации	
k = 1,06 Па·$с^n$	a = 14,912 Па
n = 0,648	b = 0,060 Па·с



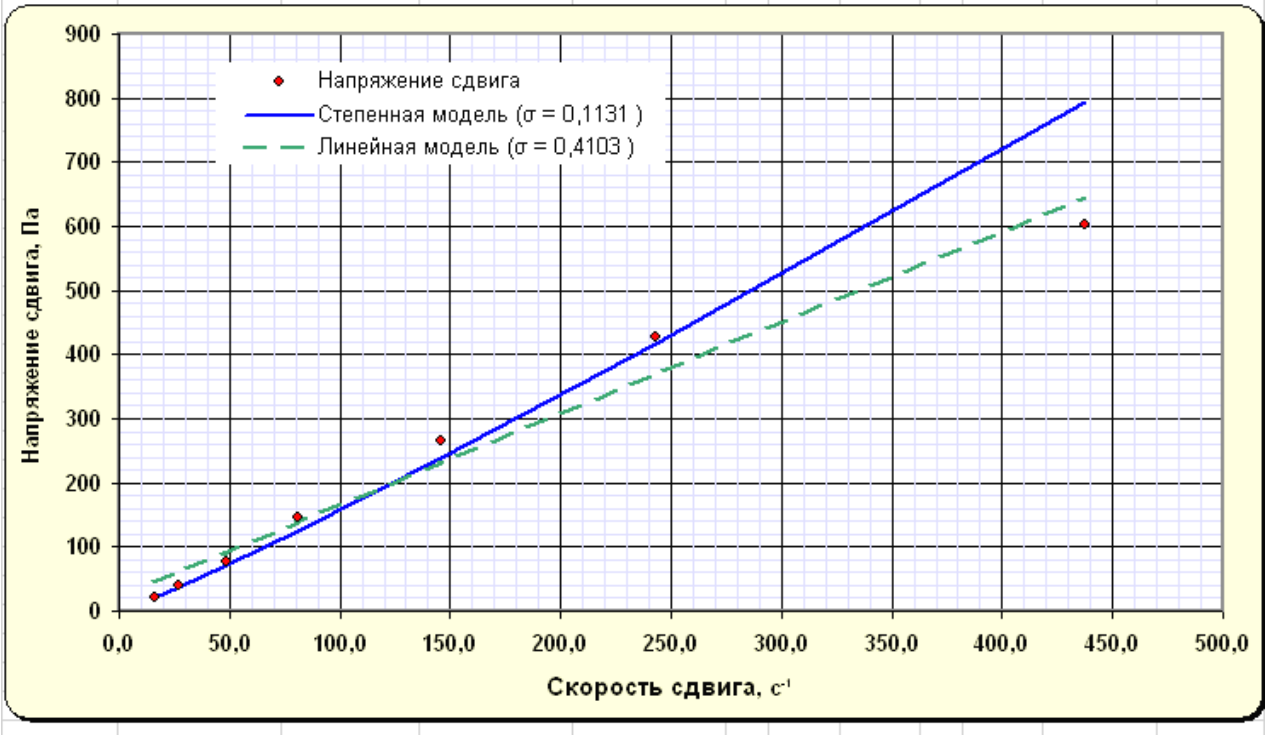
№ пробы: **СМЕСЬ №4-УГМ-У**
В/Ц=2,5/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация: Напряжение сдвига, Т, Па — степенная $T_{степ}=k \cdot j^n$	Аппроксимация: Напряжение сдвига, Т, Па — линейная $T_{лин}=a+b \cdot j$	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с — при степенной модели	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $\mu_{эф}$, Па·с — при линейной модели
16,2	17	20	1,26		22	45	1,33	2,80
27,0	33	40	1,47		38	61	1,39	2,25
48,6	65	78	1,60		72	91	1,47	1,88
81,0	24	145	1,79	**1,798**	125	138	1,55	1,70
145,8	44	265	1,82		238	230	1,63	1,58
243,0	71	428	1,76		417	368	1,72	1,52
437,4	100	603	1,38		793	645	1,81	1,48

среднеквадратичное отклонение	
Степенная модель (σ = 0,1131)	
Линейная модель (σ = 0,4103)	

100			158	165	1,58	1,65

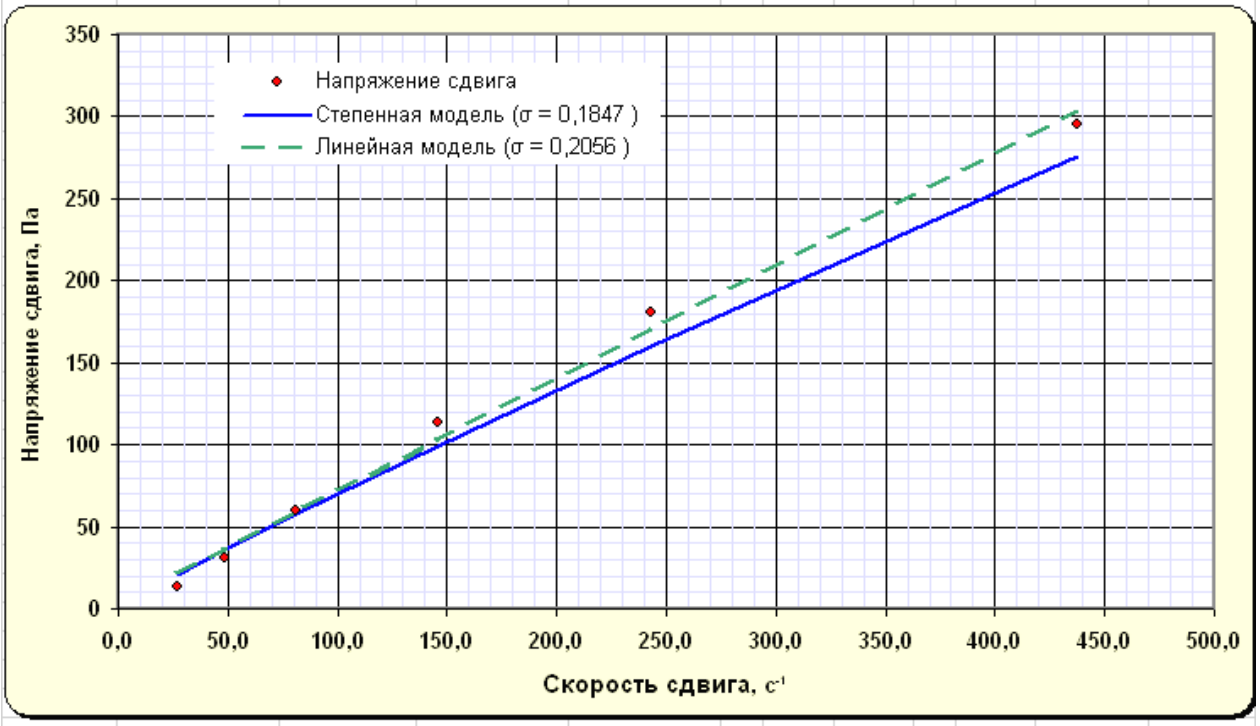
коэффициенты аппроксимации	
k = 1,02 Па·$с^n$	a = 22,252 Па
n = 1,094	b = 1,425 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №4-УГМ-У**
В/Ц=3/10

Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация: Напряжение сдвига, Т, Па — степенная $T_{степ}=k \cdot j^n$	Аппроксимация: Напряжение сдвига, Т, Па — линейная $T_{лин}=a+b \cdot j$	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с — при степенной модели	Аппроксимация: Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с — при линейной модели
27,0	11	13	0,49		21	22	0,76	0,81
48,6	26	31	0,64		36	37	0,73	0,75
81,0	50	60	0,74	**0,753**	57	59	0,71	0,73
145,8	95	114	0,78		99	103	0,68	0,71
243,0	30	181	0,74		160	170	0,66	0,70
437,4	49	295	0,67		276	304	0,63	0,69
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,1847)			
					Линейная модель (σ = 0,2056)			
100					70	72	0,70	0,72

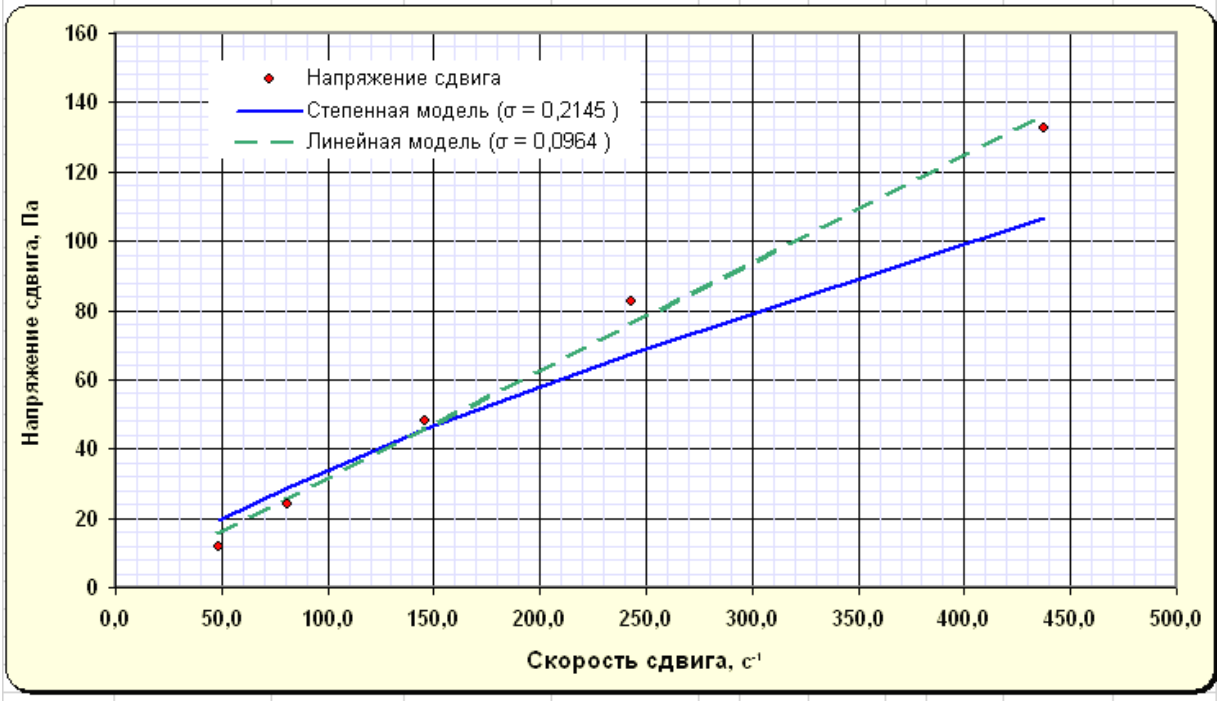
коэффициенты аппроксимации	
k = 0,96 Па·$с^n$	a = 3,224 Па
n = 0,931	b = 0,687 Па·с



№ пробы: **СМЕСЬ №4-УГМ-У**
В/Ц=3,5/10

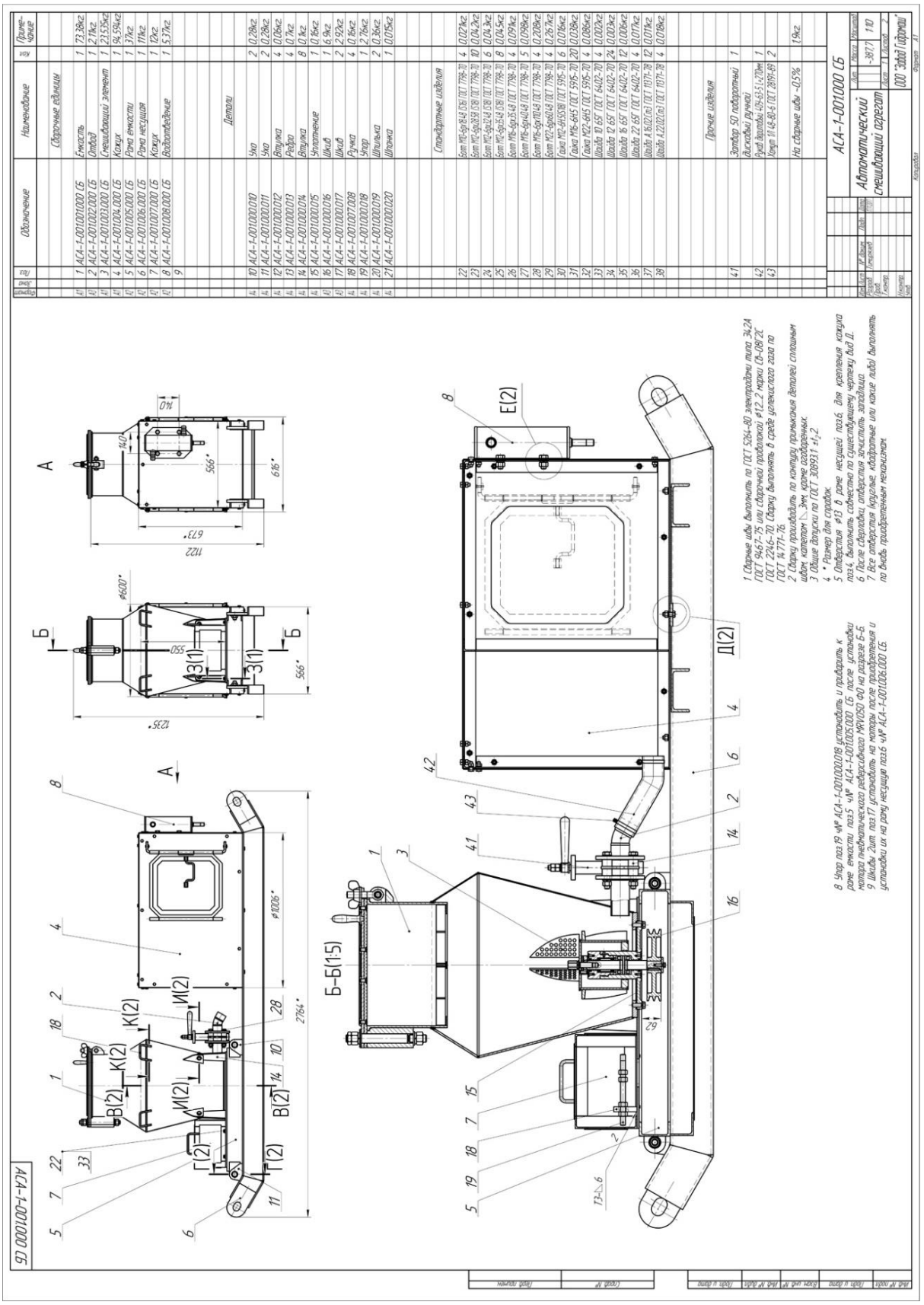
Скорость сдвига, j, $с^{-1}$	Показания шкалы вискозиметра, α	Напряжение сдвига Т, Па	Эффективная вязкость, μ, Па·с	Эффективная вязкость μ при j=100 $с^{-1}$, Па с	Аппроксимация			
					Напряжение сдвига, Т, Па		Эффективная вязкость, $μ_{эф}$, Па·с	
					степенная $T_{степ}=k·j^n$	линейная $T_{лин}=a+b·j$	при степенной модели	при линейной модели
48,6	10	12	0,25		19	16	0,40	0,32
81,0	20	24	0,30	**0,306**	29	26	0,36	0,32
145,8	40	48	0,33		46	46	0,31	0,31
243,0	69	83	0,34		68	76	0,28	0,31
437,4	22	133	0,30		107	136	0,24	0,31
					среднеквадратичное отклонение			
					Степенная модель (σ = 0,2145)			
					Линейная модель (σ = 0,0964)			
100					34	32	0,34	0,32

коэффициенты аппроксимации	
k = 0,97 Па·$с^n$	a = 0,443 Па
n = 0,773	b = 0,311 Па·с

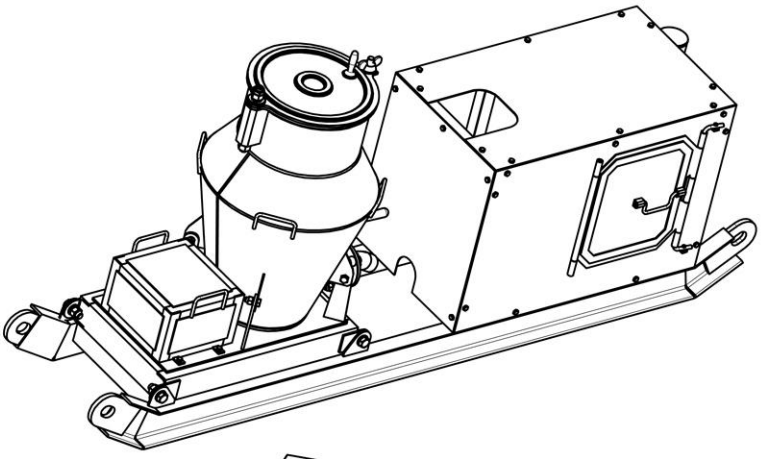


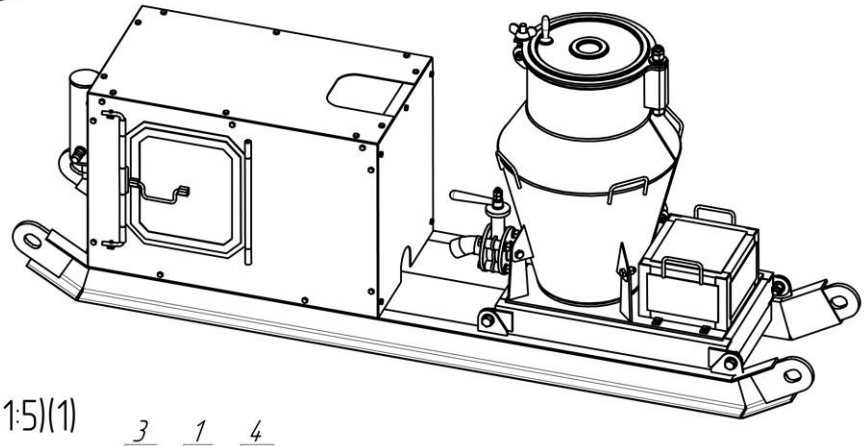
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема автоматического смешивающего агрегата АСА-1-001 С

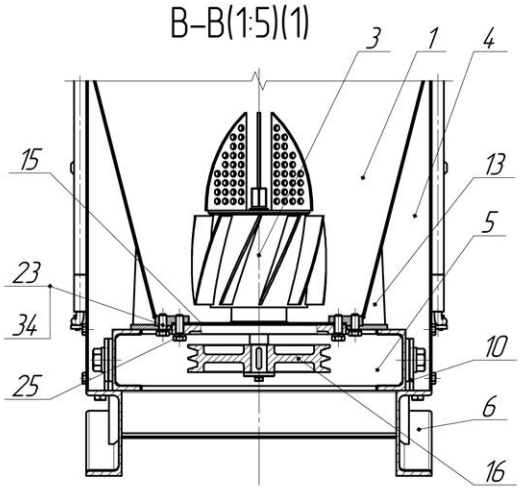


АСА-1-001000 СБ

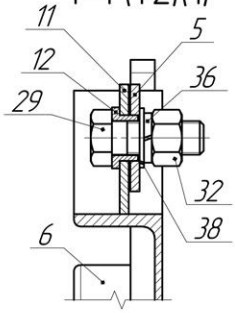




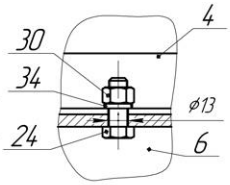
В–В(1:5)(1)



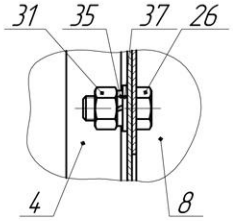
Г–Г(1:2)(1)



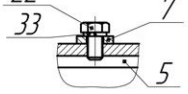
Д(1:2)(1)



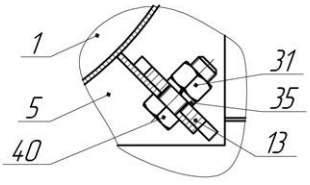
Е(1:2)(1)



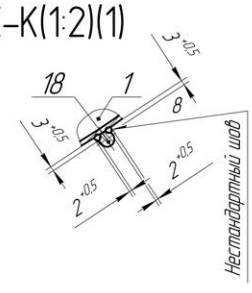
З–З(1:2)(1)



И–И(1:2)(1)



К–К(1:2)(1)

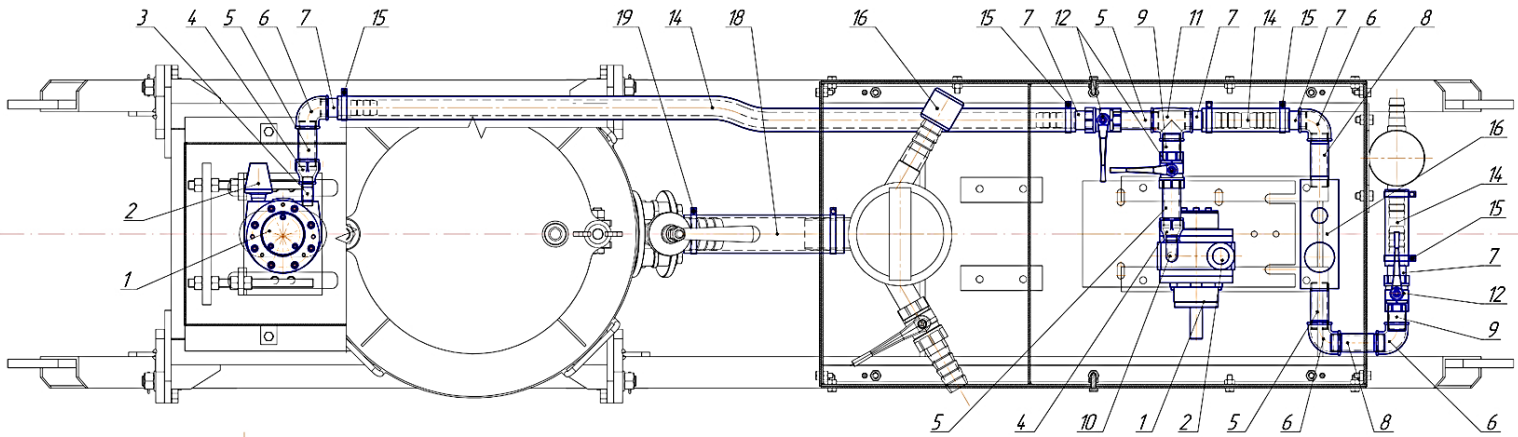


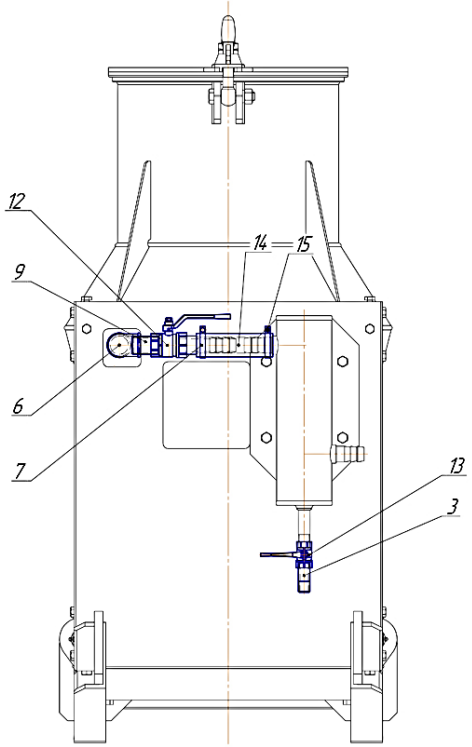
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АСА-1-001.000 СБ	Лист 2

Копировал Формат А2

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

АСА-1-001 С





1 *Размеры для справок.
2 При Онеобходимости ниппеля и сгоны изготовить по месту.
3 Допускаются применять ниппеля и сгоны из наличия, или приобретать ОМТС.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		12		Кран шаровой муфтовый с цилиндрической резьбой по ГОСТ 6357-81, $D_у$ 25мм, G1, Рычаг. Резьба внутренняя.	3	
		13		Кран шаровой муфтовый с цилиндрической резьбой по ГОСТ 6357-81, $D_у$ 15мм, $G^1/_2$, Рычаг, Резьба внутренняя.	1	
		14		Рукав (гибкий шланг) 32×43-1,6 ХЛ ГОСТ 10362-76, L=3000мм.		
		15		Хомут 1/1 25-50-6 ГОСТ 28191-89.	6	
		16		Фильтр F4 (в наличии)	1	
		17		Лента ФУМ 19мм ×15м ×0,25мм ГОСТ 24222-80 (ТУ 6-05-1388-88)	2	
		18		Рукав дюритовый 40У-63-5 ТУ 0056016-87, L=350мм.	1	
		19		Хомут 1/1 48-80-6 ГОСТ 28191-89.	2	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Детали		
		1		Пневмодвигатель серии MRV050F	2	12,7кг.
		2		Глушитель $G^1/_2$ наружный	2	Входит в пневмод.
А4		3	АСА-1-001.2 С	Сгон $G^1/_2$ (Сгон 15 ГОСТ8968-75, $G^1/_2$, L=55мм. ⌀21*.)	2	0,07кг.
		4		Муфта перехода 25-15 ГОСТ 8957-75, G1-$G^1/_2$, ⌀33,5*-⌀21,3*	2	~0,14кг.
А4		5	АСА-1-001.3 С	Сгон G1 (Сгон 25 ГОСТ8968-75, G1, L=85мм. ⌀33,5*.)	4	~0,18кг.
		6		Угольник проходной 90°-1-25 ГОСТ 8946-75, G1, $Ф_{внтр}$33,25*.	4	0,23кг.
А4		7	АСА-1-001.1 С	Ниппель	5	0,23кг.
А4		8	АСА-1-001.4 С	Сгон G1 (Сгон 25 ГОСТ8968-75, G1, L=100мм. ⌀33,5*.)	2	0,2кг.
А4		9	АСА-1-001.5 С	Ниппель (Ниппель 25 ГОСТ 8967-75, G1, L=50мм. ⌀33,5*.)	2	0,1кг.
		10		Угольник 90°-1-15, $G^1/_2$, $Ф_{нар}$21*	1	
		11		Тройник 25 ГОСТ8948-75 G1, $Ф_{внтр}$33,25*	1	0,32кг.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Тимирязев		4.3.75
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

АСА-1-001 С

Схема автоматического смешивающего агрегата

Лит.	Масса	Масштаб
	–	1:4

Лист | Листов 1

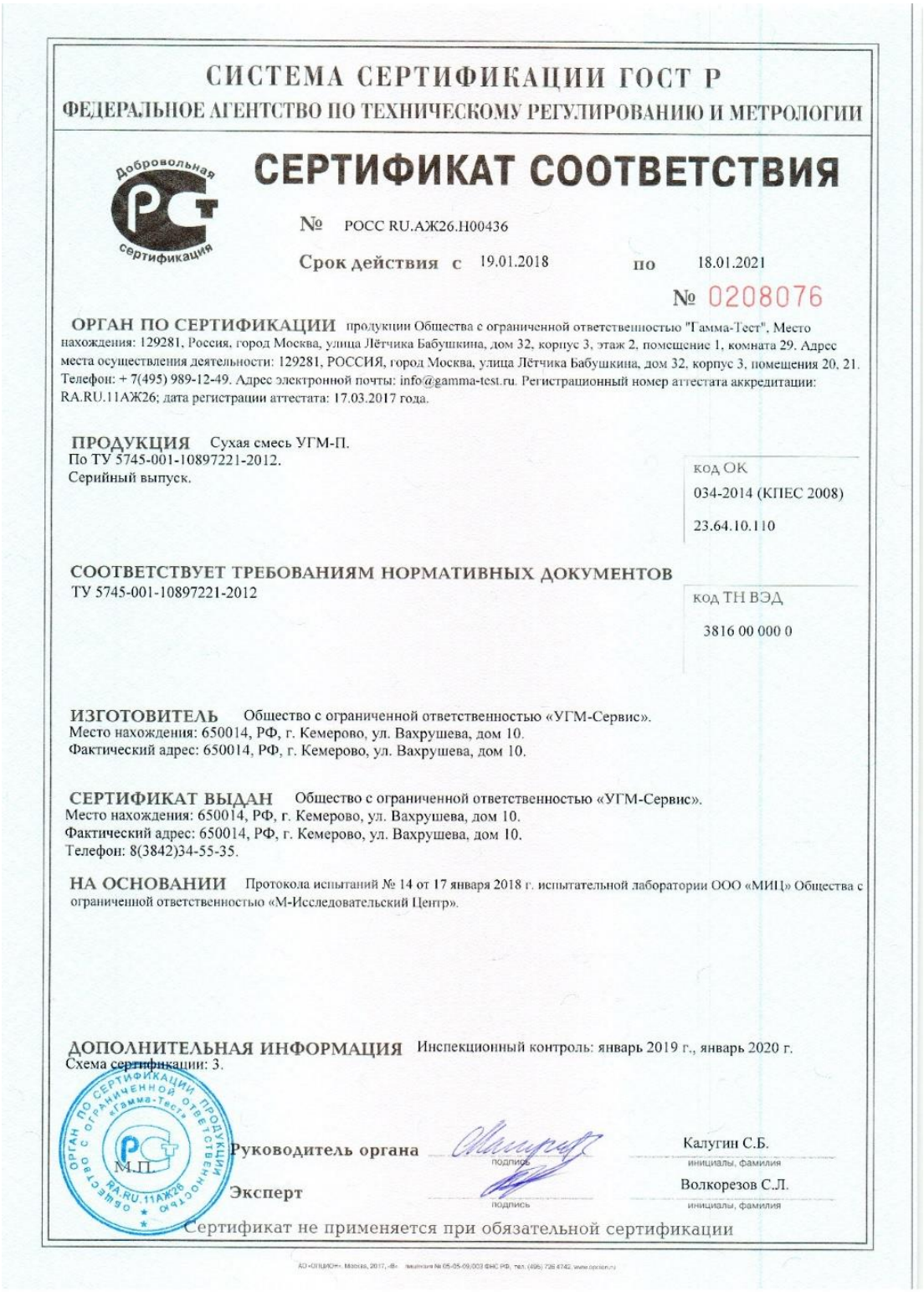
ООО "Завод Гидромаш"

Копировал | Формат А1

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата | Справ. № | Перв. примен.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сертификаты соответствия и акты испытаний физических характеристик цементных смесей УГМ и УГМ-П в независимых лабораториях



СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.АЖ26.Н00436

Срок действия с 19.01.2018 по 18.01.2021

№ 0208076

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ продукции Общества с ограниченной ответственностью "Гамма-Тест". Место нахождения: 129281, Россия, город Москва, улица Лётчика Бабушкина, дом 32, корпус 3, этаж 2, помещение 1, комната 29. Адрес места осуществления деятельности: 129281, РОССИЯ, город Москва, улица Лётчика Бабушкина, дом 32, корпус 3, помещения 20, 21. Телефон: + 7(495) 989-12-49. Адрес электронной почты: info@gamma-test.ru. Регистрационный номер аттестата аккредитации: RA.RU.11АЖ26; дата регистрации аттестата: 17.03.2017 года.

ПРОДУКЦИЯ Сухая смесь УГМ-П.
По ТУ 5745-001-10897221-2012.
Серийный выпуск.

код ОК
034-2014 (КПЕС 2008)
23.64.10.110

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ТУ 5745-001-10897221-2012

код ТН ВЭД
3816 00 000 0

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Место нахождения: 650014, РФ, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Фактический адрес: 650014, РФ, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Место нахождения: 650014, РФ, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Фактический адрес: 650014, РФ, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Телефон: 8(3842)34-55-35.

НА ОСНОВАНИИ Протокола испытаний № 14 от 17 января 2018 г. испытательной лаборатории ООО «МИЦ» Общества с ограниченной ответственностью «М-Исследовательский Центр».

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Инспекционный контроль: январь 2019 г., январь 2020 г.
Схема сертификации: 3.

М.П.

Руководитель органа подпись Калугин С.Б. (инициалы, фамилия)

Эксперт подпись Волкорезов С.Л. (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

Общество с ограниченной ответственностью
«М - Исследовательский Центр» (ООО «МИЦ»)
ИНН / КПП 4205264731/420501001, ОГРН 1134205008805

Испытательный центр
г. Кемерово, ул. Карболитовская, 6
Тел /факс: +7 (384-2) 48 02 15
e- mail: m-icenter@bk.ru

Аттестат аккредитации:
№ РОСС RU.0001.21МШ27
срок действия по 08.04.2019г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «МИЦ»
И. В. Никитин
«17» января 2018 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 14 от «17» января 2018 г.

Заказчик: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис», 650000, Россия, Кемеровская область, город Кемерово, улица Вахрушева, дом 10.
Наименование пробы: сухая смесь УГМ-П. ТУ 5745-001-10897221-2012.
Изготовитель: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Дата поступления пробы на испытание: 11.12.2017 г.
Основания для проведения испытаний: заявка «Заказчика» № 216 от 11.12.2017 г.
Сведения об испытываемых образцах: проба упакована в мешок полипропиленовый с полиэтиленовым вкладышем, проба отобрана в лаборатории ООО «УГМ-Сервис» и доставлена «Заказчиком», В/Т-0,5.
Количество отобранной пробы: 5,0 кг.
Дата испытаний: 14.12.2017 г., 10.01.2018 г.
Регистрационный номер пробы ИЦ (шифр образца): № 392-МИЦ.
Методика на методы испытания: ТУ 5745-001-10897221-2012, ГОСТ 310.4-81.
Способ выдерживания образцов: 7суток при температуре (20 ± 2) С° и относительной влажности (95 ±5) %, а затем в течении 21 суток при температуре (20 ± 2) С° и относительной влажности (65 ±5) %.
Условия проведения испытаний: температура +22,0ºС, относительная влажность 60%.
Средства измерений и испытательное оборудование: все средства измерения, использованные при испытаниях поверены, испытательное оборудование аттестовано.
Результаты испытаний:

таблица 1

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Фактические данные	
			единичное значение	среднее значение
1	2	3	4	5
1	Плотность раствора	кг/м^3	1194	1186
			1178	
2	Расход сухой смеси на единицу объема	кг/м^3 -	1010	1028
			1046	

Определение пределов прочности при сжатии и изгибе

таблица 2

Номер образца в серии	Время твердения, сутки	Маркировка образца	Величина максимальной нагрузки на сжатие, P_1 Н	Прочность на сжатие, МПа		Величина максимальной нагрузки при изгибе, P_1, Н	Прочность при изгибе, МПа	
				Единичного образца, $R_{сж}$	средняя для серии образцов, $R_{сж}$		единичного образца, $R_{изг}$	средняя для серии образцов, $R_{изг}$
1	2	3	4	5	6			
1	28	392-МИЦ	59170	23,7	24,1	2126	4,98	4,62
2			63400	25,4		1974	4,63	
3			57000	22,8		1815	4,26	
4			56320	22,5		-	-	
5			54750	21,9		-	-	
6			61230	24,5		-	-	

Определение прочности сцепления (адгезии) с основанием каменный уголь

таблица 3

Номер образца в серии	Время твердения образца, сутки	Дата испытания	Маркировка образца	Способ выдерживания образцов	Величина максимальной нагрузки, P_I, кН	Прочность сцепления, МПа		Характер отрыва
						единичного образца, R_i	средняя для серии образцов, R	
1	2		3	4	5	6	7	8
1	28	17.01.2018 г.	392-МИЦ	Температура+20°С, относительная влажность 60 %	0,22	0,79	0,78	По основанию, отрыв адгезионный
2					-	-		По основанию, отрыв адгезионный
3					0,22	0,71		По основанию, отрыв адгезионный
4					0,26	0,82		По основанию, отрыв адгезионный
5					0,24	0,78		По основанию, отрыв адгезионный

Определение прочности сцепления (адгезии) с основанием порода

таблица 4

Номер образца в серии	Время твердения образца, сутки	Дата испытания	Маркировка образца	Способ выдерживания образцов	Величина максимальной нагрузки, P_i, кН	Прочность сцепления, МПа		Характер отрыва
						единичного образца, R_i	средняя для серии образцов, R	
1	2		3	4	5	6	7	8
1	28	17.01.2018 г.	392-МИЦ	Температура+20°С, относительная влажность 60 %	0,34	1,08	1,21	По основанию, отрыв адгезионный
2					0,44	1,40		По основанию, отрыв адгезионный
3					0,82	2,61		По основанию, отрыв адгезионный
4					0,36	1,15		По основанию, отрыв адгезионный
5					0,29	0,92		По основанию, отрыв адгезионный

Ведущий инженер ИЦ ООО «МИЦ» Т.Б. Зайцева

Руководитель ИЦ ООО «МИЦ» И. В. Никитин

Протокол №14 от 17.01.2018 г. содержит показатели только представленных образцов.
Протокол испытаний не может быть полностью или частично перепечатан без разрешения испытательной лаборатории

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.АЖ26.Н00785

Срок действия с 11.05.2018 **по** 10.05.2021

№ 0247347

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ продукции Общества с ограниченной ответственностью "Гамма-Тест", Место нахождения: 129281, Россия, город Москва, улица Лётчика Бабушкина, дом 32, корпус 3, этаж 2, помещение 1, комната 29. Адрес места осуществления деятельности: 129281, РОССИЯ, город Москва, улица Лётчика Бабушкина, дом 32, корпус 3, помещения 20, 21. Телефон: + 7(495) 989-12-49. Адрес электронной почты: info@gamma-test.ru. Регистрационный номер аттестата аккредитации: RA.RU.11АЖ26, дата регистрации аттестата: 17.03.2017 года.

ПРОДУКЦИЯ Двухкомпонентная смесь УГМ.
Выпускаемая по ТУ 5745-001-10897221-2012
Серийный выпуск.

код ОК
034-2014 (КПЕС 2008)
23.64.10.110

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
ТУ 5745-001-10897221-2012

код ТН ВЭД
3816000000

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Место нахождения: 650014, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Адрес места осуществления деятельности: 650014, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Телефон: 8 3842-34-55-35.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН Общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Место нахождения: 650014, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Адрес места осуществления деятельности: 650014, г. Кемерово, ул. Вахрушева, дом 10.
Телефон: 8 3842-34-55-35.

НА ОСНОВАНИИ Протокола испытаний №69 от 27 марта 2018, №72/1 от 30 марта 2018 Испытательной лаборатория ООО «МИЦ» Общество с ограниченной ответственностью «М-Исследовательский центр», аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.21МЦ27 с 08.04.2014 по 08.04.2019.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Инспекционный контроль: май 2019 г., май 2020 г.
Схема сертификации: 3.

М.П.

Руководитель органа подпись Калугин С.Б. (инициалы, фамилия)

Эксперт подпись Волкорезов С.Л. (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

Общество с ограниченной ответственностью
«М - Исследовательский Центр» (ООО «МИЦ»)
ИНН / КПП 4205264731/420501001, ОГРН 1134205008805

Испытательный центр
г. Кемерово, ул. Карболитовская, 6
Тел /факс: +7 (384-2) 48 02 15
e- mail: m-icenter@bk.ru

Аттестат аккредитации:
№ РОСС RU.0001.21МШ27
срок действия по 08.04.2019г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «МИЦ»
И. В. Никитин
«27» марта 2018 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 69 от «27» марта 2018 г.

Заказчик: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис», 650000, Россия, Кемеровская область, город Кемерово, улица Вахрушева, дом 10.
Наименование пробы: сухая смесь УГМ, ТУ 5745-001-10897221-2012.
Изготовитель: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис».
Дата поступления пробы на испытание: 26.02.2018 г.
Основания для проведения испытаний: заявка «Заказчика» № 11 от 08.02.2018 г.
Сведения об испытываемых образцах: проба упакована в мешок полипропиленовый с полиэтиленовым вкладышем, проба отобрана в лаборатории ООО «УГМ-Сервис» и доставлена «Заказчиком», В/Т-0,4.
Количество отобранной пробы: 5,0 кг.
Дата испытаний: 27.02.2018 г. 26.03.2018 г.
Регистрационный номер пробы ИЦ (шифр образца): № 24-МИЦ.
Методика на методы испытания: ТУ 5745-001-10897221-2012, ГОСТ 310.4-81.
Способ выдерживания образцов: 7суток при температуре (20 ± 2) С° и относительной влажности (95 ±5) %, а затем в течении 21 суток при температуре (20 ± 2) С° и относительной влажности (65 ±5) %.
Условия проведения испытаний: температура +22,5°С, относительная влажность 61%.
Средства измерений и испытательное оборудование: все средства измерения, использованные при испытаниях поверены, испытательное оборудование аттестовано.
Результаты испытаний:

таблица 1

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Фактические данные	
			единичное значение	среднее значение
1	2	3	4	5
1	Плотность раствора	кг/м^3	1506	1505
			1504	
2	Расход сухой смеси на единицу объема	кг/м^3	1076	1075
			1074	

Определение пределов прочности при сжатии и изгибе в возрасте 24 часа

таблица 2

Номер образца в серии	Время твердения, часы	Дата испытания	Величина максимальной нагрузки на сжатие, P_I Н	Прочность на сжатие, МПа		Величина максимальной нагрузки при изгибе, P_I, Н	Прочность при изгибе, МПа	
				Единичного образца, $R_{сж}$	средняя для серии образцов, $R_{сж}$		единичного образца, $R_{изг}$	средняя для серии образцов, $R_{изг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	24	27.02.2018	22840	9,1	8,6	798	1,9	1,8
2			22300	8,9		743	1,7	
3			21450	8,6		716	1,7	
4			19040	7,6		-	-	
5			21630	8,7		-	-	
6			22390	8,9		-	-	

Определение пределов прочности при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток

таблица 3

Номер образца в серии	Время твердения, сутки	Дата испытания	Величина максимальной нагрузки на сжатие, P_I Н	Прочность на сжатие, МПа		Величина максимальной нагрузки при изгибе, P_I, Н	Прочность при изгибе, МПа	
				Единичного образца, $R_{сж}$	средняя для серии образцов, $R_{сж}$		единичного образца, $R_{изг}$	средняя для серии образцов, $R_{изг}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	28	26.03.2018	5791	23,2	22,0	1628	3,8	3,5
2			58910	23,6		1536	3,6	
3			55260	22,1		1326	3,1	
4			52830	21,1		-	-	
5			50020	20,0		-	-	
6			54190	21,7		-	-	

Ведущий инженер ИЦ ООО «МИЦ» Т.Б. Зайцева

Руководитель ИЦ ООО «МИЦ» И. В. Никитин

Общество с ограниченной ответственностью
«М - Исследовательский Центр» (ООО «МИЦ»)
ИНН / КПП 4205264731/420501001, ОГРН 1134205008805

Испытательный центр
г. Кемерово, ул. Карболитовская, 6
Тел/факс: +7 (384-2) 48 02 15
E-mail: m-icenter@bk.ru

Аттестат аккредитации
№РОСС RU.0001.21МШ
срок действия по 08.04.2019 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ООО «МИЦ»
И. В. Никитин
«30» марта 2018 г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ
№ 72/1 от «30» марта 2018 г.
испытаний раствора на водонепроницаемость

Заказчик: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис», 650000, Россия, Кемеровская область, город Кемерово, улица Вахрушева, дом 10.
Основание для проведения испытаний: заявка № 11 от 08.02.2018 г.
Наименование объекта испытаний: сухая смесь УГМ ТУ 5745-001-10897221-2012.
Сведения о испытуемой пробе: проба упакована в полипропиленовый мешок с полиэтиленовым вкладышем, проба отобрана в лаборатории ООО «УГМ-Сервис» и доставлена «Заказчиком», В/Т-0,4. Количество отобранной пробы- 30 кг.
Изготовитель: общество с ограниченной ответственностью «УГМ-Сервис», 650000, Россия, Кемеровская область, город Кемерово, улица Вахрушева, дом 10.
Наименование испытуемых образцов: контрольные образцы-цилиндры бетона диаметром и высотой 150 мм.
Дата изготовления: 26.02.2018 г.
Период испытаний: 26.03.2018 г.
Регистрационный номер образца (пробы) ИЦ: №24-МИЦ.
Возраст: 28 суток.
Методика на методы испытаний: ГОСТ 31357-2007, ГОСТ 12730.5-84, ГОСТ 12730.0-78.
Сведения о средствах измерений и испытательном оборудовании: все средства измерений и испытательное оборудование, использованные при испытании поверены.
Результаты измерений:

таблица 1

Номер образца в серии	Маркировка образца	Возраст бетона, сут.	Время от начального до конечного разряжения давления ti, сек		Марка бетона по водонепроницаемости
			Значение отдельного образца	Среднее значение	
1	№24-МИЦ	28	90	158	В8
2			122		
3			140		
4			176		
5			262		
6			560		

Требования, предъявляемые к методу определения водонепроницаемости, соблюдены в соответствии с ГОСТ 12730.0-78. Обработка результатов испытаний проведена в соответствии с ГОСТ 12730.5-84. Паспорт ВВ 2.000.00ПС для ускоренного определения водонепроницаемости бетона.

Протокол испытаний № 72/1 от 30.03.2018 г. содержит показатели только представленных образцов.
Протокол испытаний не может быть полностью или частично перепечатан без разрешения испытательного центра.

По результатам испытаний водонепроницаемость контрольных образцов-цилиндров раствора из сухой строительной смеси УГМ соответствует марке по водонепроницаемости В8.

Заместитель директора ООО «МИЦ» А. Ю. Децик
Руководитель ИЦ ООО «МИЦ» И. В. Никитин

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Титулы инструкций по применению цементных смесей УГМ и УГМ-П

ООО «УГМ-Сервис»

ИНСТРУКЦИЯ

по применению сухой смеси УГМ-П

в подземных условиях шахт и рудников

Кемерово 2018

Общество с ограниченной ответственностью
«УГМ-Сервис»
Россия, 650014, Кемерово, ул. Вахрушева, 10
т./факс (3842) 90-13-19
e-mail: ugm_kuz@mail.ru

Общество с ограниченной ответственностью
«УГМ-Сервис»
Россия, 650014, Кемерово, ул. Вахрушева, 10
т./факс (3842) 90-13-19
e-mail: ugm_kuz@mail.ru

ООО «УГМ-Сервис»

ИНСТРУКЦИЯ

по применению двухкомпонентной смеси УГМ в подземных условиях шахт и рудников

Кемерово 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Пример документации, подтверждающей внедрение цементных смесей УГМ и УГМ-П и технологии изоляции пластовых выработок угольных шахт консолидированными тампонажной завесой монолитными безврубовыми перемычками

(как пример, представлено 29 документов из 324)

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «шахта «Алардинская»
_____С.А. Ретинский
«___»_____ 2015г.

Акт
неразрушающего контроля состояния
взрывоустойчивой перемычки №1395 из цементной смеси УГМ-П,
возведенной в сбойке №6 с вентиляционного штрека 3-40
на конвейерный штрек 3-39 02.08.2015г.

Комиссия в составе:

Начальник сервисного отдела ООО НПК «УГМ» К.В. Ганзий

Заместителя гл.инженера ООО «шахта «Алардинская» В.А. Пичугина

Установила:

1. Визуально-измерительный контроль состояния наружной поверхности перемычки и прилегающей приконтурной зоны массива определил, что:

в теле перемычки трещины, сколы, подтеки отсутствуют,
прилегающий горный массив не нарушен,

2. В теле перемычки, в соответствии с паспортом, установлены:
   1 дегазационная труба d- 1000мм, водоспускная трубы d- 219мм и 1 труба d-100мм для отбора проб воздуха.

Сечение перемычки – 20,8 м2

3. Контроль твердости (прочности) наружной поверхности перемычки производился прибором: молоток Кашкарова и показал среднюю прочность 30,7 МПа.

ПОДПИСИ:

Пичугин В.А.
Подпись Должность, ФИО

Ганзий К.В.
Подпись Должность, ФИО

Общество с ограниченной ответственностью
«УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Алардинская»
С.А. Ретинский
«4» 10 2017 г

Согласованно:
Генеральный директор
ООО «УГМ Сервис»
Н.Ю. Трошков
«04» 10 2017 г.

АКТ
выполненных работ

04.10.2017 г

Тампонаж нарушенных горных пород приконтурных зон взрывоустойчивых перемычек №1256, 1129,1130,1131,1132,1133,1134,1135,1136,1137,1138,1141 ограждающих пожарный участок №79.

Комиссия в составе:
ООО «Шахта «Алардинская»
Главный специалист технической службы Мотрич Е.А.
Начальник УДиП Большанин А.А.
ООО «УГМ-Сервис»
Ведущий инженер Лихоузов А.А.

В результате проведённых тампонажных работ комиссия установила:

1. На основании проведенной оценки трещиноватости была предложена сетка из 10-12 инъекционных шпуров на одну изолирующую перемычку. Произведен расчет количества двухкомпонентной смеси УГМ, который составил порядка 2000 кг на обработку одного изолирующего сооружения и 24000 кг на весь объем работ. Фактический расход на весь обработанный участок составил 23040 кг, что соответствует расчетному.
2. Достигнуты следующие показатели:
   - снижение утечек метановоздушной смеси через изолирующие сооружения с 280 до 120 $м^3$/мин.
   -снижение концентрации CO и O_2
   - перемычка №1129 концентрация газа CO с 2,0% до 0%; O_2 с 2,0% до 1,8%
   - скважина №806 концентрация газа CO с 2,9% до 0,0071%; O_2 с 2,9% до 1,4%

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – Главному инженеру ООО «Шахта «Алардинская».
2-й экз. – Генеральному директору ООО «УГМ-Сервис».

Комиссия в составе:
ООО «Шахта «Алардинская»
Главный специалист технической службы Е.А. Мотрич
Начальник УДиП А.А. Большанин

ООО «УГМ-Сервис»
Ведущий инженер Лихоузов А.А.

Общество с ограниченной ответственностью
«УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Алардинская»
М.А. Нургалиев
_____
«_____»_____2017 г.

Утверждаю:
Технический директор
ООО «УГМ Сервис»
М.В. Федоров
_____
«_____»_____2017 г.

АКТ
выполненных работ

17.03.2017 г

По инъекционному упрочнению (тампонажу) нарушенной приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки №1449 сбойки №8 между вентиляционным штреком 3-39 и конвейерным штреком 3-38.

Комиссия в составе:
ООО «Шахта «Алардинская»
Главный инженер — М.А. Нургалиев
Главный специалист ОДиВ технической дирекции — А.В. Нутрихин

ООО «УГМ-Сервис»
Генеральный директор — Н.Ю. Трошков
Технический директор — М.В. Федоров

Приглашенные:
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук (ФИЦ УУХ СО РАН)
Институт угля
Младший научный сотрудник — И.Л. Непомнищев
Ведущий инженер — А.А. Лихоузов

16 марта 2017 года проведено инъекционное упрочнение (тампонаж) приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки №1449 сбойки №8 между вентиляционным штреком 3-39 и конвейерным штреком 3-38 ООО «Шахта «Алардинская».

Работы по тампонажу приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки №1449

Для инъекционного нагнетания двухкомпонентной смеси «УГМ» были использованы тампонажные шпуры, в количестве шести штук, диаметром 30 мм (рис. 1).По три шпура пробурены в борта выработки на глубину 2 м с расстоянием между шпурами 0,8 м. Устье всех шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм для установки герметизатора.

Нагнетание смеси «УГМ» в шпуры производилось насосом состоящего из растворонасоса СО-49С оснащенного двигателем MRV050A, 3,6кВТ и ручного смесителя на основе пневматического гайковерта. Тампонаж проводился по циклам, каждый из которых включает в себя: установку герметизатора в шпур, включение оборудования, нагнетание порции смеси в шпур под давлением по зажимной схеме, выключение насоса, выдержку, с контролем падения давления, демонтаж герметизатора.

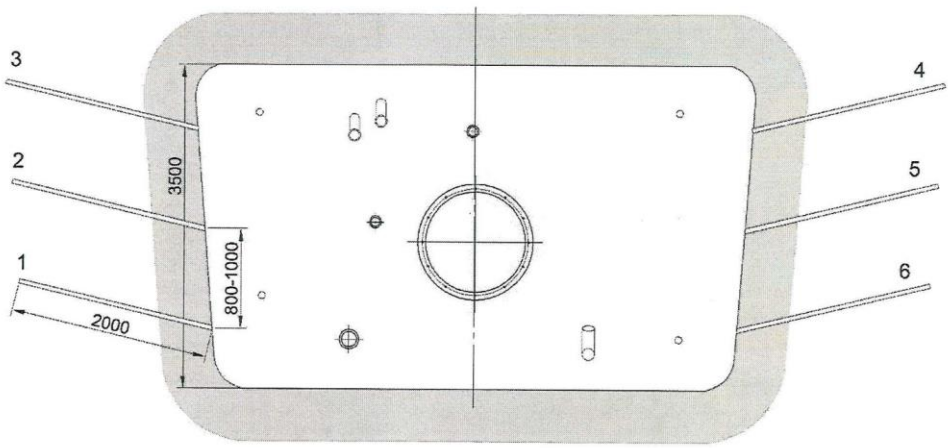


Рис. 1. Схема расположения инъекционных скважин по контуру горной выработки

В случае, когда после проведения цикла давление в шпуре снижается, то цикл повторяется. Если давление остается постоянным, тогда шпур и область вокруг него считается заполненными смесью «УГМ» и герметизатор может быть демонтирован.

Всего для проведения работ по тампонажу приконтурной зоны перемычки было израсходовано 1075 кг готовой смеси.

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – Главному инженеру ООО «Шахта «Алардинская».
2-й экз. – Техническому директору ООО «УГМ-Сервис».

ООО «Шахта «Алардинская»
Главный инженер М.А. Нургалиев
Главный специалист ОДиВ
технической дирекции А.В. Нутрихин

ООО «УГМ-Сервис»
Генеральный директор Н.Ю. Трошков
Технический директор М.В. Федоров

Приглашенные:
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук (ФИЦ УУХ СО РАН)
Институт угля
Младший научный сотрудник И.Л. Непомнищев
Ведущий инженер А.А. Лихоузов

У т в е р ж д а ю :
Главный инженер филиала
ООО «Шахта «Алардинская»
М.А. Нургалиев

«_____»_____2017 г.

У т в е р ж д а ю :
Генеральный директор
ООО «УГМ Сервис»
Н.Ю. Трошков

«_____»_____2017 г.

Паспорт

проведения инъекционного упрочнения (тампонажных работ)
приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки
сбойки № 7 между вентиляционным штреком 3-39
и конвейерным штреком 3-38

Технический директор _____ М.В. Федоров
Горный инженер отдела
перспективного развития _____ И.Л. Непомнищев
Горный инженер отдела
перспективного развития _____ А.А. Лихоузов

Кемерово, 2017 г.

I. Основание для ведения работ

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах».

П.33 «На пластах угля, склонных к самовозгоранию, изоляцию выработанных пространств отработанных выемочных участков следует проводить так, чтобы концентрация кислорода в рудничной атмосфере в изолированном выработанном пространстве не превышала 10%.

Изоляция пожаров в горных выработках и в выработанном пространстве проводится так, чтобы концентрация кислорода в рудничной атмосфере в изолированных горных выработках или изолированном выработанном пространстве не превышала 3%.»

Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по предупреждению эндогенных пожаров и безопасному ведению горных работ на склонных к самовозгоранию пластах угля».

П.14 «На участках повышенной эндогенной пожароопасности следует предусматривать мероприятия по снижению воздухопроницаемости углепородного массива. Снижение воздухопроницаемости достигается путем возведения рубашек из бетона, нанесения изолирующих покрытий, тампонажа угольного массива и заполнения пустот и куполов герметизирующими материалами. При этом следует учитывать результаты оценки пожароопасности целиков угля и выработанных пространств с применением геофизических методов, изложенных в приложении N 4 к настоящей Инструкции.»

II. Область применения технологии и материала

- Упрочнение и уплотнение нарушенных горных пород и грунтов.
- Гидроизоляция трещиноватых горных пород и грунтов, создание противофильтрационных завес.
- Упрочнение и восстановление несущей способности базовых конструкций подземных сооружений.
- Вспомогательные мероприятия при ремонте, реконструкции и ликвидации подземных сооружений.
- Упрочнение неустойчивого породного массива при проведении, поддержании и восстановлении подземных горных выработок, вскрытии и пересечении геологических нарушений.
- Упрочнение несущих бетонных конструкций крепей капитальных горных выработок.
- Упрочнение и гидроизоляция контуров сооружений и окружающего их массива при освоении подземного пространства.

- Упрочнение массива пород и грунтов для предотвращения оползней и горных обвалов.
- Упрочнение бортов карьеров при открытой разработке полезных ископаемых.
- Гидроизоляция гидротехнических сооружений (плотин, дамб и бортов каналов).
- Упрочнение фундаментов зданий и сооружений в сложных эксплуатационных условиях.
- Изоляция приконтурной зоны вентиляционных сооружений.

III. Сведения об объекте

Намечены работы проведения инъекционного упрочнения (тампонажа) приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки сбойки №7 между вентиляционным штреком 3-39 и конвейерным штреком 3-38.

Состояние выработки и крепления на момент изоляции – удовлетворительное. Приконтурная зона перемычки сбойки №7 находится в зоне ожидаемого влияния горного давления отведения очистных работ лавы 3-39, потому требуется проведение инъекционного упрочнения. Руководством шахты принято решение произвести экспериментальное укрепление приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки сбойки №7 заблаговременно, с целью определить вероятность сдерживания процесса формирования сети трещин углепородного массива при помощи укрепления двухкомпонентной смесью УГМ.

При прохождении очистных работ от сбойки №7 на длину более шага посадки основной кровли, производится визуальный контроль. При возникновении процессов видимого разрушения углепородного массива производится реометрический контроль специалистами «УГМ-Сервис».

По результатам проведенного контроля составляется «Акт по оценки трещиноватости…», на основании которой руководство шахты определяет целесообразность заблаговременного упрочнения приконтурных зон перемычек. При необходимости производится повторное инъекционное упрочнение углепородного массива.

IV. Описание технологии работ

Для проведения тампонажных работ взрывоустойчивой перемычки, расположенной в сбойке № 7 между вентиляционным штреком 3-39 и конвейерным штреком 3-38 используется двухкомпонентная смесь УГМ на основе минерального вяжущего (компонент А) и раствор со специализированными полифункциональными добавками (компонент Б).

Перед проведением тампонажных работ для уточнения параметров вязкости тампонажной смеси и размеров тампонажных шпуров производят реометрическую оценку трещиноватости горных пород. Для проведения проверки необходимо пробурить по 1-2 шпура в борта, кровлю и почву,

при тампонаже почвы, количество определяют исходя из размеров обследуемого объекта. Длина шпуров составляет 3 метра.

Тампонаж взрывоустойчивой перемычки осуществляется по периметру перемычки посредством нагнетания готовой двухкомпонентной смеси УГМ в предварительно пробуренные шпуры. Шпуры бурятся согласно схеме (рис 1, 2) по периметру перемычки с наклоном на перемычку на расстоянии не более 0,5 м от нее.

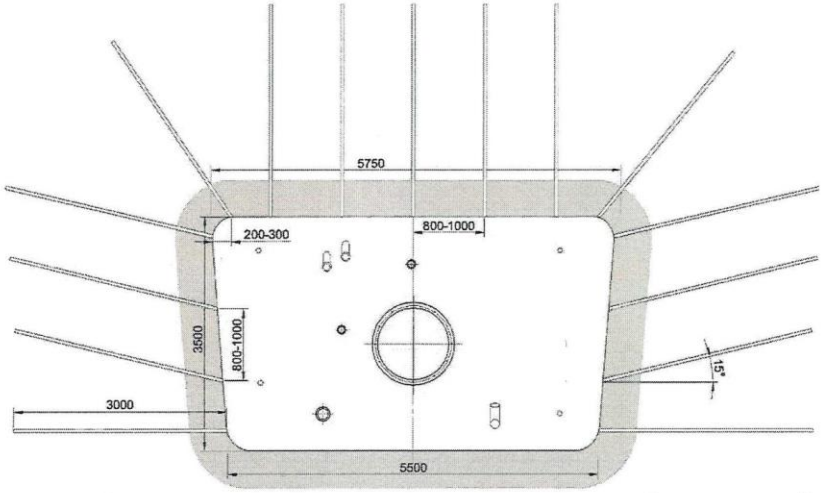


Рис. 1. Схема расположения тампонажных шпуров (вид спереди)

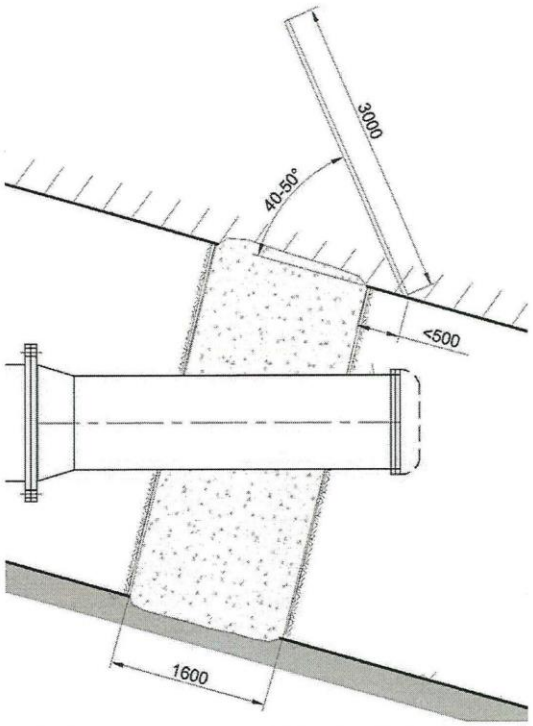


Рис. 2. Схема расположения тампонажных шпуров (вид сбоку)

Шпуры располагают на расстояние 1 метра друг от друга. Такое расстояние между шпурами обеспечивает полный и качественный тампонаж. Длина шпура 1,5 метра.

Дополнительно пробуривают шпур в место контакта бортов выработки с кровлей или почвой, при тампонаже почвы.

Длина тампонажных шпуров составляет 3 метра, при уточнении состояния трещиноватости горных пород длина шпура может быть снижена до 2 метров.

Допускается использование диагностических шпуров для проведения тампонажных работ.

V. Очерёдность ведения работ

1. Заказчик определяет место проведения работ и сообщает о своем решении Подрядчику.
2. Подрядчик обследует место проведения тампонажных работ, при этом производят: выбор места установки нагнетательного оборудования, места складирования компонентов смеси, выбор места бурения диагностических шпуров.
3. По итогам обследования составляется экспресс-схема расположения диагностических шпуров, в соответствии с которой осуществляется их

бурение силами Заказчика. После окончания бурения Подрядчик осуществляет реометрический контроль и выдает заключение трещиноватости горных пород.

Пункты 2, 3 возможно выполнять одновременно при наличии возможности исполнения бурения непосредственно при обследовании места проведения работ.

4. По результатам проведенного обследования трещиноватости горных пород составляется паспорт инъекционного упрочнения (тампонажных работ) в котором указана схема местоположения тампонажных шпуров.
5. Заказчик осуществляет бурение тампонажных шпуров в соответствии со схемой представленной в паспорте проведения тампонажных работ и должен обеспечить доступ к диагностическим и тампонажным шпурам. Возможные дополнительные работы предусматриваются Паспортом.
6. Подрядчик осуществляет доставку насосно-нагнетательного оборудования и тампонажной смеси (двухкомпонентная смесь УГМ) до склада Заказчика. Надлежащее хранение тампонажной смеси, в соответствии с «Инструкцией по применению двухкомпонентной смеси УГМ» и сохранность насосно-нагнетательного оборудования, на складах Заказчика осуществляется Заказчиком.
7. Доставка, разгрузка, установка и сохранность оборудования и материалов на месте проведения работ и во время доставки осуществляется Заказчиком.
8. О выполнении пунктов 6, 7 Заказчик сообщает Подрядчику, после чего Подрядчик осуществляет инъекционное упрочнение (тампонажные работы) приконтурной зоны.
9. О начале и окончание работ по тампонажу Подрядчик сообщает уполномоченному представителю Заказчика (например, горному диспетчеру). Если работы по тампонажу производятся в несколько этапов, то сообщается каждый раз о начале и окончание работ.
10. Подрядчик производит инъекционное упрочнение (тампонаж) подготовленных диагностических и тампонажных шпуров в соответствии с «Инструкцией по применению двухкомпонентной смеси УГМ» и паспортом инъекционного упрочнения (тампонажных работ) приконтурной зоны. На время выполнения тампонажных работ сохранность оборудования и материалов ложится на Подрядчика. При перерыве более одной смены в выполнение тампонажных работ сохранность оборудования и материалов ложится на Заказчика.
11. Выдача насосно-нагнетательного оборудования на поверхность и сохранность оборудования во время выдачи и дальнейшего хранения осуществляется Заказчиком.

VI. Меры промышленной безопасности и охраны труда

1. Перед выдачей наряда, назначается старший (звеньевой). Производится инструктаж и дается наряд на выполнение работ, с отметкой (росписью) в «Книге нарядов» и путевке горного мастера.
2. Перед началом ведения работ, звеньевой осматривает рабочее место – состояние крепления кровли и бортов выработки. При обнаружении опасности принимает меры к ее устранению.
3. На месте ведения работ газовая обстановка постоянно контролируется прибором типа «Атест» или М-02. При превышении концентрации $CH_4$2% и более люди выводятся в безопасное место на свежую струю.
4. К работам по проведению инъекционного упрочнения (тампонажа) и других видов тампонажных работ двухкомпонентной смеси УГМ должен допускаться специально обученный персонал под руководством ответственного лица.
5. Начинать работу **при наличии «Паспорта…»**, «Акта оценки трещиноватости…» и иной документации утвержденной в установленном порядке, технологию, и меры безопасности проводить в соответствии с «Паспортом….». При производстве работ не допускать отклонений от: «Паспорта…», требований «Инструкций по применению двухкомпонентной смеси «УГМ»», инструкции по эксплуатации пенобетонных насосов, «Инструкции по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28.11.2014 г. №530.
6. Оборка бортов и кровли выработки производится металлической пикой длиной 3,0м. при этом все работающие должны находиться под закрепленным пространством.
7. При обнаружении опасности возникновения аварии немедленно прекращаются все работы, выработку закрещивают, люди выходят в безопасное место и сообщают об опасности начальнику смены и лицу технического надзора участка.
8. Порядок работы по инъекционному упрочнению (тампонажу) определяется настоящим «Паспортом…».
9. Оборудование должно быть установлено на почве выработки в устойчивом положении горизонтально или под углом 1-2° по отношению к нагнетательному штуцеру насоса. При этом должно быть обеспечено нахождение оператора на свежей струе воздуха.
10. Оборудование должно быть установлено так, чтобы к нему могли быть проведены трубопровод подачи воды, сжатого воздуха или, при наличии электродвигателя, электрический кабель для подключения.

11. Напорные трубопроводы прокладывают до места возведения сооружения по наиболее короткому пути, не допуская их перегибов радиусом менее 1 м.
12. Если минимальная длина напорных рукавов больше расстояния от насосного агрегата до места ведения тампонажных работ, рукава необходимо уложить кольцами или «змейкой» с радиусами изгиба не менее 1 м.
13. Соединения напорных трубопроводов должны быть надёжными и герметичными. При наличии уклонов необходимо учитывать как горизонтальную, так и вертикальную составляющие профиля выработки.
14. При работах на высоте более 1,8 м – работы необходимо производить с рабочего полка, при этом обязательно применение многоточечной подвесной системы, а страховочный фал должен быть зацеплен с расчетом, исключающим падение рабочего на почву выработки. Конструкция полка состоит из двух козлов с поручнями и ступенями и двух плах толщиной не менее 50 мм. Рабочий полок устанавливается, с таким расчетом, чтобы исключалось опрокидывание рабочего полка на месте ведения работ.
15. **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** складировать материалы на полке, а также передавать материалы и оборудование броском.
16. Рабочим **ЗАПРЕЩАЕТСЯ** работать в неисправной одежде, без СИЗ. При возведении проведении тампонажных работ, рабочие должны избегать попадания смеси на незащищенные части тела.
    К применяемым СИЗ относятся:
    - рабочая одежда;
    - защитные рукавицы или перчатки, рекомендуется так же применять защитные кремы для рук;
    - защитные очки;
    - противопылевые респираторы разового использования типа Р2 (либо аналоги).

    Респираторы используются в течение одной рабочей смены.
17. В непосредственной близости от рабочего места должен проходить водопровод с точкой отбора воды или находиться фляжка с запасом чистой воды.
18. При работе более 3 часов в смену операторы комплекса должны обеспечиваться противошумными наушниками.
19. Рабочие, занятые проведением тампонажных работ должны знать место расположения ближайшего телефона.
20. Дополнительные меры безопасности не предусмотренные «Паспортом…», но логически вытекающие из мер безопасности по применению двухкомпонентной смеси УГМ и оборудования для закачки ПБН-15 (либо аналог), разрабатываются начальником участка в соответствии с горно-техническими условиями работ.

21. Рабочие, занятые тампонажным работами, ознакамливаются с «Паспортом…» ведения инъекционных (тампонажных) работ под роспись.
22. Ответственный за выполнение мероприятий по безопасности работ начальник участка, выполняющего работы по «Документации…».

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Шахта «Алардинская»

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО «Шахта «Алардинская»
С.А. Ретинский

Сводный акт внедрения технологий и материалов
производства ООО «УГМ-Сервис»
за период 2013-2018 гг. в условиях ООО «Шахта «Алардинская»

В горно-геологических и горнотехнических условиях ООО «Шахта «Алардинская» за период 2013-2018 гг. научно-производственной компанией ООО «УГМ-Сервис» внедрены следующие технологии:

– возведения монолитных безврубовых изоляционных взрывоустойчивых перемычек из сухой цементной смеси УГМ-П;

– инъекционного упрочнения и уплотнения нарушенных горных пород и углей двухкомпонентной цементной смеси УГМ вокруг изоляционных перемычек;

– заполнения (изоляция) горных выработок и выработанных пространств, пустот и полостей в окружающем массиве горных пород, создания искусственных целиков из облегченной цементной смеси УГМ-Р.

По угольному пласту 3-3а проведены:

– комплекс работ по изоляции приконтурных зон взрывоустойчивых перемычек №№ 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1141, 1256 для снижения фильтрационных свойств углепородного массива и перетоков метановоздушной смеси;

– подготовительные работы по вентиляционного уклона 1/1 для заполнения пустот и выработанных пространств твердеющей смесью УГМ-Р для стабилизации контура обрушения, предотвращения фильтрации газов в выработанное пространство.

В итоге, за период работы возведено более 250 единиц изоляционных сооружений (перемычек), на которые израсходовано 6266 тонн сухой цементной смеси УГМ-П. Также, проведены изоляционные работы нарушенного приконтурного массива способом инъекционного упрочнения двухкомпонентной смесью УГМ, на которые израсходовано 49 тонн.

Оперативная оценка качества работ в шахте проводилась с использованием методов визуально-измерительного и реометрического контроля. Качество используемых смесей гарантировано поставщиком-производителем ООО «УГМ-Сервис» при условии соблюдения действующих инструкций и регламентов. Порядок выполнения работ по изоляции дополнительно контролировался техническими службами шахты.

Общество с ограниченной ответственностью «Шахта «Алардинская»
ул. Угольная, д.56, п.Малиновка, г. Калтан, Кемеровская область, Россия, 652831
тел. (38472)77-2-01, факс (38472)77-7-04 e-mail: Mariya.Glukhova@evraz.com.
ОГРН 1114222001200, ОКПО 92757343, ИНН /КПП 4222013689/422201001

Выводы:

Применяемые ООО «УГМ-Сервис» технологии и материалы прошли апробацию.

Доказана работоспособность системы «перемычка-тампонажная завеса» из цементных смесей УГМ и УГМ-П, подтверждены высокое качество и эффективность изоляции горных выработок в горно-геологических условиях пласта 3-3а шахты «Алардинская».

Высокая проникающая способность цементных смесей УГМ и УГМ-П по трещинам приконтурной зоны вокруг перемычек обеспечивают герметичную изоляцию неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств от действующих горных выработок в том числе, пройденных по угольным пластам, в зонах повышенного горного давления и влияния геологических нарушений. При этом, системой газового контроля шахты зафиксировано снижение концентрации CO и 0_2 (перемычка 1129 концентрация газа CO с 2,0% до 0%; 02 с 2,0% до 1,8%; скважина 806 концентрация газа CO с 2,9% до 0,0071%; 02 с 2,9% до 1,4%).

Для проведения работ по заполнению вентиляционного уклона 1/1 произведен подбор подходящей смеси на опытно промышленных испытаниях. Смесь УГМ-Р зарекомендовала себя как качественный продукт, наиболее полно отвечающий предъявленным требованиям. На текущий момент произведена тендерная процедура на закупку смеси УГМ-Р для заполнения выработки. Дальнейшая закупка и работы введены в ПРГР.

Снижение фильтрационных характеристик угольного пласта 3-3а и вмещающих пород при возведении тампонажных завес приконтурных зон изоляционных взрывоустойчивых перемычек, является важным мероприятием, непосредственно влияющим на замедления окислительных процессов в угольных целиках.

Смеси УГМ, УГМ-П и УГМ-Р зарекомендовали себя как качественный, надежный и долговечный материал.

Учитывая нашу общую положительную оценку, рекомендуем рассмотреть возможность применения апробированных материалов и технологий ООО «УГМ-Сервис» в условиях других шахт Распадской угольной компании.

Главный специалист **Е.А. Мотрич**

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО «Шахта «Юбилейная»
…….. И.В. Вольф
«22» 01 2016г.

АКТ
приемки изолирующей перемычки № 2005
установленной в *конвейерном штреке 16-17 в трёх метрах от флангового путевого уклона*.

Комиссия назначенная приказом № 429 ООО «Шахта «Юбилейная» от 31.12.2016г в составе:

Председатель комиссии:
Владимиров В.Г - зам. директора по ОТ и ПК;
Члены комиссии:
Буянов К.А. - начальник участка АБ;
Бухаров Д.В. - главный маркшейдер;
Тетерин К.Г. - зам. начальника участка АБ по профилактике.
Иванов Д.А. - начальник участка №1, выполнивший работы по изоляции.

В первую смену «22» 01 2016 г произвела приёмку возведённой в *конвейерном штреке 16-17 в пяти метрах от флангового путевого уклона* изолирующей перемычки № 2005 и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки выполнены в полном объеме в соответствии с документацией от "09" января 2016 г.
Место возведения *конвейерный штрек 16-17 в пяти метрах от флангового путевого уклона*.
(наименование выработки, пикет)
Назначение и конструкция *изоляция выемочного участка, изоляционная-взрывоустойчивая*
Материал перемычки *УГМ-П*.
Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепородного массива *оштукатуривание тела перемычки*.
(тампонаж, покрытие, полымывание)
Даты приемок скрытых работ 18.01. 2016г.
Эскиз изоляционного сооружения прилагается.
Линейно-угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на планы горных работ.

"21" 01 2016 г. Бокарь / /
(фамилия) (подпись)

Заключение комиссии: *Изоляционная, взрывоустойчивая перемычка №2005, установлена в соответствии с проектом. Работы выполнены в регламентируемые сроки.*
(указать качество выполненных работ)

Владимиров В.Г — зам. директора по ОТ и ПК (председатель)
Буянов К.А. — начальник участка АБ
Бухаров Д.В. — главный маркшейдер
Тетерин К.Г. — зам. начальника участка АБ по профилактике
Иванов Д.А. — начальник участка №1, выполнивший работы по изоляции

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО «Шахта «Юбилейная»
…….. И.В. Вольф
«13» 01 ……2016г.

АКТ
приемки изолирующей перемычки № 2004
установленной в *вентиляционном штреке 16-17 в трёх метрах от флангового путевого уклона*.

Комиссия назначенная приказом № 429 ООО «Шахта «Юбилейная» от 31.12.2016г в составе:

Председатель комиссии:
Владимиров В.Г - зам. директора по ОТ и ПК;
Члены комиссии:
Буянов К.А. - начальник участка АБ;
Бухаров Д.В. - главный маркшейдер;
Тетерин К.Г. - зам. начальника участка АБ по профилактике.
Иванов Д.А. - начальник участка №1, выполнивший работы по изоляции.

В первую смену «13» 01 2016 г произвела приёмку возведённой в *вентиляционном штреке 16-17 в трёх метрах от флангового путевого уклона* изолирующей перемычки № 2004 и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки выполнены в полном объеме в соответствии с документацией от "09" января 2016 г.
Место возведения *вентиляционный штрек 16-17 в трёх метрах от флангового путевого уклона*.
(наименование выработки, пикет)

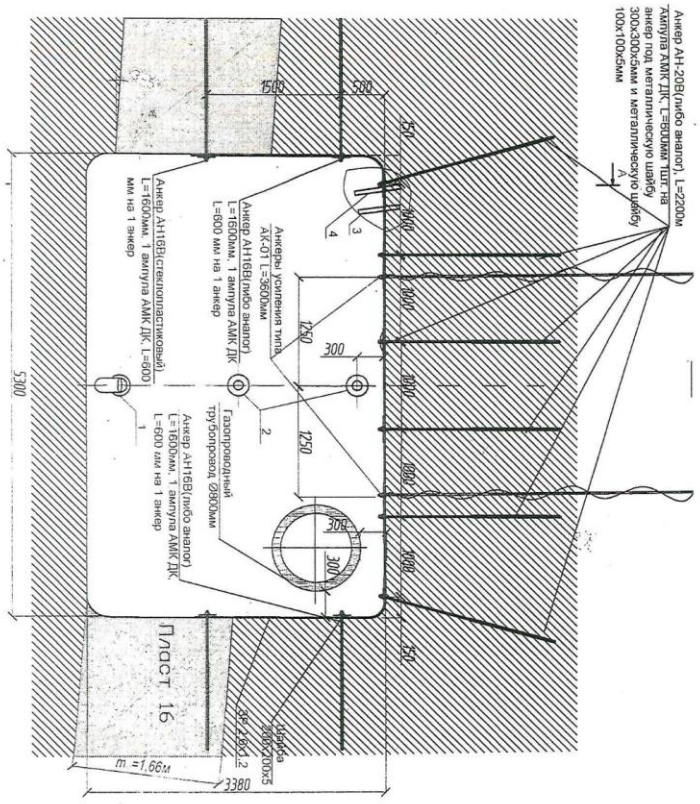
Назначение и конструкция *изоляция выемочного участка, изоляционная-взрывоустойчивая*
Материал перемычки *УГМ-П*.
Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепородного массива *оштукатуривание тела перемычки*.
(тампонаж, покрытие, подштукатуривание)

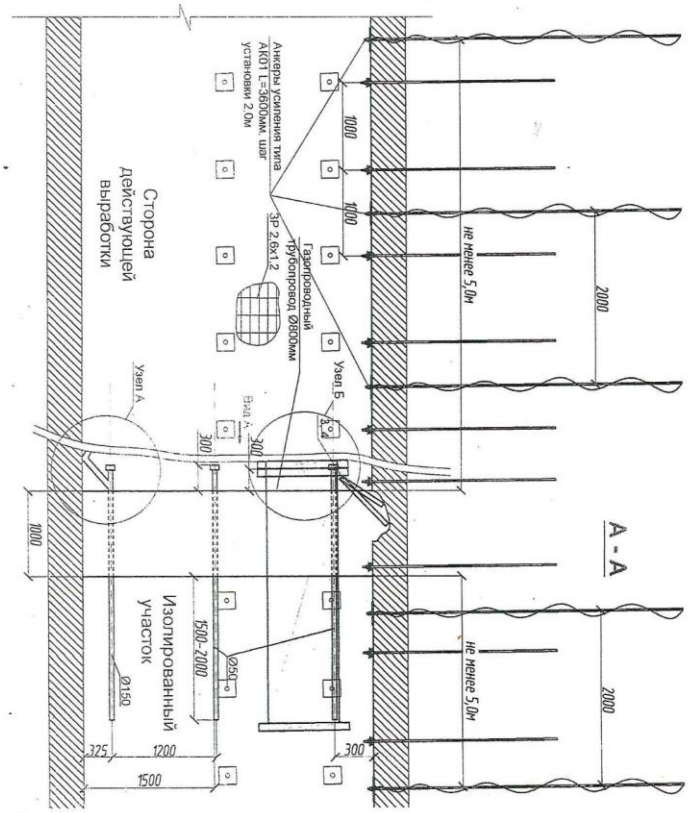
Даты приемок скрытых работ 10.01.2016г.
Эскиз изоляционного сооружения прилагается.
Линейно-угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на планы горных работ.

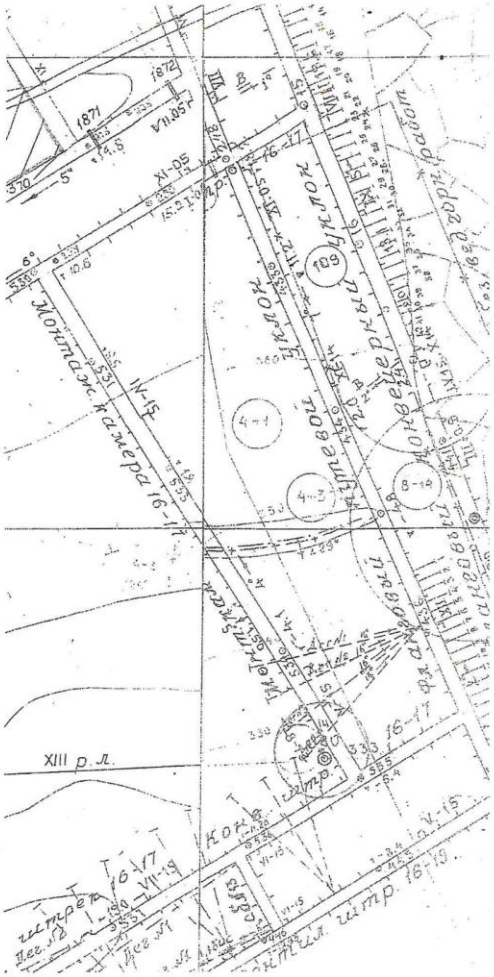
"13" 01 2016 г. Малютов Е.Ю. /
(фамилия) (подпись)

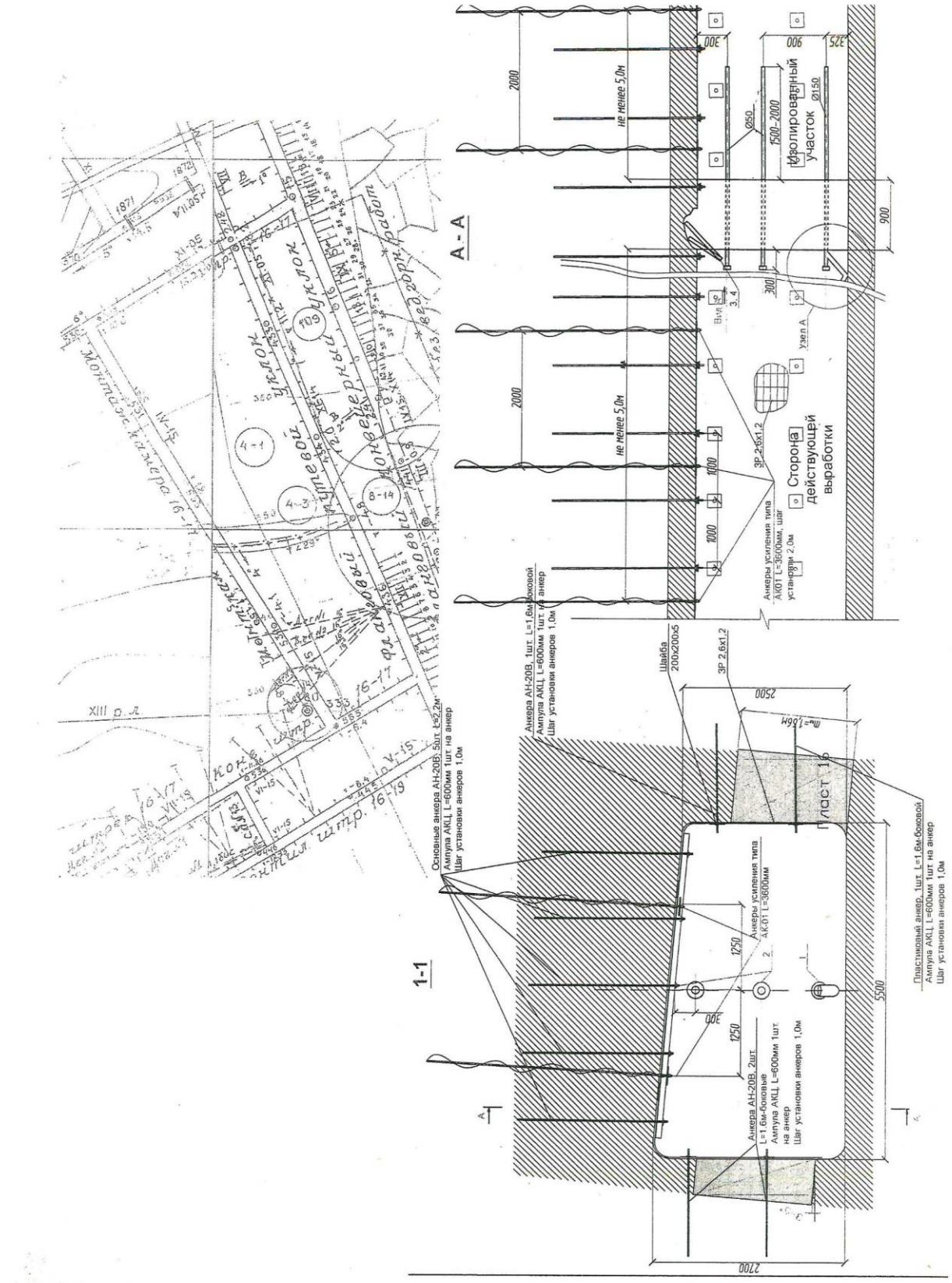
Заключение комиссии: *Изоляционная, взрывоустойчивая перемычка №2004, установлена в соответствии с проектом. Работы выполнены в регламентируемые сроки.*
(указать качество выполненных работ)

Владимиров В.Г — зам. директора по ОТ и ПК (председатель)
Буянов К.А. — начальник участка ВТБ
Бухаров Д.В. — главный маркшейдер
Тетерин К.Г. — зам. начальника участка ВТБ по профилактике
Иванов Д.А. — начальник участка №1, выполнивший работы по изоляции


Анкер АН-20В(либо аналог), L=2200м
Ампула АМК ДК, L=600мм 1шт. на анкер под металлическую шайбу 300х300х5мм и металлическую шайбу 100х100х5мм
Анкеры усиления типа АК-01 L=3600мм
Анкер АН16В(либо аналог) L=1600мм, 1 ампула АМК ДК L=600 мм на 1 анкер
Анкер АН16В(стеклопластиковый) L=1600мм, 1 ампула АМК ДК, L=600 мм на 1 анкер
Газопроводный трубопровод Ø800мм
Анкер АН16В(либо аналог) L=1600мм, 1 ампула АМК ДК, L=600 мм на 1 анкер
Шайба 200х200х5
Пласт 16
m =1,66м
3380
5300


Анкеры усиления типа АК01 L=3600мм, шаг установки 2.0м
Газопроводный трубопровод Ø800мм
Сторона действующей выработки
Узел А
Узел Б
Изолированный участок
не менее 5,0м
А - А
1500-2000
1500
1200
325
300
2000


XIII р. л.


А - А
1-1
не менее 5,0м
2000
1000
300
900
325
Ø50
Ø150
1500-2000
Цементированный участок
Сторона действующей выработки
Узел А
3Р 2,6х1,2
Анкеры усиления типа АК-01 L=3600мм, шаг установки 2,0м
Анкера АН-20В, 1шт. L=1,6м-боковой
Ампула АКЦ, L=600мм 1шт на анкер
Шаг установки анкеров 1,0м
Основные анкера АН-20В, 5шт. L=2,2м
Ампула АКЦ, L=600мм 1шт на анкер
Шаг установки анкеров 1,0м
Шайба 200х200х5
2500
2700
5500
1250
300
Пластиковый анкер, 1шт. L=1,6м-боковой
Ампула АКЦ, L=600мм 1шт на анкер
Шаг установки анкеров 1,0м
Анкера АН-20В, 2шт
L=1,6м-боковые
Ампула АКЦ, L=600мм 1шт на анкер
Шаг установки анкеров 1,0м
Ул. Мичурина
Ул. Тимирязева
Ул. Фрунзе
Ул. Кирова
Ул. Ленина
Ул. Пушкина
Ул. Гоголя
Ул. Горького
Ул. Чехова
Ул. Некрасова
Ул. Белинского
Ул. Пирогова
Ул. Крупской
Ул. Шевченко
Ул. Толстого
Ул. Маяковского
Ул. Лермонтова
Ул. Пролетарская
Ул. Ломоносова
Ул. Суворова
Ул. Кутузова
Ул. Жуковского
Ул. Щорса
Ул. Чапаева
Ул. Ворошилова
Ул. Калинина
Ул. Свердлова
Ул. Ленинградская
Ул. Комсомольская
Ул. Октябрьская
Ул. Советская
Ул. Первомайская
Ул. Рабочая
Ул. Заводская
Ул. Железнодорожная
Ул. Школьная
Ул. Садовая
Ул. Набережная
Ул. Речная
Ул. Лесная
Ул. Полевая
Ул. Центральная
Ул. Молодежная
Ул. Строителей
Ул. Транспортная
Ул. Промышленная
Ул. Индустриальная
Ул. Энергетиков
Ул. Металлургов
Ул. Шахтерская
Ул. Горняков
Ул. Рудничная
Ул. Забойная
Ул. Проходческая
Ул. Вентиляционная
Ул. Откаточная
Ул. Квершлагная
Ул. Штольневая
Ул. Наклонная
Ул. Уклонная
Ул. Бремсберговая
Ул. Печная
Ул. Камерная
Ул. Целиковая
Ул. Столбовая
Ул. Панельная
Ул. Лавочная
Ул. Забойщиков
Ул. Крепильщиков
Ул. Проходчиков
Ул. Машинистов
Ул. Электрослесарей
Ул. Горнорабочих
Ул. Взрывников
Ул. Маркшейдеров
Ул. Геологов
Ул. Буровиков
Ул. Насосников
Ул. Водоотливщиков
Ул. Вентиляторщиков
Ул. Подземщиков
Ул. Рудничных
Ул. Шахтных
Ул. Угольных
Ул. Породных
Ул. Скиповых
Ул. Клетевых
Ул. Стволовых
Ул. Околоствольных
Ул. Квершлагов
Ул. Штреков
Ул. Лав
Ул. Забоев
Ул. Выработок
Ул. Камер
Ул. Целиков
Ул. Столбов
Ул. Панелей
Ул. Лавочников
Ул. Забойщиков
Ул. Крепильщиков
Ул. Проходчиков
Ул. Машинистов
Ул. Электрослесарей
Ул. Горнорабочих
Ул. Взрывников
Ул. Маркшейдеров
Ул. Геологов
Ул. Буровиков
Ул. Насосников
Ул. Водоотливщиков
Ул. Вентиляторщиков
Ул. Подземщиков
Ул. Рудничных
Ул. Шахтных
Ул. Угольных
Ул. Породных
Ул. Скиповых
Ул. Клетевых
Ул. Стволовых
Ул. Околоствольных
Ул. Квершлагов
Ул. Штреков
Ул. Лав
Ул. Забоев
Ул. Выработок
Ул. Камер
Ул. Целиков
Ул. Столбов
Ул. Панелей

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО«Шахта «Усковская»
_____А.Ю.Волков
"__"_____2015г.

Документация на ведение горных работ по возведению безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №289, возводимой в вентиляционном штреке 50-27 бис в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север

Зам.главного инженера по технологии — Талдыкин Т.В.

Начальник участка ВТБ — Емельянов В.А.

Новокузнецк 2015

1.Назначение изолирующей перемычки №289

Изоляция неиспользуемых горных выработок.

2.Сведения об изолируемых горных выработок и выработанных пространств

Место возведения безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №289, в нтиляционном штреке 50-27 бис в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север

Вентиляционный штрек 50-27 проведен с присечкой пород кровли и почвы. Крепление кровли , керное - 6 анкеров АСП-20В L=2,2м : 4 анкера АСП-20В L=2,2м опорный элемент - подхват ШМ-8 L=4.0 м и два анкера под баклушу ПМШ-8 L= 0,25м (шайба 200х200) ; крепление бортов - жний и верхний борт выработки закреплен тремя анкерами АСП-1,6 L=1.6м, опорный элемент – клуша ПМШ-8 (шайба 200х200). Перетяжка бортов и кровли выработки произведена затяжкой шетчатой ЗР 2,6х1,1. Шаг крепления 1,0 м. Угол наклона выработки 0-2^0. Сечение выработки в ету 20,5 $м^2$, вчерне 21$м^2$, размеры выработки в свету: ширина 5,4м, высота 3,8м. Ожидаемый дополнительный приток через изолирующую перемычку составит 1м3 в час, максимальный до 5м3 в час.

3.Описание принятых технологических и технических решений, расчеты, обосновывающие принятые технологические и технические решения

Расчет выполняется в соответствии с Приложением 6 "Инструкции по изоляции еиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах»

3.1.Исходные данные:

Высота перемычки, b -	3,8м
Ширина перемычки, a -	5,4м
Соотношение $\eta = b / a$, -	0,62
Сечение выработки в черне, S -	21м2
Атмосферное давление, Ра -	0,1МПа
Амплитуда давления в УВВ, Р -	0,3МПа
Сопротивление на сжатие цементной смеси "УГМ-П", Rсж -	12МПа
Сопротивление на растяжение цементной смеси "УГМ-П" при изгибе, Rраст-	6,7МПа
Сопротивление смеси цементной "УГМ-П" на сдвиг, Rсдв = 0,24 Rсж -	2,88МПа
Адгезионная прочность цементной смеси "УГМ-П" на сдвиг, Rадг -	0,84МПа
Коэффициент запаса прочности цементной смеси "УГМ-П", kз -	0,90МПа

3.2.Определение эквивалентного давления.

Определим величину давления отражения УВВ:

$$\Delta P = P - P_a$$

$$\Delta P_{отр} = \Delta P\,[2 + 6/(1 + 7 * P_a/\Delta P)]$$

где ΔР - избыточное давление во фронте УВВ, МПа;

ΔРотр - избыточное давление во фронте УВВ, МПа;

Тогда, ΔР =0,2МПа, ΔРотр =0,67МПа.

Квазистатическая нагрузка, эквивалентная давлению отражения, вычисляется с помощью ношения:

$$\Delta P_э = \Delta P_{отр} * k_д$$

Согласно письма АО «НЦВостНИИ» от 26.06.2015г принимаем коэффициент динамичности ому: 1.5

kд =1,5 ΔРэ =1МПа.

3.3.Определение толщины безврубовой перемычки.

Минимальная толщина безврубовой перемычки принимается равной максимальному значению вух расчетных величин h1 и h2 :

$$h = max\{h_1, h_2\}$$

где h - расчетная толщина перемычки, м;

h1 - толщина плиты перемычки, обеспечивающая её прочность на изгиб под действием ивалентного давления, м;

h2 - толщина плиты перемычки, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру, м.

Толщина h1, обеспечивающая прочность на изгиб плиты монолитной перемычки при b<a, ределяется по формуле:

$$h_1 = b * \sqrt{\Delta P_э[3 - 2 * (b/a)^2]/4 * R_{раст} * k_э}$$

При b>a уравнение имеет вид:

$$h_1 = a * \sqrt{\Delta P_э[3 - 2 * (b/a)^2]/4 * R_{раст} * k_э}$$

Минимальная толщина h2, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру при Rадг < сдв, определяется по уравнению:

$$h_2 = \Delta P_э * a * b/[2 * (a + b) * R_{адг} * k_э]$$

В случае Rадг > Rсдв в уравнении Rадг заменяется на Rсдв.

Тогда, толщина h1, обеспечивающая прочность на изгиб плиты монолитной перемычки при b<a

$$h_1 = 3{,}8 * \sqrt{1 * [3 - 2 * (3{,}8/5{,}4)^2]/4 * 6{,}7 * 0{,}9} = 1{,}1м$$

Толщина плиты перемычки h2, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру при Rадг < Rсдв

$$h_2 = 1 * 5{,}4 * 3{,}8/[2 * (5{,}4 + 3{,}8) * 0{,}84 * 0{,}9] = 1{,}5м$$

Окончательные параметры для возведения изолирующей безврубовой взрывоустойчивой мычки из цементной смеси "УГМ-П" принимаются нижеследующие:

Сечение выработки в черне,

$$S - 21м^2$$

Минимальная толщина перемычки,

$$h - 1,5м$$

3.4. Расход цементной смеси «УГМ-П» для возведения перемычки.

Количество цементной смеси «УГМ-П» для возведения взрывоустойчивой перемычки еделяется по формуле:

$$M= 1,2 * S_{черн} *h,$$

где: - площадь сечения выработки в проходке, $м^2$,
- толщина перемычки, м.
0,65 т/м3 – расход цементной смеси «УГМ-П».

$$M= 1,2*21*1,5=36,5т$$

$$M = 36,5 * Кзап$$

где: Кзап - коэффициент запаса, Кзап = 1,1

$$M= 36,5* 1,1 = 40т$$

Расход цементной смеси «УГМ-П» на перемычку принимается равным 40 т.

4.Описание конструкции перемычки №289.

Конструкцию перемычки принимаем такую, чтобы возведение проводилось в нимально короткий срок и предусматривало максимальную герметичность, высокую здухонепроницаемость, устойчивость против горного давления, взрывоустойчивость, ойкость к агрессивной шахтной среде.

Конструкция опалубки представляет собой сооружение состоящее из двух стенок расстоянии друг от руга равном толщине перемычки. Одна полностью зашита плотняющим материалом, другая предусматривает отверстие 70х70см, для выхода бочих после подготовки опалубки с последующей герметизацией. При монтаже палубки монтируется одна водоспускная труба, две тубы для отбора проб воздушной меси из-за перемычки, трубка для закачки перемычки и трубка для контроля за качкой.

атериал для возведения безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №289 зводимой в вентиляционном штреке 50-27 бис в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север, инимаем цементную смесь–УГМ-П, так как он огнестойкий, водоупорный и соответствует ебуемым физико-химическим показателям. Для изготовления опалубки применяется – плаха = 3,5-5,0мм., руд. стойка и мешковина (полиэтилен, брезент) или оштукатуривается цементной месью УГМ-П.

5.Ссылки на нормативные и (или) технические документы используемые при подготовке документации на изоляцию

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности равила безопасности в угольных шахтах», 2013г.
2. «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных странств»2014г.
3. Инструкция по применению цементной смеси УГМ-П в подземных выработках ников и шахт. Кемерово 2013г.

6. Очередность возведения изолирующей перемычки №289

Порядок возведения взрывоустойчивой изоляционной перемычки:
зачистка почвы, оборка бортов выработки, выстригание решетки на ширину перемычки с ледующей зачисткой почвы выработки;
абор опалубки, обивка опалубки мешковиной или оштукатуривание; одной трубы Ø230 мм для пуска воды из-за перемычки, двух труб Ø63мм для отбора проб воздуха, двух труб Ø50мм, для чки и контроля за закачкой цементной смеси УГМ-П;
онтаж и подготовка станка ПБН-15-01 КСП (далее ПБН-15) к работе;
асстановка рабочих;
акачка перемычки;
становка стоек крепления и вентиляционной перегородки
становка паспорта перемычки.

6.1 Для предотвращения передачи блуждающих токов и статического электричества в лированное пространство, в месте сооружения перемычки, должны быть сняты рельсы, трубы, вода и т.д. на расстоянии не менее 2-х метров от перемычки.

При помощи кайла и лопаты, выработку очищают от разрыхленного угля и породы на рину перемычки с учетом устанавливаемой опалубки (1,8м). Также на ширину перемычки с етом устанавливаемой опалубки , при помощи болтореза выстригается решетка в бортах и кровле работки. Решетка выстригается так, чтобы предотвратить падение отслоившихся кусков породы рабочих (т.е. под защитой закрепленного круга с отходом назад).При помощи заостренного таллического стержня (L=2,5м и D=20мм) производится оборка бортов и кровли от отслоившихся сков породы и угля с последующей зачисткой почвы выработки. Количество рабочих, занятых дготовкой к последующей работе по возведению перемычки, должно быть не менее двух (ГРП и ГРГВ).

6.2 Конструкция опалубки представляет собой сооружение состоящее из двух енок. Одна полностью зашита уплотняющим материалом, другая предусматривает верстие 70х70см, для выхода рабочих после подготовки опалубки с последующей рметизацией. На расстоянии 6,1 от сопряжения с прилегающей выработкой (путевой клон пл.50 север), устанавливают ряд руд. стойки, к которой изнутри прибивают опалубку по ему сечению выработки – дальняя сторона. По мере набора опалубки в нижней части опалубки тановливается одна труба Ø200мм для пропуска воды с гидрозатвором так, чтоб сторона трубы я приема поступающей воды была максимально опущена к почве, а сама труба вложена с аклоном 1-2° по падению выработки. В средней части опалубки устанавливается первая труба 50мм для отбора проб воздуха, вторая труба Ø50мм для отбора проб воздуха устанавливается в епосредственной близости от верхняков (100-200мм). В верхней части опалубки дополнительно ропускают две трубы Ø50мм, одна для подачи смеси «УГМ-П», другая для контроля за подачей УГМ-П» расстояние между этими трубами должно быть не менее 1м. При нашивке досок еобходимо следить за вертикальностью досок опалубки и плотностью стыков между ими. На внутреннюю поверхность опалубки нашивают мешковину (полиэтилен, олипропилен, брезент, либо оштукатуривается раствором «УГМ-П»). Зазоры между палубкой и боковыми породами уплотняют мешковиной или промазывают раствором УГМ-П». Количество рабочих, занятых монтажом опалубки и труб, должно быть не енее двух (ГРП или ГРГВ).

6.3 На путевом уклоне пл.50 север устанавливается станок ПБН-15 и пусковая ратура, монтируется электрическая сеть, согласно схемы электроснабжения аботанной механиком участка. Станок и пусковая аппаратура заземляется. К ПБН- подводится вода при помощи противопожарного рукава от КР-12,5 ивопожарного трубопровода. Монтируется рукав Ø32 (20-100м) для подачи вора «УГМ-П» к месту возведения перемычки. Рукав Ø32 и противопожарный в должен быть проложен так, чтоб избежать его передавливание и перегибов. ле монтажа ПБН-15 производится пробный запуск без нагрузки (водой) (Эл. арь и ГРП или ГРГВ).

6.4 На закачку перемычки идет звено не менее трех человек: горный мастер, 2ГРП 2ГРГВ из числа ВГС шахты.

- Горный мастер, согласно своей должностной инструкции, должен проверить опасность рабочих мест: газовую обстановку, наличие ограждений на станке и мления, наличие свободного и безопасного подхода к рабочим местам; в процессе ны контролировать: газовую обстановку на рабочем месте, с помощью АТЕСТА МО2, расход подаваемой воды, визуальный контроль раствора на выходе из ава, наличие утечек по опалубке, визуально и аудиально состояние станка.

-Один из рабочих встает у станка со стороны свежей струи, распарывает мешки с ентной смесью «УГМ-П» и засыпает их в приемную ванну станка ПБН-15,также и горный мастер ведет контроль за расходом подаваемой воды, состоянием станка.

-Второй рабочий доставляет мешки с цементной смесью «УГМ-П» от места грузки к станку, следит за прямолинейностью напорного и водяного рукавов.

В процессе смены по необходимости рабочие могут поменяться рабочими стами.

6.5.Закачка перемычки выполняется в следующем порядке:

насосе открыть вентиль подачи воды и установить подачу воды 35-50л/мин;

сле наполнения нижнего бака агрегата водой запустить агрегат;

бедиться, что вода подается из подающего рукава с той же интенсивностью, с какой ступает в агрегат (т.е. не происходит переполнение нижнего бака);

спаковывая мешки с цементной смесь, высыпать смесь в приемный бункер дозатора одача смеси в дозатор должна быть примерно 2 мешка в минуту)

рикрывая кран подачи воды, установить интенсивность подачи воды примерно до 20 мин для достижения пропорции вода/порошок ,равной 1/1,2;

родолжать подачу, наблюдая за прибором подачи воды и соблюдая подачу обходимого количества порошка.

странять мелкие утечки в опалубке путем уплотнения мест течи опорожненными шками, тряпками, или другим доступным материалом;

аполнять пространство между опалубками затворенной смесью до тех пор, пока есь не будет вытекать из контрольной трубы;

При появлении больших утечек и невозможности уплотнить опалубку, обходимо:

прекратить подачу порошка;

промыть насос и подающий рукав, продолжая подачу воды и увеличив расход до 90-00л/мин;

при появлении чистой воды на выходе из подающего рукава остановить агрегат;

устранить течи в опалубке и возобновить работу.

После заполнения всего объема перемычки, или при окончании рабочей смены, ли при приостановке работ, необходимо:

прекратить подачу сухой смеси из мешков в дозатор;

продолжать работу до полного опорожнения питателя от сухой смеси;

увеличить подачу воды до максимальной величины (90-100л/мин)

промыть насос и подающий рукав, продолжая подачу воды;

при появлении чистой воды на выходе из подающего рукава остановить агрегат;

закрыть кран подачи воды;

обесточить электродвигатель (перевести питающую аппаратуру в нейтральное

жение)
установить необходимые защитные блокировки для предотвращения нкционированного запуска электродвигателя
стить насосный агрегат;
ковать опорожненные мешки в кипы, перевязать их и подготовить к выдаче на рхность;
извести уборку рабочего места
Процесс закачки должен быть непрерывным. При возведении перемычки могут икнуть аварийные ситуации (отключение воды, электроэнергии). При остановке цесса заливки перемычки в тело перемычки необходимо установить металлические менты (куски арматуры, решетки, трубы).
При аварийном отключении воды необходимо:
- прекратить подачу порошка в камеру смешивания;
- отсоединить напорный рукав от трубы подачи бетона;
- из резервной емкости (200л) ведром залить воду в камеру смешивания до полной мывки насосного агрегата и напорного рукава;
- в случае невозможности промыть напорный рукав по всей длине, его необходимо делить на участки и промыть каждый;
При аварийном отключении электроэнергии необходимо:
- прекратить подачу порошка в камеру смешивания;
- отключить насосный агрегат;
- отсоединить напорный рукав от трубы подачи бетона и напорного штуцера егата;
- подсоединить напорный рукав к переходнику магистрального водяного убопровода и промыть его;
- в случае невозможности промыть напорный рукав по всей длине, его необходимо зделить на участки и промыть каждый;
- снять защитный кожух с электродвигателя;
- вращая крыльчатку электродвигателя освободить насосный агрегат от цементной меси, залить камеру смешивания водой, продолжать вращение крыльчатки нтилятора эл.двигателя до появления чистой воды из напорного штуцера агрегата.

6.6 После окончания возведения перемычки с обеих сторон от нее на протяжении устанавливаются стойки усиления крепи в один ряд с шагом установки 1м (по оси работки, вентиляционный штрек 50-27 бис, в которой установлена перемычка).

При несоответствии состава атмосферы требуемым нормам, при осуществлении риодического контроля за составом воздуха в тупике в соответствии с требованиями ПБ, танавливается плотная перегородка на всю высоту действующей и изолируемой выработок.

По истечению 30 суток, как цементная смесь «УГМ-П» наберет максимальный предел рочности опалубка с перемычки демонтируется. Для предотвращения утечек воздуха вокруг ремычки и изоляции тела перемычки от воздействия воздуха и влаги поверхность обрабатывается рметизирующим составом «Капцем» (в ручную или станком) .

6.7 После возведения перемычки на ней монтируется табличка (паспорт), на оторой указывается: место возведения перемычки, название и номер, дата озведения, глубина вруба, толщина и материал (сооружения и вяжущего окрытия)

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
ООО«Шахта «Усковская»
А.Ю.Волков
"16" 10 2015г.

Документация на ведение горных работ по возведению безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №290, возводимой в вентиляционном штреке 50-27 в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север

Зам.главного инженера по технологии — Талдыкин Т.В.

Начальник участка ВТБ — Емельянов В.А.

Новокузнецк 2015

1.Назначение изолирующей перемычки №290

Изоляция неиспользуемых горных выработок.

2.Сведения об изолируемых горных выработок и выработанных пространств

Место возведения безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №290, в вентиляционном штреке 50-27 в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север

Вентиляционный штрек 50-27 проведен с присечкой пород кровли и почвы. Крепление кровли , анкерное - 6 анкеров АСП-20В L=2,2м : 4 анкера АСП-20В L=2,2м опорный элемент - подхват ПШМ-8 L=4.0 м и два анкера под баклушу ПМШ-8 L= 0,25м (шайба 200х200) ; крепление бортов - нижний и верхний борт выработки закреплен тремя анкерами АСП-1,6 L=1.6м, опорный элемент – баклуша ПМШ-8 (шайба 200х200). Перетяжка бортов и кровли выработки произведена затяжкой решетчатой ЗР 2,6х1,1. Шаг крепления 1,0 м. Угол наклона выработки 0-2^0. Сечение выработки в свету 16м^2, вчерне 16,8м^2, размеры выработки в свету: ширина 5,6м, высота 3,0м. Ожидаемый водоприток через изолирующую перемычку составит 1м3 в час, максимальный до 5м3 в час.

3.Описание принятых технологических и технических решений, расчеты, обосновывающие принятые технологические и технические решения

Расчет выполняется в соответствии с Приложением 6 "Инструкции по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств в угольных шахтах»

3.1.Исходные данные:

Высота перемычки, b -	3,0м
Ширина перемычки, a -	5,6м
Соотношение $\eta = b / a$, -	0,62
Сечение выработки в черне, S -	16,8м2
Атмосферное давление, Ра -	0,1МПа
Амплитуда давления в УВВ, Р -	0,3МПа
Сопротивление на сжатие цементной смеси "УГМ-П", Rсж -	12МПа
Сопротивление на растяжение цементной смеси "УГМ-П" при изгибе, Rраст-	6,7МПа
Сопротивление смеси цементной "УГМ-П" на сдвиг, Rсдв = 0,24 Rсж -	2,88МПа
Адгезионная прочность цементной смеси "УГМ-П" на сдвиг, Rадг -	0,84МПа
Коэффициент запаса прочности цементной смеси "УГМ-П", kз -	0,90МПа

3.2.Определение эквивалентного давления.

Определим величину давления отражения УВВ:

$$\Delta P = P - P_a$$

$$\Delta P_{отр} = \Delta P\,[2 + 6/(1 + 7 * P_a/\Delta P)]$$

где ΔР - избыточное давление во фронте УВВ, МПа;

ΔРотр - избыточное давление во фронте УВВ, МПа;

Тогда, ΔР =0,2МПа, ΔРотр =0,67МПа.

Квазистатическая нагрузка, эквивалентная давлению отражения, вычисляется с помощью

соотношения:

$$\Delta P_э = \Delta P_{отр} * k_д$$

Согласно письма АО «НЦВостНИИ» от 26.06.2015г принимаем коэффициент динамичности равному: 1.5

kд =1,5 ΔРэ =1МПа.

3.3.Определение толщины безврубовой перемычки.

Минимальная толщина безврубовой перемычки принимается равной максимальному значению из двух расчетных величин h1 и h2 :

$$h = max\{h_1, h_2\}$$

где h - расчетная толщина перемычки, м;

h1 - толщина плиты перемычки, обеспечивающая её прочность на изгиб под действием эквивалентного давления, м;

h2 - толщина плиты перемычки, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру, м.

Толщина h1, обеспечивающая прочность на изгиб плиты монолитной перемычки при b<a, определяется по формуле:

$$h_1 = b * \sqrt{\Delta P_э[3 - 2 * (b/a)^2]/4 * R_{раст} * k_з}$$

При b>a уравнение имеет вид:

$$h_1 = a * \sqrt{\Delta P_э[3 - 2 * (b/a)^2]/4 * R_{раст} * k_з}$$

Минимальная толщина h2, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру при Rадг < Rсдв, определяется по уравнению:

$$h_2 = \Delta P_э * a * b/[2 * (a + b) * R_{адг} * k_з]$$

В случае Rадг > Rсдв в уравнении Rадг заменяется на Rсдв.

Тогда, толщина h1, обеспечивающая прочность на изгиб плиты монолитной перемычки при b<a

$$h_1 = 3{,}0 * \sqrt{1 * [3 - 2 * (3{,}0/5{,}6)^2]/4 * 6{,}7 * 0{,}9} = 1м$$

Толщина плиты перемычки h2, обеспечивающая прочность её закрепления по контуру при Rадг < Rсдв

$$h_2 = 1 * 5{,}6 * 3{,}0/[2 * (5{,}6 + 3{,}0) * 0{,}84 * 0{,}9] = 1{,}3м$$

Окончательные параметры для возведения изолирующей безврубовой взрывоустойчивой перемычки из цементной смеси "УГМ-П" принимаются нижеследующие:

Сечение выработки в черне,

$$S - 17м^2$$

Минимальная толщина перемычки,

$$h - 1,3м$$

3.4. Расход цементной смеси «УГМ-П» для возведения перемычки.

Количество цементной смеси «УГМ-П» для возведения взрывоустойчивой перемычки определяется по формуле:

$$M= 1,2 * S_{черн} *h,$$

где: - площадь сечения выработки в проходке, $м^2$,
- толщина перемычки, м.
0,65 т/м3 – расход цементной смеси «УГМ-П».

$$M= 1,2*17*1,3=26т$$

$$M = 26 * Кзап$$

где: Кзап - коэффициент запаса, Кзап = 1,1

$$M= 26* 1,1 = 29т$$

Расход цементной смеси «УГМ-П» на перемычку принимается равным 29 т.

4.Описание конструкции перемычки №290.

Конструкцию перемычки принимаем такую, чтобы возведение проводилось в минимально короткий срок и предусматривало максимальную герметичность, высокую воздухонепроницаемость, устойчивость против горного давления, взрывоустойчивость, стойкость к агрессивной шахтной среде.

Конструкция опалубки представляет собой сооружение состоящее из двух стенок на расстоянии друг от руга равном толщине перемычки. Одна полностью зашита уплотняющим материалом, другая предусматривает отверстие 70х70см, для выхода рабочих после подготовки опалубки с последующей герметизацией. При монтаже опалубки монтируется одна водоспускная труба, две тубы для отбора проб воздушной смеси из-за перемычки, трубка для закачки перемычки и трубка для контроля за закачкой.

Материал для возведения безврубовой взрывоустойчивой изоляционной перемычки №290 возводимой в вентиляционном штреке 50-27 в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север, принимаем цементную смесь–УГМ-П, так как он огнестойкий, водоупорный и соответствует требуемым физико-химическим показателям. Для изготовления опалубки применяется – плаха δ = 3,5-5,0мм., руд. стойка и мешковина (полиэтилен, брезент) или оштукатуривается цементной смесью УГМ-П.

5.Ссылки на нормативные и (или) технические документы используемые при подготовке документации на изоляцию

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», 2013г.
2. «Инструкция по изоляции неиспользуемых горных выработок и выработанных пространств»2014г.
3. Инструкция по применению цементной смеси УГМ-П в подземных выработках рудников и шахт. Кемерово 2013г.

6. Очередность возведения изолирующей перемычки №290

Порядок возведения взрывоустойчивой изоляционной перемычки:

1. зачистка почвы, оборка бортов выработки, выстригание решетки на ширину перемычки с последующей зачисткой почвы выработки;
2. набор опалубки, обивка опалубки мешковиной или оштукатуривание; одной трубы Ø230 мм для пропуска воды из-за перемычки, двух труб Ø63мм для отбора проб воздуха, двух труб Ø50мм, для закачки и контроля за закачкой цементной смеси УГМ-П;
3. монтаж и подготовка станка ПБН-15-01 КСП (далее ПБН-15) к работе;
4. расстановка рабочих;
5. закачка перемычки;
6. установка стоек крепления и вентиляционной перегородки
7. установка паспорта перемычки.

6.1 Для предотвращения передачи блуждающих токов и статического электричества в изолированное пространство, в месте сооружения перемычки, должны быть сняты рельсы, трубы, провода и т.д. на расстоянии не менее 2-х метров от перемычки.

При помощи кайла и лопаты, выработку очищают от разрыхленного угля и породы на ширину перемычки с учетом устанавливаемой опалубки (1,8м). Также на ширину перемычки с учетом устанавливаемой опалубки , при помощи болтореза выстригается решетка в бортах и кровле выработки. Решетка выстригается так, чтобы предотвратить падение отслоившихся кусков породы на рабочих (т.е. под защитой закрепленного круга с отходом назад).При помощи заостренного металлического стержня (L=2,5м и D=20мм) производится оборка бортов и кровли от отслоившихся кусков породы и угля с последующей зачисткой почвы выработки. Количество рабочих, занятых подготовкой к последующей работе по возведению перемычки, должно быть не менее двух (ГРП или ГРГВ).

6.2 Конструкция опалубки представляет собой сооружение состоящее из двух стенок. Одна полностью зашита уплотняющим материалом, другая предусматривает отверстие 70х70см, для выхода рабочих после подготовки опалубки с последующей герметизацией. На расстоянии 6,0 от сопряжения с прилегающей выработкой (путевой уклон пл.50 север), устанавливают ряд руд. стойки, к которой изнутри прибивают опалубку по всему сечению выработки – дальняя сторона. По мере набора опалубки в нижней части опалубки устанавливается одна труба Ø200мм для пропуска воды с гидрозатвором так, чтоб сторона трубы для приема поступающей воды была максимально опущена к почве, а сама труба вложена с наклоном 1-2° по падению выработки. В средней части опалубки устанавливается первая труба Ø50мм для отбора проб воздуха, вторая труба Ø50мм для отбора проб воздуха устанавливается в непосредственной близости от верхняков (100-200мм). В верхней части опалубки дополнительно пропускают две трубы Ø50мм, одна для подачи смеси «УГМ-П», другая для контроля за подачей «УГМ-П» расстояние между этими трубами должно быть не менее 1м. При нашивке досок необходимо следить за вертикальностью досок опалубки и плотностью стыков между ними. На внутреннюю поверхность опалубки нашивают мешковину (полиэтилен, полипропилен, брезент, либо оштукатуривается раствором «УГМ-П»). Зазоры между опалубкой и боковыми породами уплотняют мешковиной или промазывают раствором «УГМ-П». Количество рабочих, занятых монтажом опалубки и труб, должно быть не менее двух (ГРП или ГРГВ).

6.3 На путевом уклоне пл.50 север устанавливается станок ПБН-15 и пусковая аппаратура, монтируется электрическая сеть, согласно схемы электроснабжения разработанной механиком участка. Станок и пусковая аппаратура заземляется. К ПБН-15 подводится вода при помощи противопожарного рукава от КР-12,5 противопожарного трубопровода. Монтируется рукав Ø32 (20-100м) для подачи раствора «УГМ-П» к месту возведения перемычки. Рукав Ø32 и противопожарный рукав должен быть проложен так, чтоб избежать его передавливание и перегибов. После монтажа ПБН-15 производится пробный запуск без нагрузки (водой) (Эл. слесарь и ГРП или ГРГВ).

6.4 На закачку перемычки идет звено не менее трех человек: горный мастер, 2ГРП или 2ГРГВ из числа ВГС шахты.

- Горный мастер, согласно своей должностной инструкции, должен проверить безопасность рабочих мест: газовую обстановку, наличие ограждений на станке и заземления, наличие свободного и безопасного подхода к рабочим местам; в процессе смены контролировать: газовую обстановку на рабочем месте, с помощью АТЕСТА или МО2, расход подаваемой воды, визуальный контроль раствора на выходе из рукава, наличие утечек по опалубке, визуально и аудиально состояние станка.

-Один из рабочих встает у станка со стороны свежей струи, распарывает мешки с цементной смесью «УГМ-П» и засыпает их в приемную ванну станка ПБН-15,также как и горный мастер ведет контроль за расходом подаваемой воды, состоянием станка.

-Второй рабочий доставляет мешки с цементной смесью «УГМ-П» от места разгрузки к станку, следит за прямолинейностью напорного и водяного рукавов.

В процессе смены по необходимости рабочие могут поменяться рабочими местами.

6.5.Закачка перемычки выполняется в следующем порядке:

-на насосе открыть вентиль подачи воды и установить подачу воды 35-50л/мин;

-после наполнения нижнего бака агрегата водой запустить агрегат;

-убедиться, что вода подается из подающего рукава с той же интенсивностью, с какой поступает в агрегат (т.е. не происходит переполнение нижнего бака);

-распаковывая мешки с цементной смесь, высыпать смесь в приемный бункер дозатора (подача смеси в дозатор должна быть примерно 2 мешка в минуту)

-прикрывая кран подачи воды, установить интенсивность подачи воды примерно до 20 л/мин для достижения пропорции вода/порошок ,равной 1/1,2;

-продолжать подачу, наблюдая за прибором подачи воды и соблюдая подачу необходимого количества порошка.

-устранять мелкие утечки в опалубке путем уплотнения мест течи опорожненными мешками, тряпками, или другим доступным материалом;

-заполнять пространство между опалубками затворенной смесью до тех пор, пока смесь не будет вытекать из контрольной трубы;

При появлении больших утечек и невозможности уплотнить опалубку, необходимо:

-прекратить подачу порошка;

-промыть насос и подающий рукав, продолжая подачу воды и увеличив расход до 90-100л/мин;

-при появлении чистой воды на выходе из подающего рукава остановить агрегат;

-устранить течи в опалубке и возобновить работу.

После заполнения всего объема перемычки, или при окончании рабочей смены, или при приостановке работ, необходимо:

-прекратить подачу сухой смеси из мешков в дозатор;

-продолжать работу до полного опорожнения питателя от сухой смеси;

-увеличить подачу воды до максимальной величины (90-100л/мин)

-промыть насос и подающий рукав, продолжая подачу воды;

- при появлении чистой воды на выходе из подающего рукава остановить агрегат;

-закрыть кран подачи воды;

-обесточить электродвигатель (перевести питающую аппаратуру в нейтральное

положение)
- установить необходимые защитные блокировки для предотвращения несанкционированного запуска электродвигателя
-очистить насосный агрегат;
-упаковать опорожненные мешки в кипы, перевязать их и подготовить к выдаче на поверхность;
-произвести уборку рабочего места

Процесс закачки должен быть непрерывным. При возведении перемычки могут возникнуть аварийные ситуации (отключение воды, электроэнергии). При остановке процесса заливки перемычки в тело перемычки необходимо установить металлические элементы (куски арматуры, решетки, трубы).

При аварийном отключении воды необходимо:

- прекратить подачу порошка в камеру смешивания;
- отсоединить напорный рукав от трубы подачи бетона;
- из резервной емкости (200л) ведром залить воду в камеру смешивания до полной промывки насосного агрегата и напорного рукава;
- в случае невозможности промыть напорный рукав по всей длине, его необходимо разделить на участки и промыть каждый;

При аварийном отключении электроэнергии необходимо:

- прекратить подачу порошка в камеру смешивания;
- отключить насосный агрегат;
- отсоединить напорный рукав от трубы подачи бетона и напорного штуцера агрегата;
- подсоединить напорный рукав к переходнику магистрального водяного трубопровода и промыть его;
- в случае невозможности промыть напорный рукав по всей длине, его необходимо разделить на участки и промыть каждый;
- снять защитный кожух с электродвигателя;
- вращая крыльчатку электродвигателя освободить насосный агрегат от цементной смеси, залить камеру смешивания водой, продолжать вращение крыльчатки вентилятора эл.двигателя до появления чистой воды из напорного штуцера агрегата.

6.6 После окончания возведения перемычки с обеих сторон от нее на протяжении 5м устанавливаются стойки усиления крепи в один ряд с шагом установки 1м (по оси выработки, вентиляционный штрек 50-27, в которой установлена перемычка).

При несоответствии состава атмосферы требуемым нормам, при осуществлении периодического контроля за составом воздуха в тупике в соответствии с требованиями ПБ, устанавливается плотная перегородка на всю высоту действующей и изолируемой выработок.

По истечению 30 суток, как цементная смесь «УГМ-П» наберет максимальный предел прочности опалубка с перемычки демонтируется. Для предотвращения утечек воздуха вокруг перемычки и изоляции тела перемычки от воздействия воздуха и влаги поверхность обрабатывается герметизирующим составом «Капцем» (в ручную или станком) .

6.7 После возведения перемычки на ней монтируется табличка (паспорт), на которой указывается: место возведения перемычки, название и номер, дата возведения, глубина вруба, толщина и материал (сооружения и вяжущего покрытия)

7. Меры безопасности при ведении работ по возведению взрывоустойчивой перемычки №290

- количество рабочих занятых возведением перемычки №290 возводимой в вентиляционном штреке 50-27 в 5 метрах от путевого уклона пл.50 север,
- должно быть не менее двух;
- закачку производить с южного осевого вентиляционного штрека со стороны свежей струи;
- следить за составом рудничной атмосферы;
- следить за состоянием крепления выработки;
- пользоваться исправным инструментом;
- работать в средствах защиты;
- не находиться в травмоопасной зоне рабочего с лопатой или кайлом.
- не находиться в зоне выпускаемой и обираемой горной массы;
- максимально обобрать отслоившуюся горную массу с бортов и кровли;
- оборку производить специальным инструментом (металлический стержень L=2,5м иD=20мм)
- следить за образованием новых отслоений;
- не включать станок если ведутся работы с рабочим органом станка;
- не включать станок без воды;
- проверить надежность соединений напорного и водяного рукавов;
- проверить надежность установки станка.
- не снимать защитные ограждения со станка при его работе;
- следить чтоб спецодежда не имела свисающих концов;
- при установке стоек пользоваться молотком или кувалдой;

Утверждаю:
Главный инженер
Шахтоуправления «им. А.Д. Рубана»
М.В. Саблин
«_____»_____2018 г.

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «УГМ-Сервис»
Е.И. Нургалиев
«_____»_____2018 г.

АКТ
выполненных работ

05 сентября 2018 г

Тампонажа горных пород

Комиссия в составе:
Представители шахтоуправления «им. А.Д. Рубана»
Зам. главного инженера — Е.В. Кокоша
должность (профессия) — ФИО
Начальник участка АБ — С.Н. Шерин
должность (профессия) — ФИО
Представитель ООО «УГМ-Сервис»:
Начальник отдела НПР — И.Л. Непомнищев
должность (профессия) — ФИО

В период с 21 июля 2018 по 30 августа 2018 года в горных выработках шахтоуправления «им. А.Д. Рубана» выполнены следующие работы:

1. 21.07.18 работниками шахтоуправления «им. А.Д. Рубана» произведен замер температуры в необработанном массиве горных пород сбойки №540, температура выше допустимой нормы. Замер произведен при помощи тепловизора Drager UCF 9000.
2. 24.07.18 работниками ООО «УГМ-Сервис» произведена оценка трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород сбойки №540, выданы рекомендации шахтоуправлению «им. А.Д. Рубана» по восстановлению монолитности приконтурной зоны сбойки №540, предложена схема бурения инъекционных шпуров и технология нагнетания двухкомпонентной смеси УГМ.
3. В период с 08.08.18 по 30.08.18 работниками шахтоуправления «им. А.Д. Рубана» было пробурено 85 шпуров длиной от 2 до 3 м в борта сбойки №540.
4. В период с 08.08.18 по 30.08.18 работниками ООО «УГМ-Сервис» с использованием тампонажного агрегата АСА-1П произведен тампонаж сбойки №540 на протяжении 16 м двухкомпонентной смесью УГМ.
5. 30.08.18 работниками шахтоуправления «им. А.Д. Рубана» произведен замер температуры в обработанном массиве горных пород сбойки №540, температура составила 23° С. Замер произведен при помощи тепловизора Drager UCF 9000.

По результатам выполненных работ установлено:

1. Зафиксировано снижение температуры углепородного массива до 23° С.
2. Влияние других факторов на снижение температуры углепородного массива отсутствует.
3. При проведении тампонажных работ на бортах выработки заметен выход тампонажной смеси из трещин.

Выводы комиссии:

1. По результатам проведенных тампонажных работ двухкомпонентной смесью УГМ зафиксировано снижение температуры углепородного массива до 23° С.
2. Смесь соответствует заявленным характеристикам, подтвержден антипирогенный эффект двухкомпонентной смеси УГМ.

Подписи комиссии:
Е.В. Кокоша
ФИО — подпись
С.Н. Шерин
ФИО — подпись
И.Л. Непомнищев
ФИО — подпись

АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
«СУЭК-КУЗБАСС»

Утверждаю:
Первый заместитель Генерального директора - Технический директор
АО «СУЭК-Кузбасс»
_____А.А. Мешков
«_____»_____2018г.

ПРОТОКОЛ
Технического совещания на тему:
Обеспечение эндогенной пожаробезопасности в капитальных горных выработках участка «Магистральный» Шахтоуправления им. А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс»

г. Ленинск-Кузнецкий

«05» октября 2018г.

Присутствовали:

От АО «СУЭК-Кузбасс»:

Заместитель Технического директора - Начальник технического управления	И.Л. Харитонов
Заместитель начальника технического управления	А.Е. Овчинников

От Шахтоуправления им. А.Д.Рубана

Главный инженер	М.В. Саблин
Заместитель главного инженера по вентиляции	С.А. Бирюков

От ООО «НИИГД»

Генеральный директор	В.И. Храмцов
Заместитель Генерального директора по науке	В.А. Портола

От НПР ООО «УГМ-Сервис»

Начальник отдела	И.Л. Непомнищев

Рассмотрели:

1. Эффективность применяемых мер для обеспечения эндогенной пожаробезопасности капитальных горных выработок участка «Магистральный» Шахтоуправления имени А.Д.Рубана.

2. Выбор наиболее эффективного из применяемых тампонажных материалов для снижения фильтрационных свойств углепородного массива вентиляционного бремсберга №84.

3. Выбор технологии работ для снижения фильтрационных свойств углепородного массива вентиляционного бремсберга №84.

4. Эффективность способов мониторинга и контроля мероприятий по снижению фильтрационных свойств углепородного массива вентиляционного бремсберга №84.

Отметили:

1. Качество тампонажа пенным заполнителем, между армированным полотном и арочной крепью вентиляционного бремсберга №84, неудовлетворительное, в результате чего не удалось исключить аэродинамическую связь со сбойкой №519бис через угольный целик.

2. Температура массива угольного целика составляет более 35^0С, при этом контроль за содержанием газов и расходом воздуха в целике не производится, так как доступ к мониторинговым скважинам в тупике конвейерного бремсберга №84 затруднен.

3. Результаты проведения реометрического и видеоэндоскопического обследования в контрольных шпурах приконтурной зоны участков углепородного массива вентиляционного бремсберга №84 подтвердили наличие пропитанных в трещины как полиуритановых смол, так и двухкомпонентной смеси УГМ. Но наименее совокупное раскрытие трещин на глубине шпуров от 0,15 до 2,2 метра наблюдается при применении в качестве тампонажного раствора двухкомпонентной смеси УГМ.

4. Принятые способы для обеспечения надежной изоляции вентиляционного бремсберга №84 от утечек воздуха - закачка полиуритановых смол и тампонаж фенольными смолами бортов и кровли не дали ожидаемого эффекта. Данные смолы не относятся к негорючим материалам. При самонагревании угля полиуретановая смола, закаченная в трещины углепородного массива, теряет свою структурную целостность, что влечет за собой частичную или полную потерю результатов проведенных тампонажных работ. При закачке смолы под давлением смолы более 50 кгс/см.^{2} может происходить отжим углепородного массива.

5. Укрепление бортов и кровли вентиляционного бремсберга двухкомпонентной смесью УГМ даст только частичную изоляцию контура выработки. Данная смесь является негорючей и при самонагревании угля не теряет своих свойств. Двухкомпонентная смесь УГМ может использоваться как для нагнетания в массив, так и для производства работ по торкретированию.

6. Для достижения эффекта по снижению фильтрации углепородного массива целесообразно применить способ тампонажа двухкомпонентной смесью УГМ с последующим торкретированием затампонированной части вентиляционного бремсберга №84.

Решили:

1. Считать целесообразным применение двухкомпонентной смеси УГМ для производства работ по тампонажу углепородного массива и торкретирования бортов и кровли вентиляционного бремсберга №84.

2. Для проведения исследовательских работ и определения эффективности применения тампонажного способа с последующим торкретированием выделить

первоочередной участок вентиляционного бремсберга №84 (по направлению вентиляционной струи): 15 метров до и 40 метров после сбойки №519бис.

3. Торкретирование данного участка вентиляционного бремсберга №84 производить после снятия армированного полотна и затвердевшей фенольной пены. Наносить песчано-цементный слой на армированную сетку толщиной не менее 40-50мм. железобетонную затяжку, использованную для перетяжки рам арочной крепи не демонтировать, так как это приведёт к смещению углепородного массива по контуру выработки с образованием дополнительных трещин.

4. Осуществлять мониторинг состояния углепородного массива со сбойки №519бис и тупиковой части конвейерного бремсберга №84 через пробуренные скважины

Контролируемые показатели:

- замер выхода СО из скважин;
- скорость исходящего потока газов из скважин;
- замер температуры.

5. Контроль эффективности снижения фильтрационных свойств углепородного массива вентиляционного бремсберга №84 осуществлять через каждые 15 метров с применением методов видеоэндоскопии и реометрического контроля трещиноватости горных пород.

Протокол вел:
Заместитель начальника
Технического управления Овчинников А.Е.

АКТ

о качестве цементной смеси УГМ-П

г. Междуреченск 16.10.2015 г.

Комиссия в составе:

Булатов А.А.- технический руководитель по подготовке производства ЗАО «Распадская-Коксовая»;

Шишкин Д.А. – исполняющий обязанности начальника участка ДиПГВ

Ганзий К.В.- представитель ООО НПК «Упрочнение Горного Массива», действующий на основании доверенности №22 от 13.10.2015 (уведомление №5.4.1-б/н от 13.10.2015 о вызове представителя)

Ганзий К.В. - согласно протокола совещания проведенного на ЗАО «Распадская-Коксовая» 05.08.2015, ООО НПК «Упрочнение Горного Массива», в соответствии с техническим заданием, изготовило и поставило модифицированную цементную смесь «УГМ-П» в количестве 20 т. ЗАО «Распадская-Коксовая» обязано возводить перемычку в присутствии представителя ООО НПК «Упрочнение Горного Массива». По окончании выполнения работ организовать ее приемку и оформить соответствующий акт.

16.10.2015 года на поле №2 ЗАО «Распадская-Коксовая» выемочного блока КСО 1-1 на вентиляционном штреке 1-1 возведена изолирующая перемычка № 7333 с применением модифицированной цементной смесь «УГМ-П» в присутствии представителя ООО НПК «Упрочнение Горного Массива».

Выводы комиссии:

1. Во время возведения изолирующей перемычки утечек смеси через опалубку обнаружено не было.
2. Время потери текучести смеси составила 6 минут, что соответствует заявленным параметрам.
3. Деформации опалубки не наблюдалось.
4. Расход смеси соответствует расчету.

Подписи членов комиссии:

1._____ А.А. Булатов

2._____ Д.А. Шишкин

3._____ К.В. Ганзий

Утверждаю:
Главный инженер
АО «Распадская-Коксовая»
П.В. Фомин
_____
«_____»_____2017 г.

АКТ
выполненных работ по тампонажу нарушенных горных пород приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки №7416 (возведена в транспортном бремсберге пл. III, в 6 метрах от сопряжения со сбойкой №10) и приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки №7425 (возведена в вентиляционном бремсберге пл. III, в 6 метрах от сопряжения с пром.штреком пл. III.)

Объединение: ООО «Распадская угольная компания»
Шахта: АО «Распадская-Коксовая»
Пласт: III
Горная выработка: сбойка №10, транспортный бремсберг пл.III, вентиляционный бремсберг пл.III, пром. штрек пл.III.

Главный специалист УДиВ
технической дирекции ООО «РУК» **Нутрихин А.В.**
Начальник участка АБ
АО «Распадская-Коксовая» **Чернаковский Ю.И.**
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН
Научный сотрудник **Непомнищев И.Л.**
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН
Ведущий инженер **Лихоузов А.А.**
ООО «УГМ-Сервис»
Технический директор **Федоров М.В.**
ООО «УГМ-Сервис»
Ведущий инженер **Шенгерей Б.В.**

Кемерово – Междуреченск 2017г.

Специалистами ООО «УГМ Сервис» в период с 07 декабря 2016 года по 25 января 2017 года проведены работы по тампонажу (инъекционной цементации с уплотнением и упрочнением) нарушенных приконтурных зон вокруг двух объектов ЗАО «Распадская-Коксовая»:

1. Взрывоустойчивой перемычки №7416, возведенной в транспортном бремсберге пл. III, в 6 метрах от сопряжения со сбойкой №10;

2. Взрывоустойчивой перемычки №7425 возведенной в вентиляционном бремсберге пл. III, в 6 метрах от сопряжения с пром. штреком пл. III.

Перед началом работ по тампонажу проведен анализ предоставленной технической и технологической документации, визуальный осмотр конструкций указанных перемычек и мест их расположения, разработаны технологические схемы инъекционной цементации, подобраны рациональные технологические режимы процесса приготовления и нагнетания специализированных минеральных составов серии «УГМ» в нарушенный приконтурный массив горных пород с учетом выявленной специфики объектов.

Горно-геологическая характеристика угольного пласта III

Прогнозируемая мощность пласта III на участке проведения работ составляет 9,33-11,17 м. Пласт выдержан по мощности. Угол падения пласта составляет 8°-13°. Коэффициент крепости угля по шкале Протодьяконова 0,90 – 1,50; предел прочности при сжатии $\sigma_{сж.}$= 9-15 МПа, коэффициент крепости породных прослойковпо шкале Протодьяконова составляет 1,5-2,9, сопротивление резанию угля равно 209 кгс/см (сопротивление резанию породных прослойков равно 300 кгс/см), объемный вес угля равен 1,31 т/м^3 (объемный вес горной массы равен 1,36 т/м^3), коэффициент разрыхления 1,25-1,45; категория по буримости шпуров – V-VI, содержание свободной двуокиси кремния 0,3-3,6%, природная газоносность на участке проведения работ 16,0 – 17,4 м^3/т, зольность угольных пачек A^{c}_{y} = 12,7%, зольность пластовая $A^{c}_{пл}$= 23,5%, выход летучих V^{r} = 24,7%, толщина пластического слоя y = 13 мм, теплота сгорания 36,024 МДж/кг, техническая марка угля – «*К*». Влага аналитическая – 0,9 %. Естественная влажность пласта III – 2,0 %.

Строение пласта сложное. Количество породных прослойков, представленных алевролитом, реже - углистым аргиллитом, от 1 до 8, их мощность колеблется от 0,05 м до 0,25 м. Объёмный вес прослойков 1,66-2,08 т/м^3, временное сопротивление сжатию 250 (134-446) кг/см^2 или 24 МПа, содержание свободной двуокиси кремния равно 15-30%.

Согласно заключения экспертной комиссии от 05.09.2014года наличие слабых пачек угля в почве выработок и высоких вертикальных и горизонтальных напряжений на уровне почвы выработки способствует

вспучиванию угля и выпиранию его в выработку с повышенным газовыделением метана. Таким образом, почва выработок по пласту III склонна к пучению.

Характеристика кровли пласта III

Непосредственная кровля пласта представлена средне-крупнозернистым слоистым алевролитом, мощностью 8,0 м. Породы непосредственной кровли имеют коэффициент крепости f=5-7, предел прочности при сжатии $\sigma_{сж.}$= 32-71 МПа. В соответствии с «Инструкцией по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» кровля выработки относится ко II типу кровли по обрушаемости. В соответствии с Классификацией ВНИМИ и КузНИУИ по устойчивости кровли, относится к III классу – «кровля средней устойчивости», допустимая площадь обнажения 10-15 м^2, допустимое время обнажения до 1 часа.

Основная кровля сложена слоистыми песчаниками от мелкозернистого до крупнозернистого. Мощность песчаников основной кровли 23,0-25,0 м.

Породы основной кровли имеют коэффициент крепости f=8-10, предел прочности при сжатии $\sigma_{сж.}$ = 90-110 МПа.

Непосредственная кровля выработок представлена среднекрупно-зернистыми слоистыми алевролитами мощностью 8,0 м, с коэффициентом крепости f=5-7; предел прочности при сжатии $\sigma_{сж.}$ = 32-71 МПа.

Нарушенность

Тектоническая нарушенность при проведении описываемого интервала не прогнозируется.

Водопритоки

При проведении описываемых выработок пласта III – ожидается естественный водоприток до 2м^3/час в виде капежа с бортов и кровли.

Осложняющие факторы пласта III

1. Природная газоносность пласта III в месте проведения выработок 16,0 – 17,4 м^3/т. Шахта «Распадская-Коксовая» отнесена по газу метану к сверхкатегорной.
2. Пласт III опасен по взрывчатым свойствам угольной пыли.
3. Пласт III весьма склонен к самовозгоранию.
4. Пласт III (его прослойки, породы кровли и почвы) опасен по фрикционному искрению для метановоздушной смеси.
5. Почва выработок по пласту III склонна к пучению.

Опасные зоны при проходке описываемых выработок пласта III

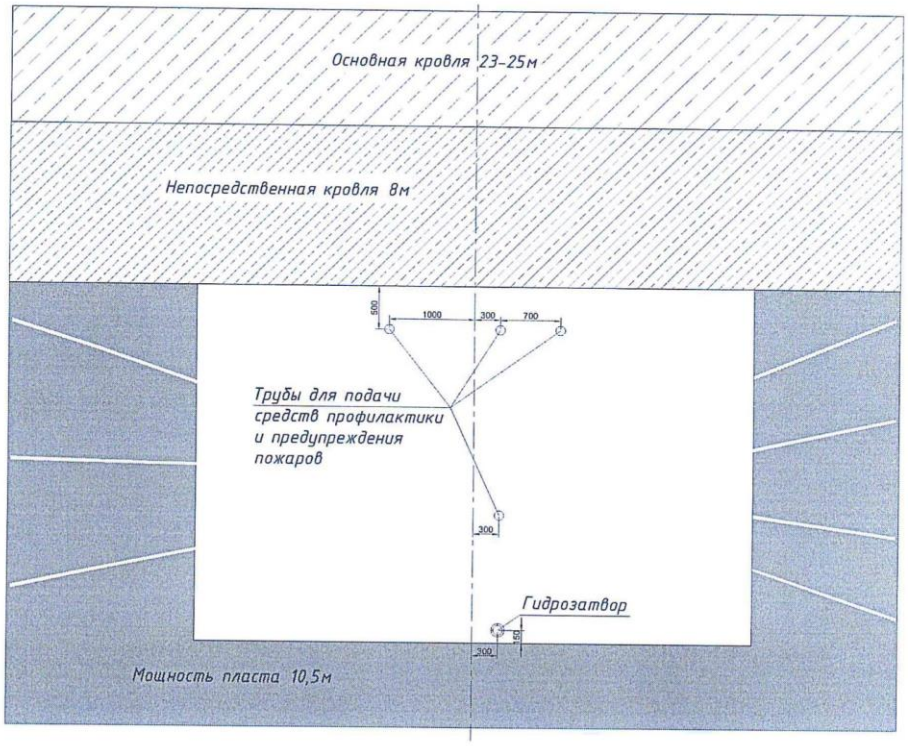
1. Опасная зона № V-III-2 – зона, угрожаемая по горным ударам с глубины 150,0 м.
2. Опасная зона № VIII-III-52 - зона, опасная по фрикционному искрению вмещающих пород пласта III.

3. Опасная зона № VI-III-6 – зона, угрожаемая по внезапным выбросам угля и газа с глубины 300,0 м.

Характеристика перемычки №7416

По данным технической документации, предоставленной ЗАО «Распадская-Коксовая», взрывоустойчивая перемычка установлена в транспортном бремсберге пл. III в 6 метрах от сопряжения со сбойкой №10. Проветривание осуществляется за счет общешахтной депрессии с применением жесткой вентиляционной перегородки. Фактические размеры выработки в месте установки перемычки: высота 4,2 м, ширина 6 м, сечение вчерне 25,2 м^2. Перемычка возведена по нормали к почве горной выработки. Толщина перемычки 2,7 м. В процессе визуально-измерительного контроля выявлено следующее. Наружная поверхность сухая, шероховатая, серого цвета, с редко расположенными кавернами и выбоинами размером до 10-15 мм, образованными при заливке. Горные породы на контуре выработки, прилегающие к перемычке, сухие, с крупными заколами напластований, в бортах видны выходы на поверхность сетки трещин раскрытием до 4 мм.

Технология проведения работ по тампонажу приконтурной зоны перемычки №7416



Для проведения работ по тампонажу приконтурной зоны пробурено семь шпуров, схема расположения которых указана на рисунке выше. Применена одноуровневая схема нагнетания с веерным расположением наклонных инъекционных скважин к контуру выработки в непосредственной близости от перемычки. Учитывая наличие отжима и развитой трещиноватости угольной пачки в бортах выработки, шпуры диаметром 30 мм и длиной 3 м расположены в следующем порядке – три в левый борт и четыре в правый, с расстоянием между шпурами 1 м. Устье всех шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм, что необходимо для установки многоразового герметизатора.

Нагнетание смеси УГМ в каждый шпур проводилось в среднем за три цикла (этапа) при постоянном давлении установкой на базе облегченного мембранного растворонасоса СО-49С.

Смесь УГМ применена двухкомпонентная, с расходом на один цикл 80 кг (два мешка компонента Б и одна канистра компонента А).

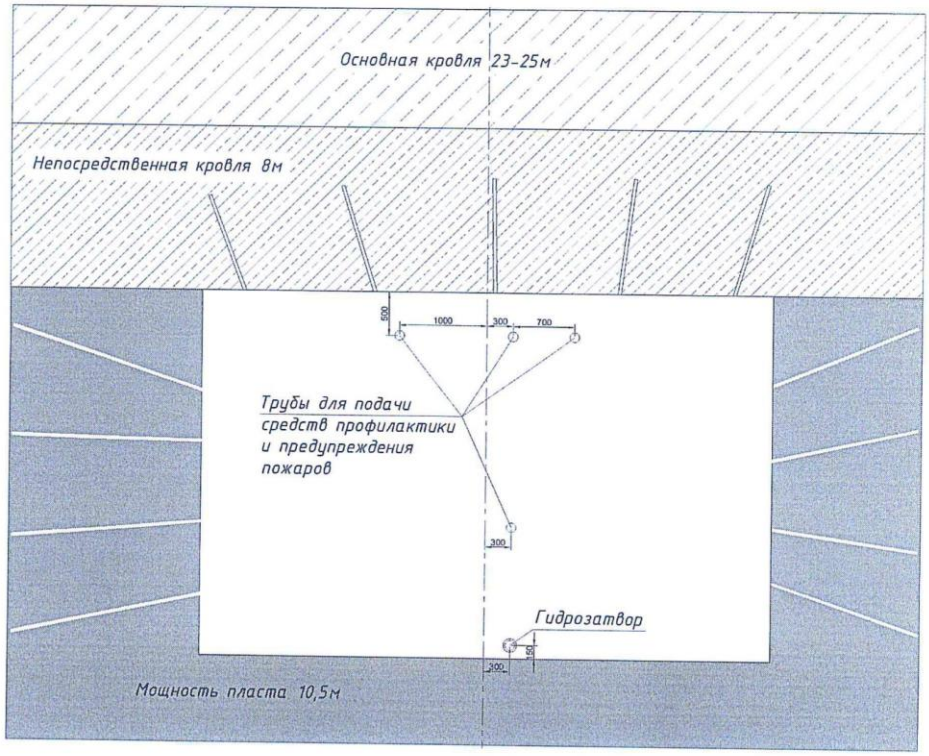
Всего для проведения работ по тампонажу приконтурной зоны перемычки №7416 было израсходовано 1500 кг готовой смеси.

В радиусе 1 метр от устья шпуров наблюдался выход смеси УГМ на поверхность контура горной выработки. Работы по приконтурному тампонажу по кровле в месте установке перемычки №7116 не производились. Окончание работ по приконтурному тампонажу кровли намечены на второй квартал 2017 года.

Характеристика перемычки № 7425

По данным технической документации, предоставленной ЗАО «Распадская-Коксовая», взрывоустойчивая перемычка установлена в вентиляционном бремсберге пл. III в 6 метрах от сопряжения с пром. штреком пл. III. Проветривание осуществляется за счет общешахтной депрессии с применением жесткой вентиляционной перегородки. Фактическое сечение выработки в месте установки перемычки: высота – 5,8 м, ширина 5,8 м, сечение вчерне 33,64 м^2. Перемычка возведена по нормали к почве горной выработки. Толщина перемычки 2,0 м. В процессе визуально-измерительного контроля выявлено следующее. Наружная поверхность сухая, шероховатая, серого цвета, с редко расположенными кавернами и выбоинами размером до 10-17 мм, образованными при заливке. Горные породы на контуре выработки, прилегающие к перемычке в районе кровли сухие, с крупными заколами напластований, в бортах видны выходы на поверхность сетки трещин раскрытием до 5 мм.

Для проведения работ по упрочнению приконтурной зоны пробурено 13 скважин, схема расположения которых указана на следующем рисунке.



Технология проведения работ по тампонажу приконтурной зоны перемычки №7425

Для проведения работ по тампонажу приконтурной зоны пробурено 13 шпуров, схема расположения которых указана на рисунке выше. Применена одноуровневая схема нагнетания с веерным расположением наклонных инъекционных скважин к контуру выработки в непосредственной близости от перемычки. В кровлю пробурено пять шпуров под углом 45° через тело перемычки. Учитывая наличие отжима и развитой трещиноватости угольной пачки в бортах выработки, шпуры диаметром 30 мм и длиной 3 м расположены в следующем порядке – четыре в левый борт и четыре в правый, с расстоянием между шпурами 1 м. Устье всех шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм, что необходимо для установки многоразового герметизатора.

Нагнетание смеси УГМ в каждый шпур проводилось в среднем за три цикла (этапа) при постоянном давлении установкой на базе облегченного мембранного растворонасоса СО-49С.

Смесь УГМ применена двухкомпонентная, с расходом на один цикл 80 кг (два мешка компонента Б и одна канистра компонента А).

Всего на перемычку было израсходовано 1800 кг готовой смеси.

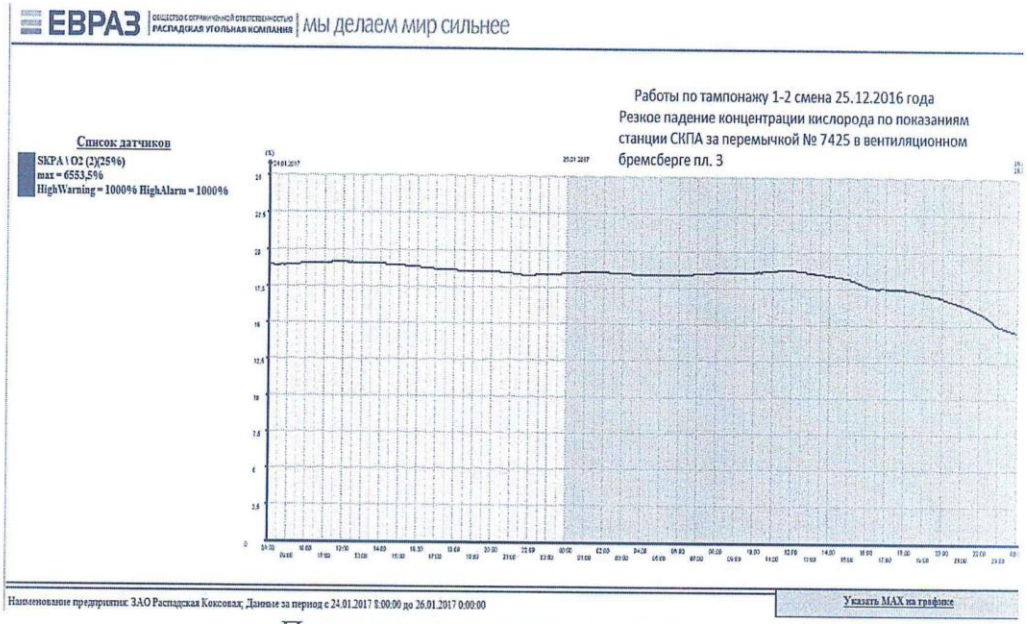
В радиусе 1 метр от устья шпуров наблюдался выход смеси УГМ на поверхность бортов горной выработки.

Анализ ситуации

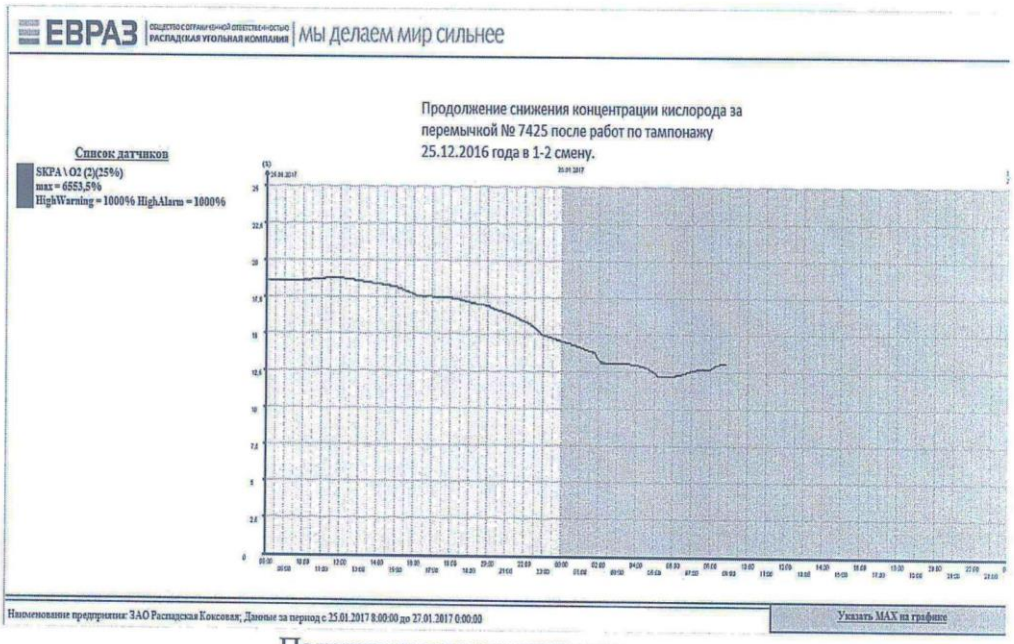
После выполнения работ по тампонажу приконтурной зоны взрывоустойчивых перемычек № 7416 и № 7425 по данным автоматической системы контроля параметров рудничной атмосферы было зарегистрировано падение концентрации кислорода в изолированном пространстве за перемычками №7410, № 7416 и №7424 с 19% до 12%, снижение концентрации кислорода произошло одновременно с началом и активно продолжалось непосредственно после завершения работ по тампонажу приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки № 7425.

Также, после проведения тампонажа приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки № 7425 при замере газоанализатором в непосредственной близости около взрывоустойчивых перемычек № 7416 и № 7424 было отмечено снижение концентрации CH_4 до допустимых значений (до проведения тампонажных работ концентрация CH_4 составляла 2%).

Факт снижения концентрации кислорода в изолированном пространстве представлен на графиках.



Падение концентрации кислорода
по показаниям станции SKPA\O2 с 24.01.17-26.01.17



Падение концентрации кислорода
по показаниям станции SKPA\O2 с 25.01.17-27.01.17

Выводы

Разработанная технология инъекционной цементации нарушенной приконтурной зоны горной выработки вокруг взрывоустойчивых (изолирующих) перемычек смесью «УГМ» подтверждает свою технологичность и эффективность.

Реализованная ООО «УГМ-Сервис» технология инъекционной цементации нарушенной приконтурной зоны горной выработки смесью собственного производства серии «УГМ» эффективна для качественного тампонажа и ликвидации перетоков газа (метановоздушной смеси) через систему трещин пород кровли и бортов из изолируемого выработанного пространства минуя перемычку, что является важным для обеспечения задач промышленной безопасности.

Рекомендуется в дальнейшем, при выборе места возведения взрывоустойчивых (изолирующих) перемычек, проводить оценку состояния устойчивости и физико-механических характеристик горных пород, степени нарушенности (интенсивности трещиноватости) и фильтрационных свойств пород приконтурной зоны горной выработки.

При этом, для более эффективной и оперативной организации указанных работ, рекомендуется проводить визуальную оценку зон нарушений эндоскопическим методом, а оценку степени проницаемости

массива до и после инъекционной цементации – реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через трещины.

При необходимости, проводить последующее инъекционное упрочнение и тампонаж нарушенных участков горных пород. У эксплуатируемых перемычек обращать особое внимание на зону контакта горных пород с «телом» перемычки.

Утверждаю:
Главный инженер
ОАО «Распадская»
_____А.С. Петров
«16» _____ 2015 г.

Шахта ОАО "Распадская"

АКТ

приемки *изолирующей взрывоустойчивой перемычки* № 3519

Комиссия в составе:

Заместитель главного инженера - начальник службы ВДП	В.А. Белковский
Главный маркшейдер	А. А. Козлов
Начальник участка АБ	Ф. А. Стержанов
Начальник участка ПР	И.Н. Мухамедов
Начальник участка № 6	С.Г. Лутцев

произвела приемку «15» декабря 2015г. возведенной изолирующей взрывоустойчивой перемычки и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки № 3519 выполнены в полном объеме в соответствии с документацией «14» декабря 2015г.

Место возведения: **Вентиляционный штрек 4-6-18 в 6 м от ВПУ 4-6 пласта 6-6а блока № 4**

Назначение и конструкция: **безврубовая взрывоустойчивая перемычка**

Материал перемычки: цементная смесь *"УГМ-П"*

Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепородного массива: **Обработка герметизирующим составом "Мастерфлекс"**

Герметичность изолирующего сооружения и газовый состав в изолированном пространстве удовл.; принимает

Дата приемки скрытых работ «10» декабря 2015 г.

Эскиз сооружения прилагается на обороте акта.

Линейно угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на план горных выработок:

«15» декабря 2015г участковый маркшейдер _____
(фамилия, подпись)

Заключение комиссии с указанием качества выполненных работ:

Работы выполнены в соответствии с проектом.

Качество выполненных работ : удовлетворительное

Принять в эксплуатацию взрывоустойчивую перемычку № 3519

Члены комиссии:

Заместитель главного инженера - начальник службы ВДП _____	В.А. Белковский
Главный маркшейдер _____	А. А. Козлов
Начальник участка АБ _____	Ф. А. Стержанов
Начальник участка ПР _____	И.Н. Мухамедов
Начальник участка № 6 _____	С.Г. Лутцев

Утверждаю:
Главный инженер
ПАО «Распадская»
_____ А.А. Козлов
«11» июля 2016г

Шахта ПАО "Распадская"

АКТ

приемки *изолирующей взрывоустойчивой перемычки* № 3574

Комиссия в составе:

Заместитель главного инженера - начальник службы ВДП	Ф. А. Стержанов
Главный маркшейдер	В.В. Тарасенко
Начальник участка АБ	А.В. Рязанцев
Начальник участка ПР	И.Н. Мухамедов
Начальник участка №17	С.Л. Забродин

произвела приемку «06» июля 2016г возведенной изолирующей взрывоустойчивой перемычки и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки № 3574 выполнены в полном объеме в соответствии с документацией «05» июля 2016г

Место возведения: Вентиляционный штрек 4-7-29 бис в 6м от ЗПУ 4-7 №2 пласта 7-7а блока № 4

Назначение и конструкция: безврубовая взрывоустойчивая перемычка

Материал перемычки: цементная смесь *"УГМ-П"*

Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепородного массива: Проектом предусмотрена обработка герметизирующим составом "Матерфлекс" после демонтажа опалубки

Герметичность изолирующего сооружения и газовый состав в изолированном пространстве удов CO_2-0,1%; O_2-20,0%; CO-0,0000%; CH_4-2,2%

Дата приемки скрытых работ «30» июня 2016 г

Эскиз сооружения прилагается на обороте акта.

Линейно угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на план горных выработок:

«11» июля 2016 г участковый маркшейдер Прохоров
(фамилия, подпись)

Заключение комиссии с указанием качества выполненных работ:

Работы выполнены в соответствии с проектом.

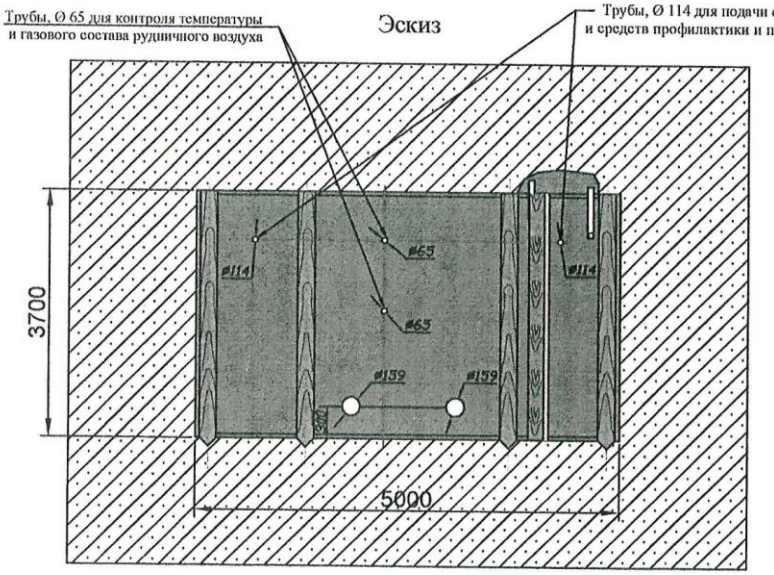
Качество выполненных работ : удовлетворительное

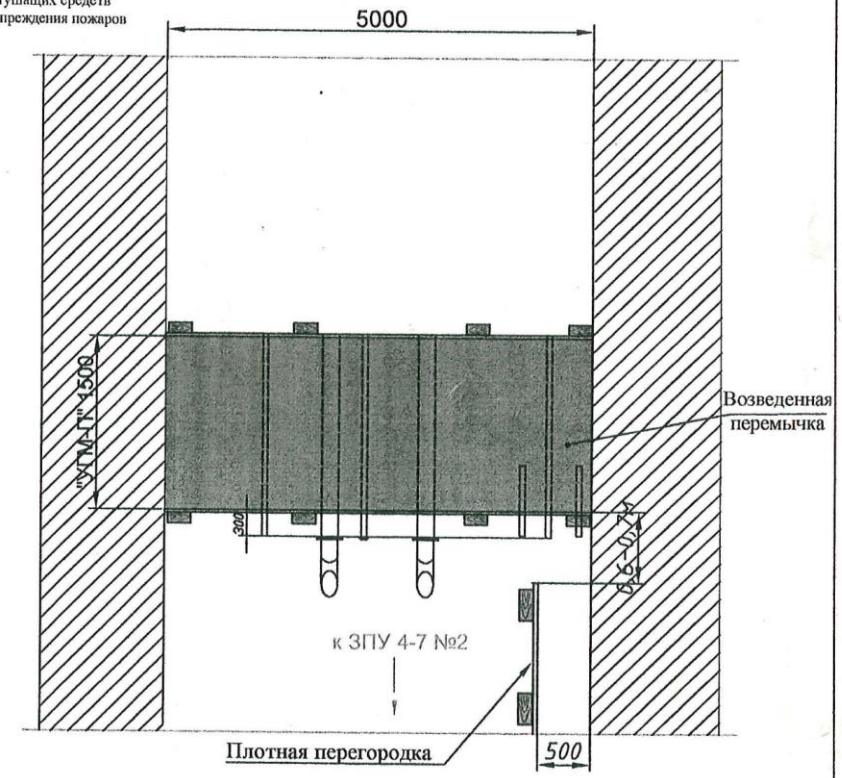
Принять в эксплуатацию взрывоустойчивую перемычку № 3574

Члены комиссии:

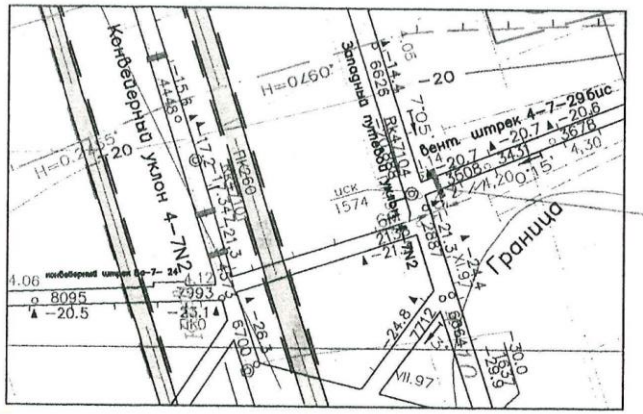
Заместитель главного инженера - начальник службы ВДП	Ф. А. Стержанов
Главный маркшейдер	В.В. Тарасенко
Начальник участка АБ	А.В. Рязанцев
Начальник участка ПР	И.Н. Мухамедов
Начальник участка №17	С.Л. Забродин

Эскиз взрывоустойчивой перемычки №3574





Эскиз с плана горных выработок



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОИ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Шахта «Есаульская»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
_____ *А.В. Сентюрев*
«_28_» ___11___ *2014*

Протокол
обследования взрывоустойчивой изолирующей перемычки №664

Комиссия в составе:

Барсуков П.Г. – начальник участка ДиПГВ ООО «Шахта «Есаульская»;
Зайцев Н.А. – зам. начальника участка ВТБ ООО «Шахта «Есаульская»;
Нургалиев Е.И. – генеральный директор ООО НПК «УГМ»;
Тормозов В.В. – главный специалист управления дегазации и вентиляции ОАО «ОУК «ЮКУ»;
Жаткин А.Ф. – помощник командира филиала «Новокузнецкий ВГСО» ФГУП «ВГСЧ»;
Ганзий К.В. – начальник участка ООО «ЛГСУ-27»

28.11.2014г. в первую смену обследовала взрывоустойчивую изолирующую перемычку №664, расположенную в вентиляционном штреке 26-14 от магистрального путевого штрека 26-4, возведенную 14.11.2014 из цементной смеси УГМ-П производства ООО НПК «УГМ».

Результаты лабораторных испытаний, проведенных ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр» 27.11.14г. показали максимальное значение предела прочности на одноосное сжатие 13,3 МПа.

Результаты измерений прочности поверхности перемычки, произведенные прибором Beton Pro Condtrol (зав.№11168) в ходе обследования составили в среднем 12,6 МПа.

Выводы комиссии: цементная смесь УГМ-П производства ООО НПК «УГМ» соответствует заявленным характеристикам и может быть рекомендована для взрывоустойчивых изолирующих перемычек.

Члены комиссии: _____ П.Г. Барсуков
_____ Н.А. Зайцев
_____ Е.И. Нургалиев
_____ В.В. Тормозов
_____ А.Ф. Жаткин
_____ К.В.Ганзий

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«Шахта «Есаульская»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
_____ *А.В. Сентюрев*
«16» 12 *2014*

Протокол

обследования взрывоустойчивой изолирующей перемычки №664

Комиссия в составе:

Воронин С.А. – зам. начальника участка ВТБ ООО «Шахта «Есаульская»;
Нургалиев Е.И. – генеральный директор ООО НПК «УГМ»;
Пекарев С.С. – горный инженер ООО НПК «УГМ»;
Тормозов В.В. – главный специалист управления дегазации и вентиляции ОАО «ОУК «ЮКУ»;
Двадцатов А. Ю. – механик участка ООО «ЛГСУ-27»

В соответствии с «Методическими рекомендациями по порядку (методам) оценки состояния взрывоустойчивых перемычек при их приемке и в процессе эксплуатации для предприятий ОАО «ОУК «Южкузбассуголь» 16.12.2014г. в первую смену произвела обследование взрывоустойчивой изолирующей перемычки №664, возведенной 14.11.2014 в вентиляционном штреке 26-14 от магистрального путевого штрека 26-4 из цементной смеси УГМ-П производства ООО НПК «УГМ».

В результате визуального осмотра установлено, что перемычка находится в удовлетворительном состоянии, деформаций, отслоений и прочих нарушений целостности тела перемычки не выявлено.

Результаты измерений прочности поверхности перемычки, произведенные с помощью молотка К.П.Кашкарова, составили в среднем 41 МПа.

Выводы комиссии: цементная смесь УГМ-П производства ООО НПК «УГМ» соответствует заявленным характеристикам и может быть рекомендована для взрывоустойчивых изолирующих перемычек.

Члены комиссии: _____ С.А. Воронин
_____ Е.И. Нургалиев
_____ С.С. Пекарев
_____ В.В. Тормозов
_____ А.Ю. Двадцатов

ООО «Шахта «Есаульская»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
П.А. Черноусов
«16» 02 2018 г

ООО «УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «УГМ Сервис»
Н.Ю. Трошков
«__» _____ 2018 г.

АКТ
выполненных работ

15.02.2018 г

Тампонаж нарушенных горных пород приконтурной зоны взрывоустойчивой изолирующей перемычки №2180 и места ее расположения – бремсберга 26-53 в 5 м ниже сопряжения с вентиляционным штреком 26-13бис с использованием тампонажного комплекса АСА-1П.

Комиссия в составе:
Начальник участка ДиПГВ
ООО «Шахта «Есаульская» Барсуков П.Г.

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» Тормозов В.В.

В период с 08 по 15 февраля 2018 года проведен тампонаж приконтурной зоны взрывоустойчивой изолирующей перемычки №2180 и места ее расположения – бремсберга 26-53 в 5 м ниже сопряжения с вентиляционным штреком 26-13бис.

По результатам проведённых тампонажных работ комиссия установила:

1. На тампонаж приконтурной зоны места возведения взрывоустойчивой изолирующей перемычки №2180 и места ее расположения – бремсберга 26-53 в 5 м ниже сопряжения с вентиляционным штреком 26-13бис было израсходовано 48 комплектов (3840 кг) двухкомпонентной смеси УГМ.
2. На месте проведения тампонажных работ на боках и кровле выработки, а также по контакту перемычки с кровлей заметны выделения тампонажной смеси из трещин.

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – ООО «Шахта «Есаульская».
2-й экз. – ООО «УГМ-Сервис».

Подписи:
Начальник участка ДиПГВ+
ООО «Шахта «Есаульская» _____ П.Г. Барсуков

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» _____ В.В. Тормозов

ООО«Шахта«Есаульская»

Утверждаю:
И.о. главного инженера
ООО«Шахта«Есаульская»
А.В. Николаев
«14» 03 2018 г

ООО«УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО«УГМ Сервис»
Н.Ю. Трошков
«__» _____ 2018 г.

АКТ
выполненных работ

14.03.2018 г

Тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53 с использованием тампонажного комплекса АСА-1П.

Комиссия в составе:
Начальник участка №6
ООО«Шахта«Есаульская» Савченко В.П.

Заместитель директора по сервису
ООО«УГМ-Сервис» Тормозов В.В.

В период с 01 по 14 марта 2018 года проведен тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53.

По результатам проведённых тампонажных работ комиссия установила:

1. На тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53 было израсходовано 120 комплектов (9600 кг) двухкомпонентной смеси УГМ.
2. На месте проведения тампонажных работ на боках и кровле выработки заметны выделения тампонажной смеси из трещин.

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – ООО«Шахта«Есаульская».
2-й экз. – ООО«УГМ-Сервис».

Подписи:
Начальник участка №6
ООО«Шахта«Есаульская» _____ В.П. Савченко

Заместитель директора по сервису
ООО«УГМ-Сервис» _____ В.В. Тормозов

ООО «Шахта «Есаульская»

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
А.В. Жданов
«__» _____2018 г

ООО «УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «УГМ Сервис»
И.Ю. Трошков
«__» _____2018 г.

АКТ
выполненных работ

28.03.2018 г

Тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53 с использованием тампонажного комплекса АСА-1П.

Комиссия в составе:
Зам. главного инженера по технологии Николаев А.В.
Начальник участка № 6
ООО «Шахта «Есаульская» Савченко В.П.

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» Тормозов В.В.

В период с 22 по 28 марта 2018 года проведен тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки № 3 с ходка 29-53.

По результатам проведённых тампонажных работ комиссия установила:

1. На тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки № 3 с ходка 29-53 было израсходовано 192 комплекта (15360 кг) двухкомпонентной смеси УГМ.
2. На месте проведения тампонажных работ на боках и кровле выработки заметны выделения тампонажной смеси из трещин.

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – ООО «Шахта «Есаульская».
2-й экз. – ООО «УГМ-Сервис».

Подписи:
Зам. главного инженера по технологии _____ А.В. Николаев

Начальник участка № 6
ООО «Шахта «Есаульская» _____ В.П. Савченко

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» _____ В.В. Тормозов

ООО «Шахта «Есаульская»

Утверждаю:
И.о. главного инженера
ООО «Шахта «Есаульская»
А.В. Николаев
«16». 03 2018 г

ООО «УГМ-Сервис»

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО «УГМ Сервис»
И.Ю. Трошков
«16» 05 2018 г.

АКТ
выполненных работ

16.03.2018 г

Тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53 с использованием тампонажного комплекса АСА-1П.

Комиссия в составе:
Начальник участка №6
ООО «Шахта «Есаульская» Савченко В.П.

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» Тормозов В.В.

В период с 15 по 20 марта 2018 года проведен тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки №3 с ходка 29-53.

По результатам проведённых тампонажных работ комиссия установила:

1. На тампонаж нарушенных горных пород в кровле приконтурной зоны сопряжения бремсберга 29-53 и сбойки № 3 с ходка 29-53 было израсходовано 72 комплекта (5760 кг) двухкомпонентной смеси УГМ.
2. На месте проведения тампонажных работ на боках и кровле выработки заметны выделения тампонажной смеси из трещин.

Акт составлен в двух экземплярах:
1-й экз. – ООО «Шахта «Есаульская».
2-й экз. – ООО «УГМ-Сервис».

Подписи:
Начальник участка № 6
ООО «Шахта «Есаульская» _____ В.П. Савченко

Заместитель директора по сервису
ООО «УГМ-Сервис» _____ В.В. Тормозов

Утверждаю :
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
_____Черноусов П.А.
«27» 07 2016г.

Шахта: ООО «Шахта «Есаульская»

АКТ
приемки изолирующей перемычки № 1199

Комиссия в составе: Зам. главного инженера по технологии - Николаев А.В., начальник участка ВТБ – Зоммерфельд А.Г., начальник участка № 5 ООО «КШП» -Захваткин А.П., участковый маркшейдер-Карпов С.А. произвела приемку « 13 » июля 2016г. возведенной изолирующей перемычки и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки выполнены в полном объеме в соответствии с документацией от «20» июня 2016г.

Место возведения: Сбойка № 4 выше бремсберга 26-52
Назначение и конструкция изолирующей перемычки (площадь, количество труб): изоляция газодренажной выработки от действующей выработки , S= 22.6 м^2, труб-3шт., расход цементной смеси«УГМП»- 22,6м^3 (27,4тн)
Материал изолирующей перемычки: Цементная смесь «УГМ-П»

Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепороднего массива: обработка цементным раствором

Дата приемки скрытых работ: « 04 » июля 2016г.
Эскиз сооружения прилагается.
Линейно-угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на план горных работ « 13 » июля 2016г. Карпов С.А. /
(фамилия) (подпись)

Заключение комиссии : принять в эксплуатацию перемычку - 1199

Члены комиссии:

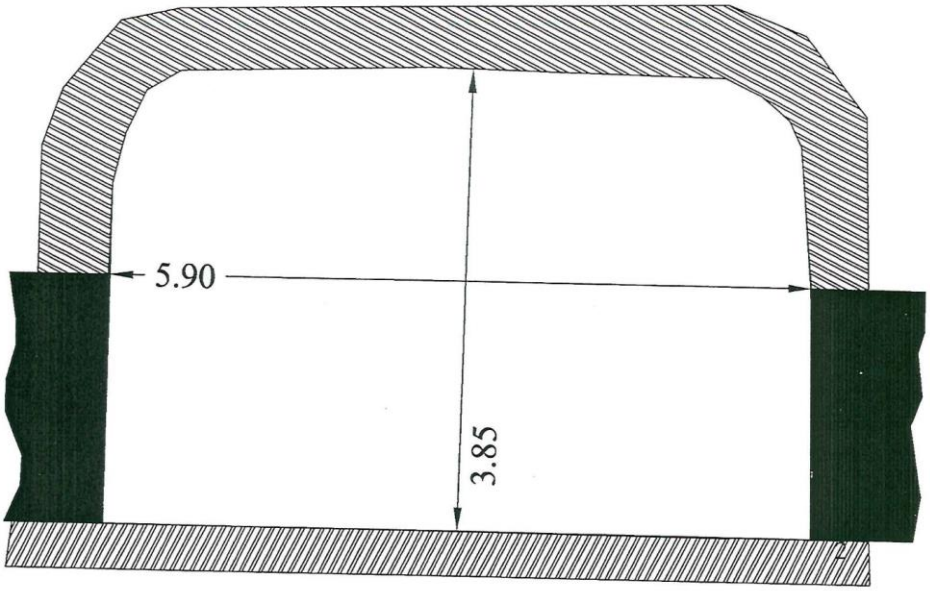
Зам. главного инженера по технологии _____ Николаев А.В.

Начальник участка ВТБ _____ Зоммерфельд А.Г.

Начальник участка № 5 ООО «КШП» _____ Захваткин А.П.

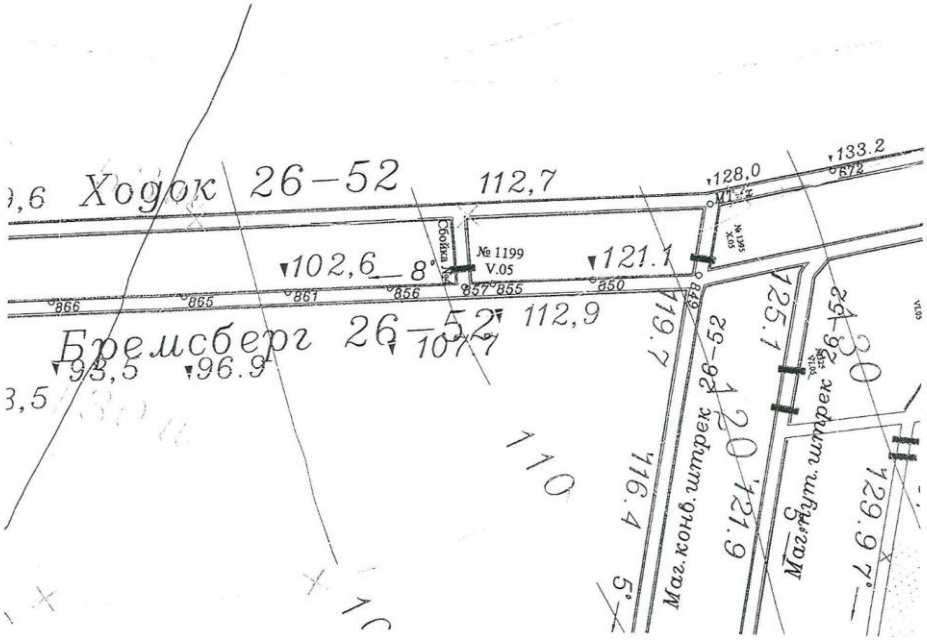
Участковый маркшейдер _____ Карпов С.А.

Сечение сбойки № 4 между бремсбергом и ходком 26-52
Масштаб 1:50



Сечение выработки в месте возведения перемычки S = 22.6 м2
Толщина перемычки 1.0 м
Объём перемычки V = 22.6 м3

Выкопировка с плана горных выработок пласта 26а
Масштаб 1:2000



Участковый маркшейдер Карпов С.А.

Утверждаю :
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
_____ Черноусов П.А.
«28» 06 2016г.

Шахта: ООО «Шахта «Есаульская»

АКТ
приемки изолирующей перемычки № 335

Комиссия в составе: Начальник участка ВТБ –Зоммерфельд А.Г., начальник участка № 5 ООО «КШП» - Захваткин А.П., участковый маркшейдер-Карпов С.А. произвела приемку «28» 06 2016г. возведенной изолирующей перемычки и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки выполнены в полном объеме в соответствии с документацией от «06» мая 2016г.

Место возведения: сбойка № 1 от МКШ 26-52
Назначение и конструкция изолирующей перемычки (площадь, количество труб): изоляция отработанного пространства лавы 26-12 , S= 20,7 м^2,труб-3шт., расход цементной смеси«УГМП»-20,7 м^3 (25 тн)
Материал изолирующей перемычки: Цементная смесь «УГМ-П»

Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепороднего массива: обработка цементным раствором

Дата приемки скрытых работ : «26» июня 2016г.
Эскиз сооружения прилагается.
Линейно-угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на план горных работ «26» июня 2016г. Романчукова Д.С. / _____
(фамилия) (подпись)

Заключение комиссии :

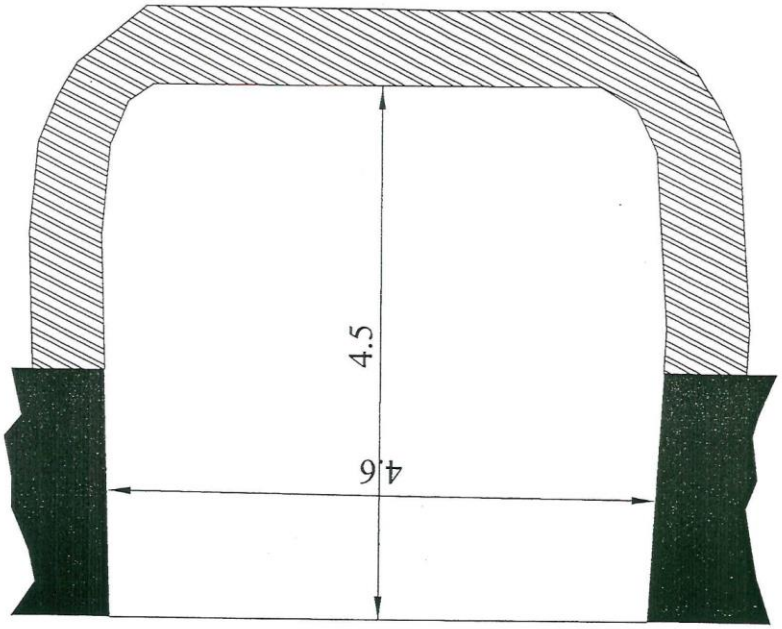
Члены комиссии :

Начальник участка ВТБ _____ Зоммерфельд А.Г.

Начальник участка № 5 ООО «КШП» _____ Захваткин А.П.

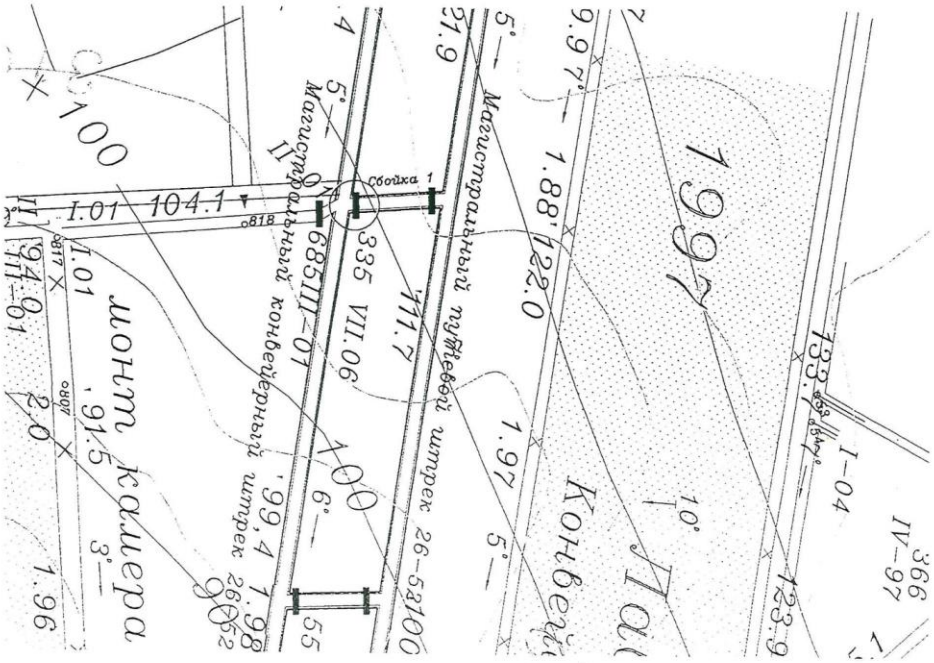
Участковый маркшейдер _____ Романчукова Д.С.

Сечение сбойки №1 между МКШ 26-52 и МПШ 26-52
Масштаб 1:50



Сечение выработки в месте возведения перемычки S= 20.7 м
Толщина перемычки 1.0 м
Объём перемычки V=20.7 м3

Выкопировка с плана горных выработок пласта 26а
Масштаб 1:2000



Участковый маркшейдер Романчукова Д.С.

Утверждаю :
Главный инженер
ООО «Шахта «Есаульская»
_____ Черноусов П.А.
«29» 06 2016г.

Шахта: ООО «Шахта «Есаульская»

АКТ
приемки изолирующей перемычки № 557

Комиссия в составе: Начальник участка ВТБ –Зоммерфельд А.Г., начальник участка № 5 ООО «КШП» - Захваткин А.П., участковый маркшейдер-Карпов С.А. произвела приемку «_28_»____06____2016г. возведенной изолирующей перемычки и установила, что работы по возведению изолирующей перемычки выполнены в полном объеме в соответствии с документацией от «06»__июня__ 2016г.

Место возведения: сбойка № 2 от МКШ 26-52
Назначение и конструкция изолирующей перемычки (площадь, количество труб): изоляция отработанного пространства лавы 26-12 , S= 18,9 м^2.труб-3шт., расход цементной смеси«УГМП»- 18,9 м^3 (22,85 тн)_____
Материал изолирующей перемычки: Цементная смесь «УГМ-П»

Средства повышения герметичности изолирующей перемычки и углепороднего массива: обработка цементным раствором

Дата приемки скрытых работ : «07» ___июня___2016г.
Эскиз сооружения прилагается.
Линейно-угловая привязка изолирующей перемычки выполнена, изолирующая перемычка нанесена на план горных работ «07»____июня___2016г. Романчукова Д.С. /_____
(фамилия) (подпись)

Заключение комиссии :

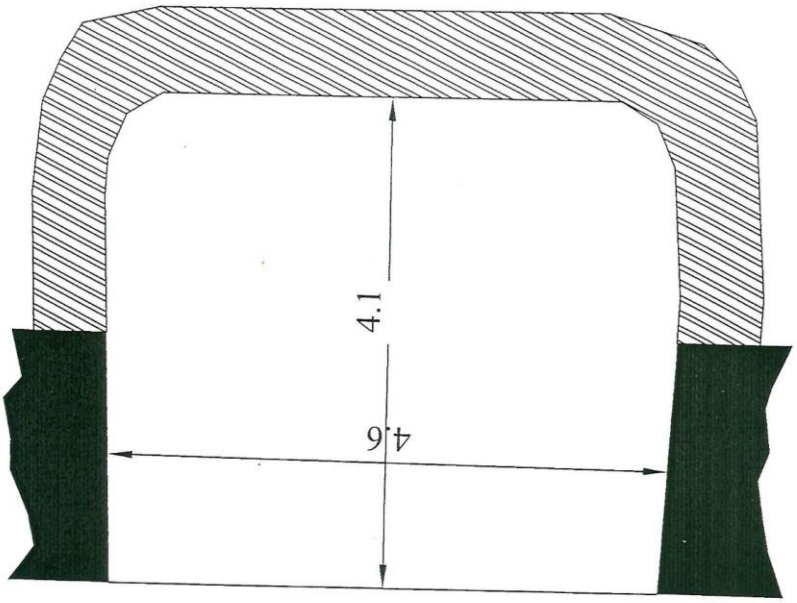
Члены комиссии :

Начальник участка ВТБ _____ Зоммерфельд А.Г.

Начальник участка № 5 ООО «КШП» _____ Захваткин А.П.

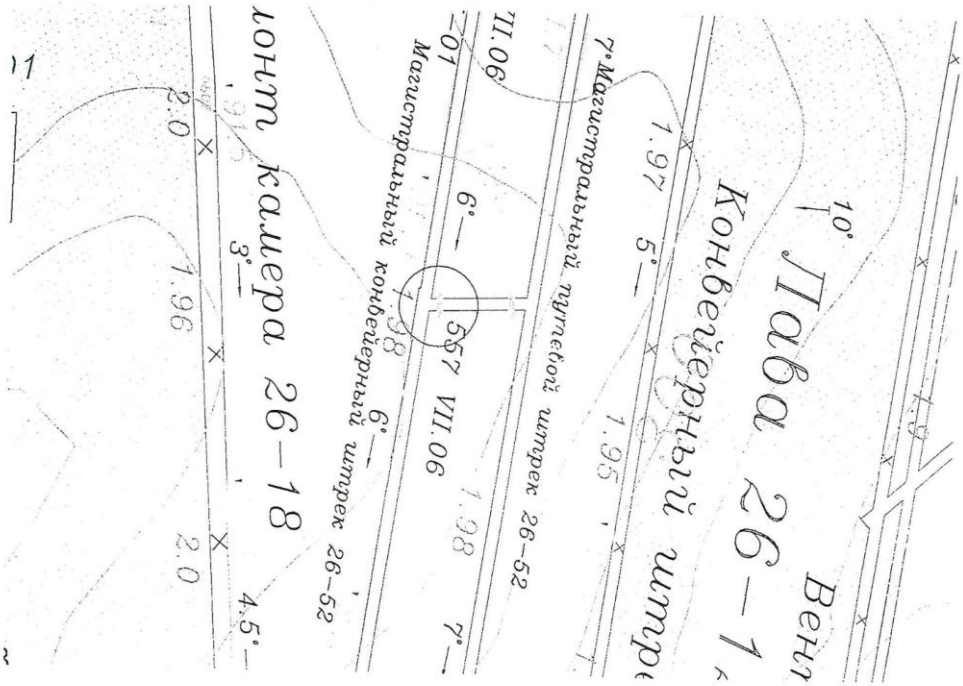
Участковый маркшейдер _____ Романчукова Д.С.

Сечение сбойки №2 между МКШ 26-52 и МПШ 26-52
Масштаб 1:50



Сечение выработки в месте возведения перемычки S = 18.9 м
Толщина перемычки 1.0 м
Объём перемычки V = 18.9 м3

Выкопировка с плана горных выработок пласта 26а
Масштаб 1:2000



Участковый маркшейдер Романчукова Д.С.

ЕВРАЗ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОБЪЕДИНЕННАЯ УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ» ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII»

мы делаем мир сильнее

Филиал «Шахта «Ерунаковская-VIII»

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер филиала

«Шахта «Ерунаковская-VIII»

_____А.В.Жданов

«__» 09 2016г.

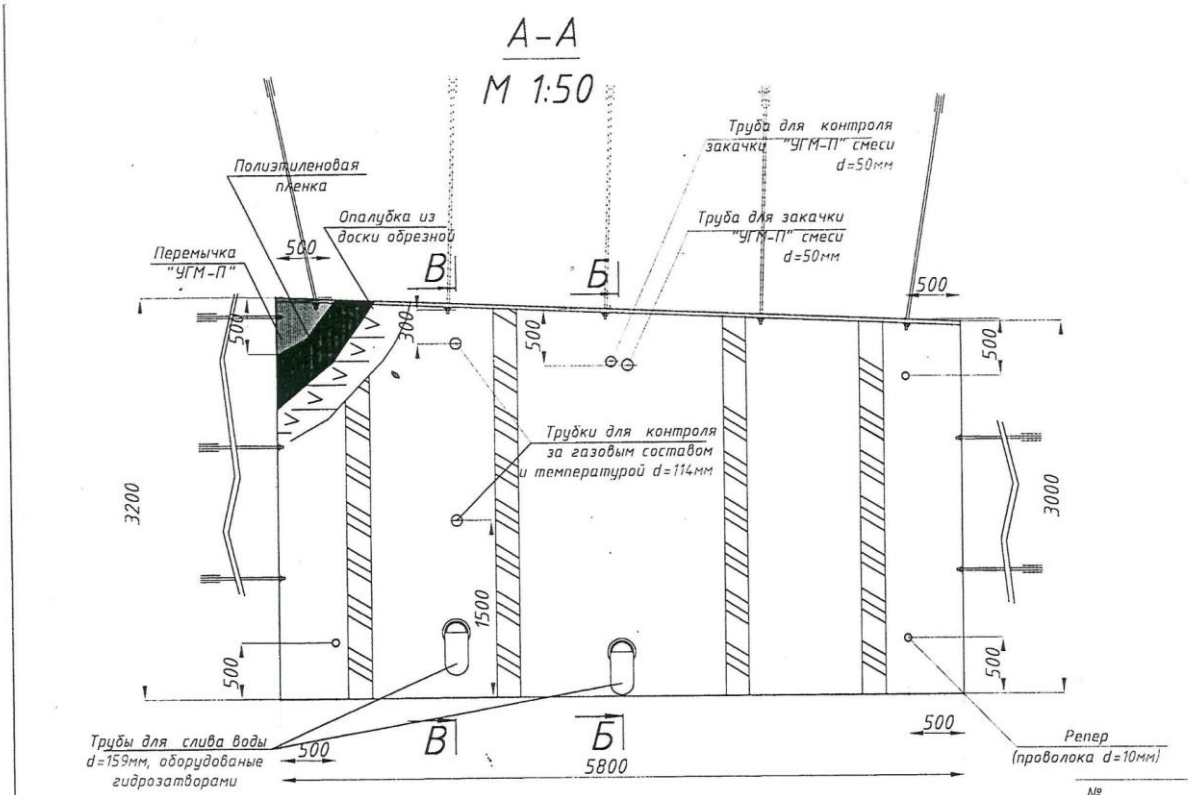
Документация на изоляцию.

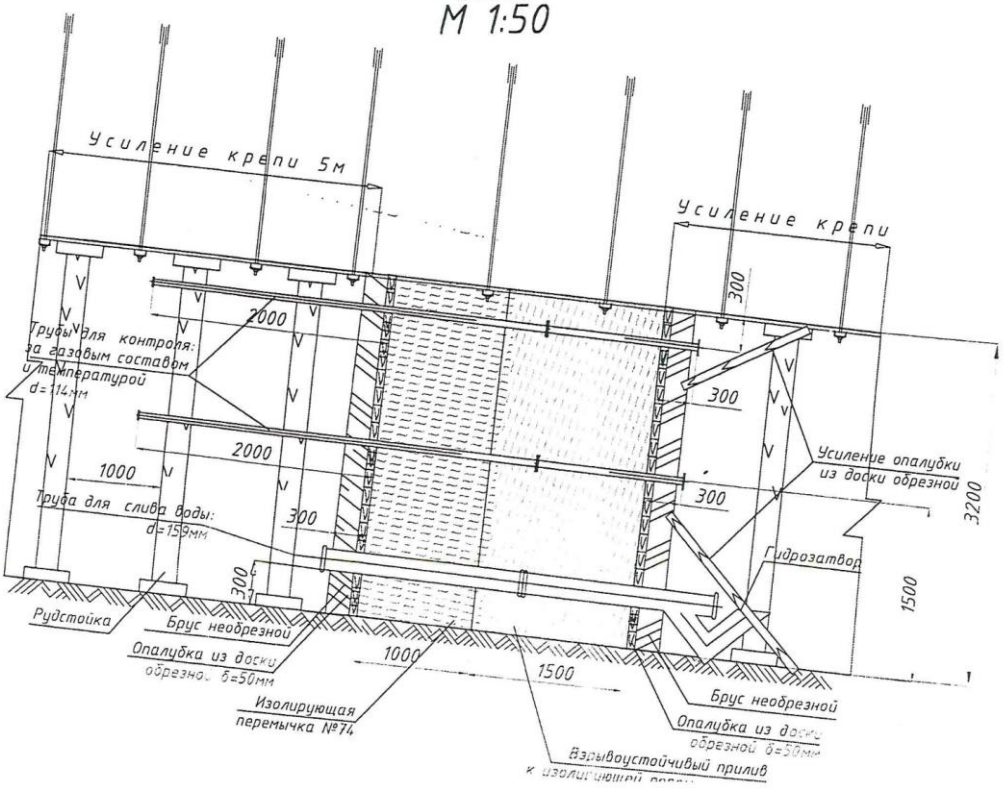
Возведение взрывоустойчивого прилива к изолирующей перемычке №74 в сбойке № 3 между конвейерным штреком 48-4 и вентиляционным штреком 48-5

Зам. главного инженера
по технологии А.А.Исаченко

Начальник участка ВТБ Е.В.Курочкин

Новокузнецк, 2016г.





№ п/п	
1	УГМ-
2	Мет.
3	Доск
4	Гвоз
5	Поли (Вент
6	Мет.
7	Труд
8	Мет.
9	Гидр
10	Брус
11	Рудс
12	Плас
13	Герм

ЕВРАЗ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОБЪЕДИНЕННАЯ УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ» ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII»

Филиал «Шахта «Ерунаковская-VIII»

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер филиала
«Шахта «Ерунаковская-VIII»
_____А.В.Жданов
«10» 10 2016г.

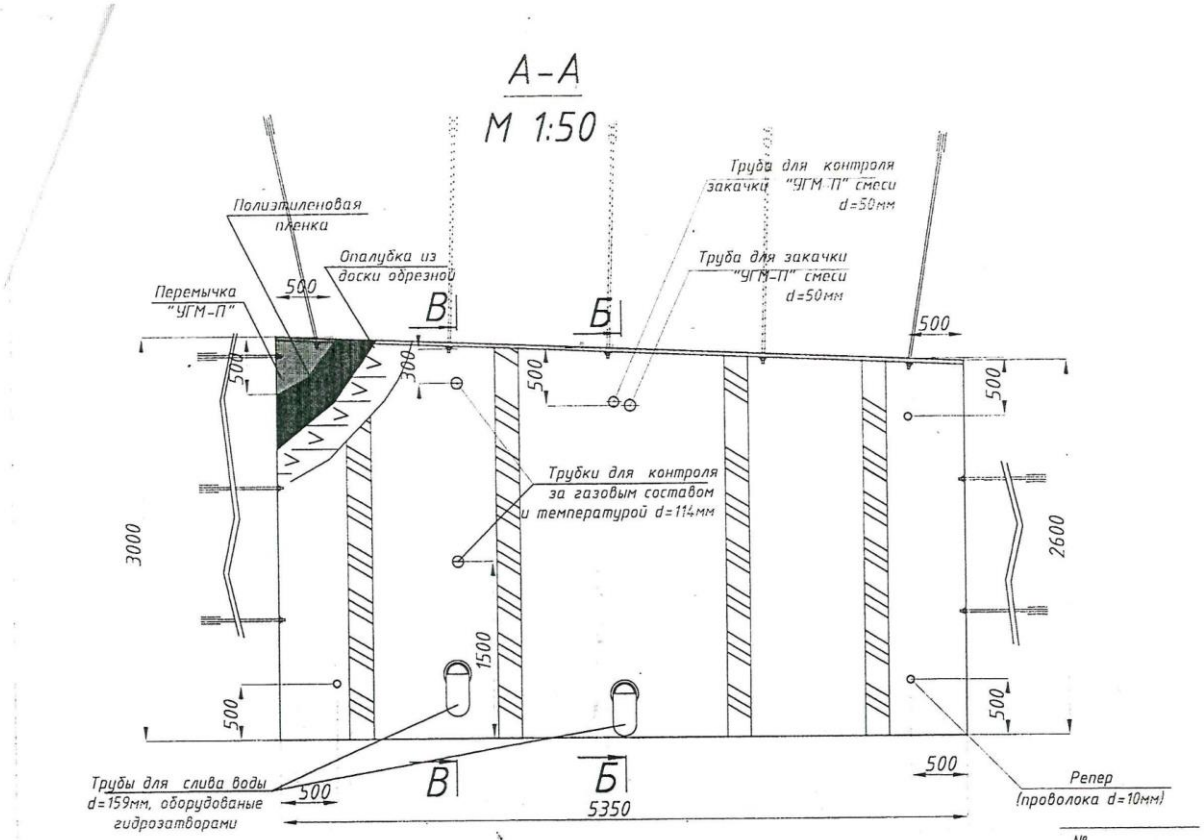
Документация на изоляцию.

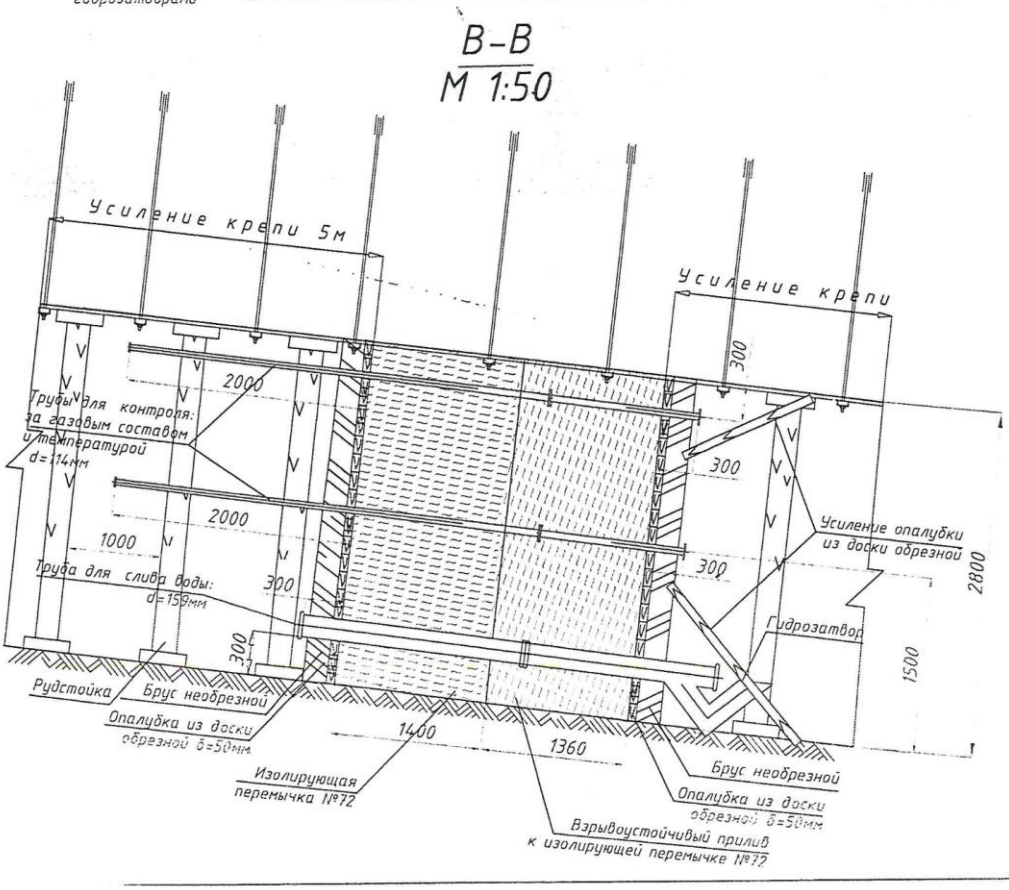
Возведение взрывоустойчивого прилива к изолирующей перемычке №72 в сбойке № 5 между конвейерным штреком 48-4 и вентиляционным штреком 48-5

Зам. главного инженера
по технологии А.А.Исаченко

Начальник участка ВТБ Е.В.Курочкин

Новокузнецк, 2016г.





№ п/п	Н
1	УГМ-П
2	Мет. тру
3	Доска о
4	Гвозди
5	Полиэти (вент. тр
6	Мет. тру
7	Трудоемк
8	Мет. тру
9	Гидрозат
10	Брус нео
11	Рудстойк
12	Пластин
13	Гермети

ЕВРАЗ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ОБЪЕДИНЕННАЯ УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ
«ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ»
ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII»

Филиал «Шахта «Ерунаковская-VIII»

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер филиала
«Шахта «Ерунаковская-VIII»
_____А.В.Жданов
«____»_____2016г.

Документация на изоляцию.

Возведение взрывоустойчивого прилива к изолирующей перемычке №76 в сбойке № 2 между конвейерным штреком 48-4 и вентиляционным штреком 48-5

Зам. главного инженера
по технологии 01.09.16. А.А.Исаченко

Начальник участка ВТБ Е.В.Курочкин

Новокузнецк, 2016г.

ЕВРАЗ

ЭСКИЗ

изолирующего сооружения

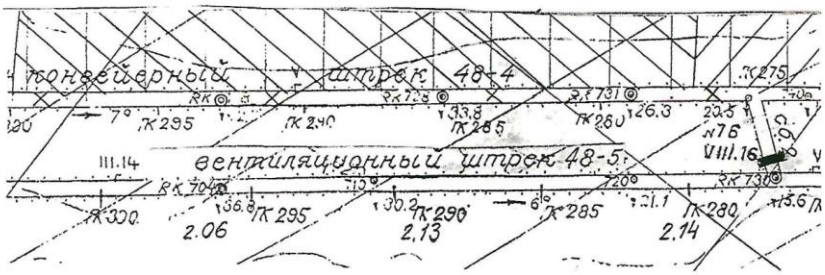
Вид сооружения: *взрывоустойчивый прилив к изолирующей перемычке №76*

Место установки *сбойка №2 между вентиляционным штреком 48-5 и конвейерным штреком 48-4*



Выкопировка из плана горных выработок

М 1:2000



ЕВРАЗ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ОБЪЕДИНЕННАЯ УГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ «ЮЖКУЗБАССУГОЛЬ» ФИЛИАЛ «ШАХТА «ЕРУНАКОВСКАЯ-VIII»

Филиал «Шахта «Ерунаковская-VIII»

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер филиала

«Шахта «Ерунаковская-VIII»

_____А.В.Жданов

«_16_»_____09_____2016г.

Документация на изоляцию.

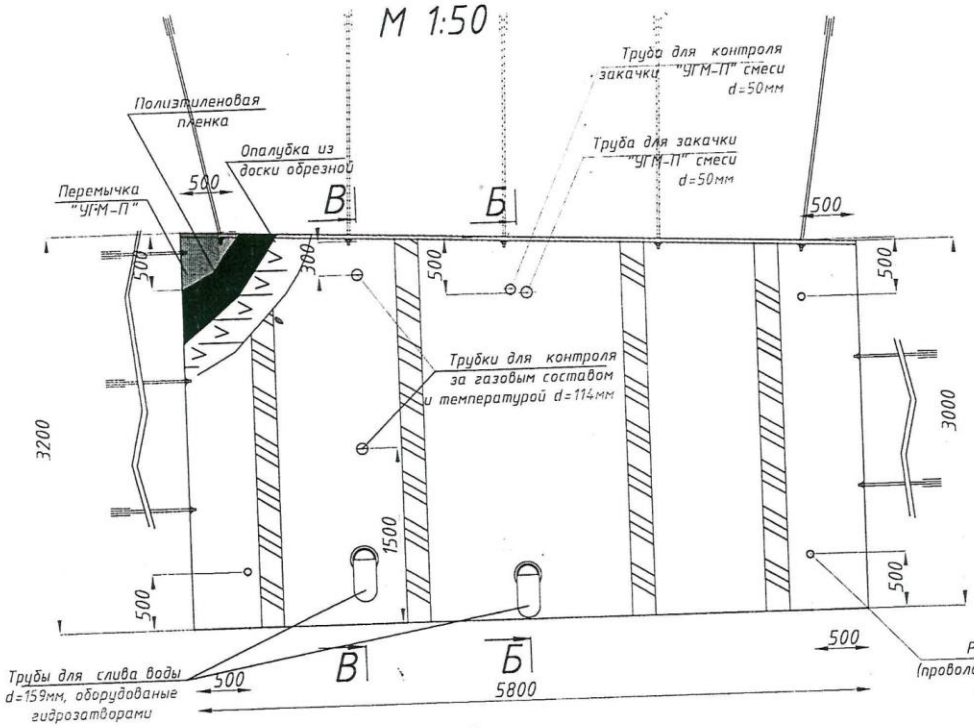
Возведение взрывоустойчивого прилива к изолирующей перемычке №73 в сбойке № 4 между конвейерным штреком 48-4 и вентиляционным штреком 48-5

Зам. главного инженера
по технологии А.А.Исаченко

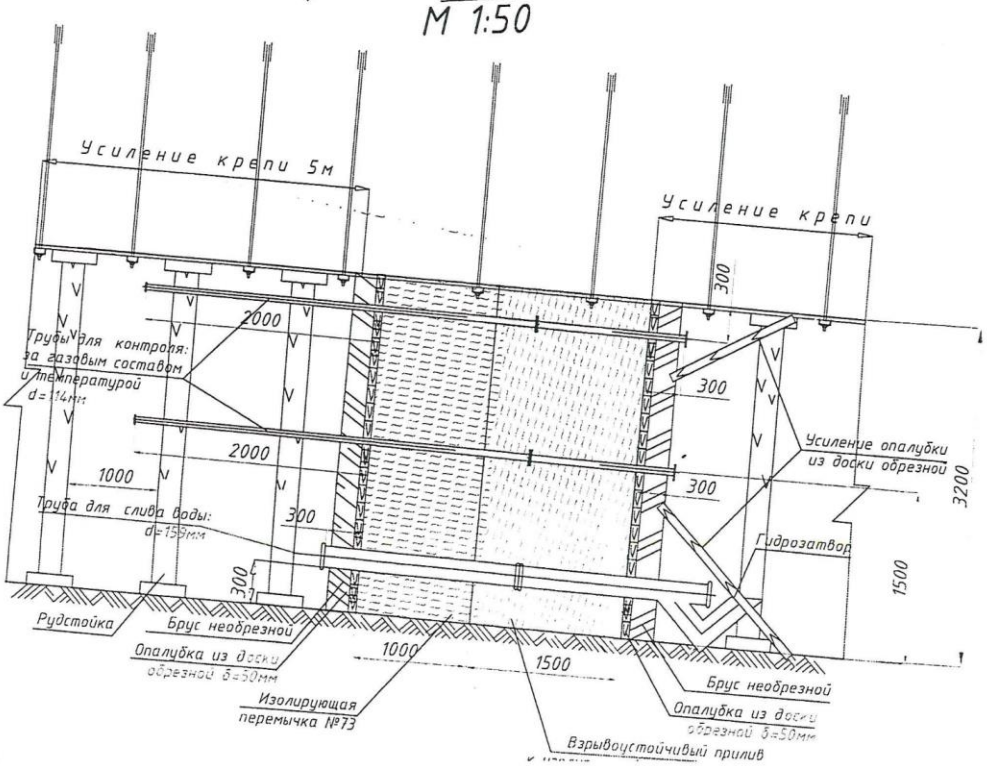
Начальник участка ВТБ Е.В.Курочкин

Новокузнецк, 2016г.

А–А
М 1:50



В–В
М 1:50



№ п/п	
1	УГМ-
2	Мет.
3	Доск
4	Гвоз
5	Поли (вен
6	Мет
7	Труб
8	Мет
9	Гид
10	Бру
11	Руд
12	Пло
13	Гер

Согласовано:
Главный инженер
ООО «Холдинг Сибуглемет»
АО «Шахта «Антоновская»
И.А. Мацуев
«23» 06 2016 г.

Утверждаю:
Главный инженер
ООО «УГМ - Сервис»
М.В. Федоров
«23» 06 2016 г.

А К Т
выполнения работ по сокращению утечек через взрывоустойчивую перемычку № 227 путем тампонажа (инъекционной цементации) нарушенного приконтурного массива горных пород

Объединение: ООО «Холдинг Сибуглемет»
Шахта: АО «Шахта «Антоновская»
Пласт: 26а.
Крыло (выемочный участок): выемочный столб 26-23.
Выработка: вентиляционный штрек 26-23.

АО «Шахта «Антоновская»
Начальник участка АБ — Пундель А.А.
Зам. начальника участка АБ — Вешкин И.В.

ООО «УГМ-Сервис»
Ведущий инженер — Шенгерей Б.В.
Ведущий инженер — Черноок П.Е.

Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН
Младший научный сотрудник — Непомнищев И.Л.
Ведущий инженер — Лихоузов А.А.

Кемерово 2016

Комиссия в составе:
АО «Шахта «Антоновская»
Начальник участка АБ — Пундель А.А.
Зам. начальника участка АБ — Вешкин И.В.

ООО «УГМ-Сервис»
Главный инженер — Федоров М.В.
Ведущий инженер — Шенгерей Б.В.
Ведущий инженер — Черноок П.Е.

Приглашенные:
Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук (ФИЦ УУХ СО РАН)
Младший научный сотрудник — Непомнищев И.Л.
Ведущий инженер — Лихоузов А.А.

18 мая 2016 года провели анализ предоставленной технической документации, визуальный осмотр конструкции перемычки № 227 и места ее расположения на сопряжении вентиляционного штрека 26-23, пройденному с присечкой по пласту угля 26а АО «Шахта «Антоновская».

Горно-геологическая характеристика пласта 26а

Пласт 26а поля шахты «Антоновская» (II очередь) в пределах подготовки выемочного столба 26-23 имеет сложное строение. Состоит из двух пачек угля и одного породного прослоя. Мощность первого прослоя угля составляет 0,05-0,10 м. Породный прослой находится в верхней части пласта и представлен мелкозернистым алевролитом и имеет мощность 0,05-0,10 м. Нижняя пачка угля имеет мощность 1,89-2,07 м. Общая мощность пласта составляет 2,07- 2,27 м. Мощность ЧУП составляет 2,07-2,17 м. Уголь пласта 26а представлен маркой «Ж» и имеет следующие показатели: зольность пластовая – 6,6-11,4 %, зольность по ЧУП 5,3-6,7 %. Ввиду большого сечения выработок и небольшой мощности пласта, зольность вынимаемой горной массы может составить 40-45 %. Толщина пластического слоя 21-28 мм, сопротивление угля резанию – 127 кг/см. Природная влажность – 3,9 %. Природная метаноносность – 16-18 $м^3$/т. Уголь не склонен к самовозгоранию. Пласт 26а угрожаем по горным ударам с глубины 200 м, угрожаем по внезапным выбросам угля породы и газа с глубины 419

м, опасен по взрываемости угольной пыли. Глубина залегания лавы 26-23 составит 380-430 м. Гипсометрия пласта слабоволнистая. Углы падения пласта по простиранию составят 5-10°, по забою лавы 10-15°.

Ложная кровля представлена алевролитом мелкозернистым, иногда углистым. Её мощность составляет 0,3-0,5 м. Весьма неустойчива, обрушается вслед за выемкой угля. Коэффициент крепости по шкале Протодьяконова 2-3.

Непосредственная кровля представлена алевролитом мелко- и среднезернистым. Её мощность составляет 5,0-7,5 м. Коэффициент крепости по шкале Протодьяконова составляет 4-5. В зоне влияния нарушения "1"-"1", "б"-"б" непосредственная кровля интенсивно трещиноватая, количество разнонаправленых трещин 3-4 шт. на погонный метр. Кровля средней устойчивости и неустойчивая.

Основная кровля представлена алевролитом крупнозернистым, переслаивающимся с песчаником. Её мощность составляет 11,6-19,3 м. По классу обрушаемости относится к среднеобрушаемым, по типу устойчивости – неустойчивая.

Почва представлена алевролитом среднезернистым, мощностью 5-16 м.

Водоприток может наблюдаться с кровли, реже с бортов выработки, и в среднем составит 5-8 $м^3$/ч.

Характеристика перемычки № 227 и приконтурной зоны пород вентиляционного штрека 26-23

Монолитная безврубовая взрывоустойчивая перемычка № 227 возведена в ноябре 2015 г. из смеси УГМ-П по опалубочной технологии, имеет габаритные размеры: ширина 4200 высота 3000 мм (рис. 1). Опалубка впоследствии демонтирована. Наружная поверхность сухая, шераховатая, серого цвета, с редко расположенными кавернами и выбоинами, образованными при заливке. В верхней части, районе кровли выработки, и у правого борта видны незначительные высолы.

Перемычка возведена в области повышенной трещиноватости нарушенного приконтурного массива пород горной выработки. На поверхность контура выработки выходят прямо и кососекущие трещины различного размера – от «волосянных», до трещин с раскрытием 20мм. Наибольшая плотность (частота) расположения выходов трещин на поверхность наблюдается в кровле и правом боку выработки.

Как следствие ситуации,– происходят перетоки метановоздушной смеси из изолируемого выработанного пространства через систему трещин пород кровли и боков.

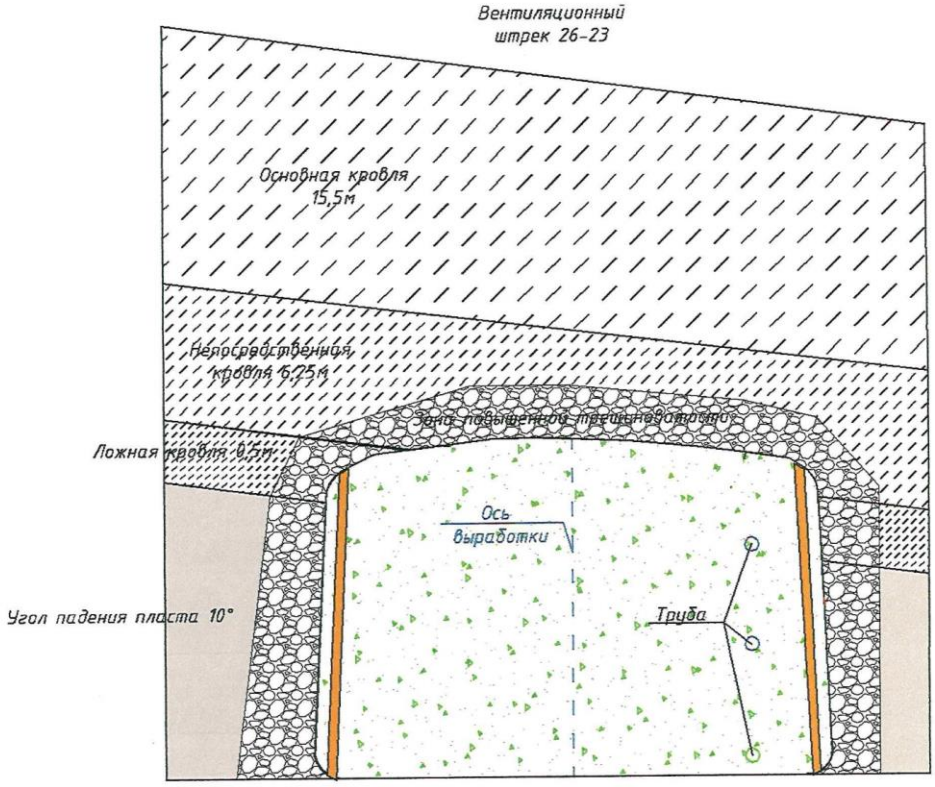


Рис. 1. Схема перемычки № 227 и приконтурной зоны пород вентиляционного штрека 26-23

Мероприятия по восстановлению сплошности массива и предотвращению перетоков метановоздушной смеси из выработанного пространства через систему трещин проведены специалистами ООО «УГМ-Сервис» в 3 этапа:

1. Исследование состояния приконтурного массива вокруг перемычки № 227 вентиляционного штрека 26-23.

2. Тампонаж (инъекционная цементация) минеральной смесью «УГМ» трещин горных пород приконтурной зоны вокруг перемычки, большего размера с раскрытием 5 – 20 мм.

3. Тампонаж (инъекционная цементация) минеральной смесью «УГМ» трещин горных пород приконтурной зоны вокруг перемычки, большего размера с раскрытием 0,5 – 5 мм.

ЭТАП 1

Исследование состояния пород приконтурного массива вокруг перемычки № 227 вентиляционного штрека 26-23.

Для оценки состояния приконтурного массива горных пород вокруг перемычки было пробурено три диагностических скважины (шпура) глубиной около 4 м, по одному в бока и кровле выработки (рис. 2).

В результате визуального осмотра состояния стенок шпуров[1] и дальнейшего анализа полученных фото и видеоматериалов выявлены следующие данные.

Шпур №1 пробурен в кровлю выработки под углом к целику.

Глубина шпура по данным прибора исследования составила 3,75м. Специальные подготовительные мероприятия (промывка водой или продувка сжатым воздухом) перед эндоскопическим обследованием в шпуре не проводились.

В процессе визуального осмотра состояния стенок шпура выявлено, что в интервале от 0 м до 3,95 м от устья до дна шпура залегают устойчивые нетрещиноватые породы, предположительно алевролиты (рис. 3). Породы шпура сухие, затертые буровой мелочью, наличие явных расслоений не выявлено.

[1]Этап проведен с привлечением специалистов и оборудования (видеоэндоскопWohlerVIS 250) ООО «Прокопуголь».

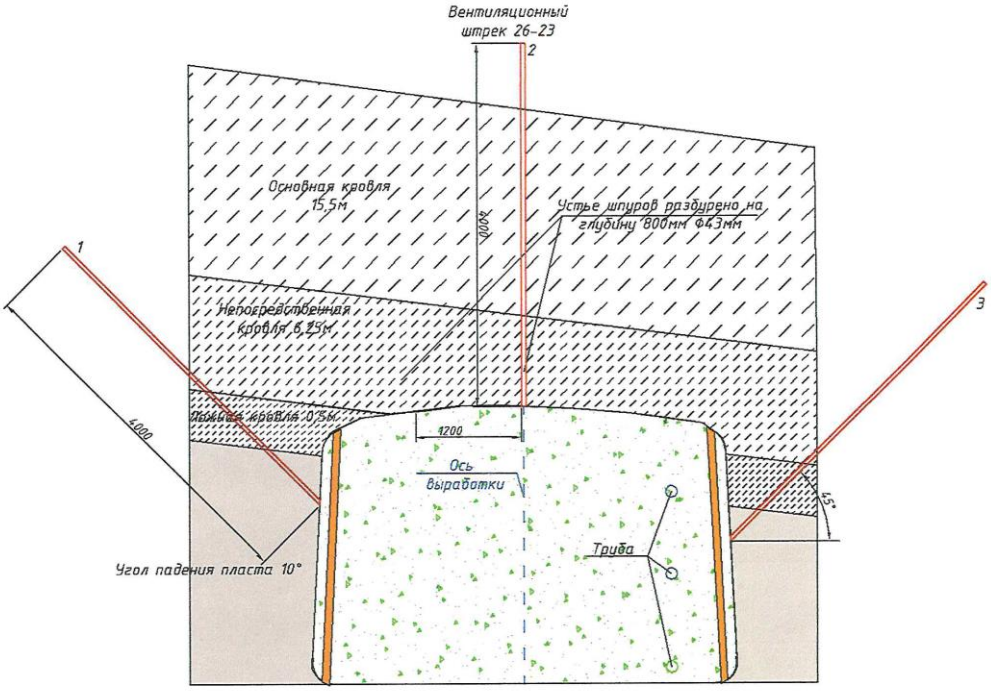


Рис. 2. Схема расположения диагностических скважин

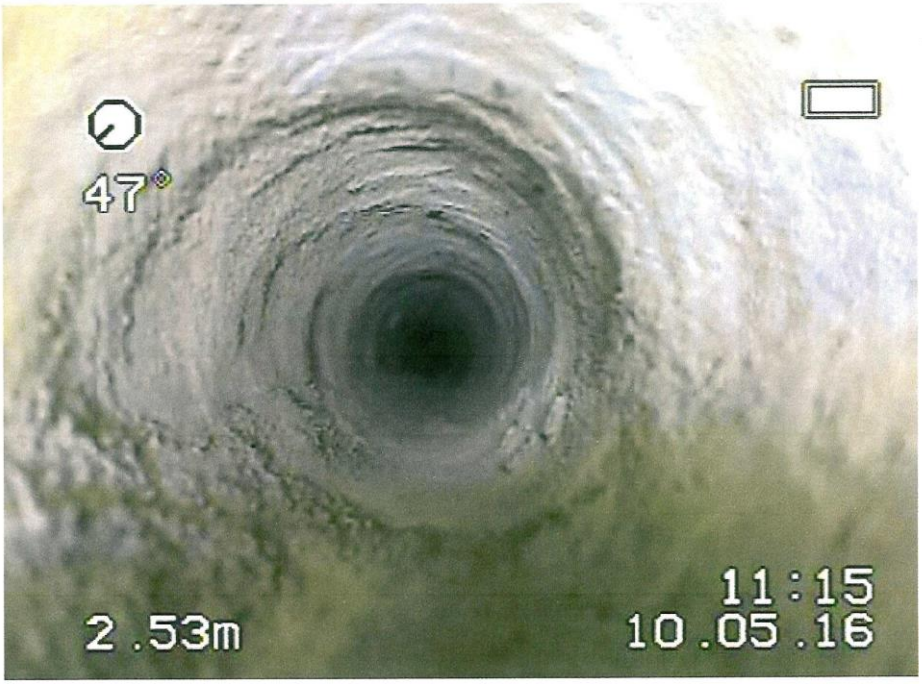


Рис. 3 Интервал от 0м до 3,75 м (шпур №1)

Шпур №2 пробурен вертикально в кровлю выработки.

Глубина шпура по данным прибора исследования составила 3,8м. Специальные подготовительные мероприятия (промывка водой или продувка сжатым воздухом) перед эндоскопическим обследованием в шпуре не проводились.

В процессе визуального осмотра состояния стенок шпура выявлено, что в интервале от 0 м до 0,7 м в кровле залегают сильнотрещиноватые породы, предположительно алевролиты (рис. 4). На расстоянии 2,6м от устья шпура располагается расслоение пород кровли, – предположительно контакт двух пород с различной механической прочностью (рис. 5). В интервале от 0,7 м до 3,8 м в кровле до дна шпура залегают породы, не нарушенные системами трещин (рис. 6).

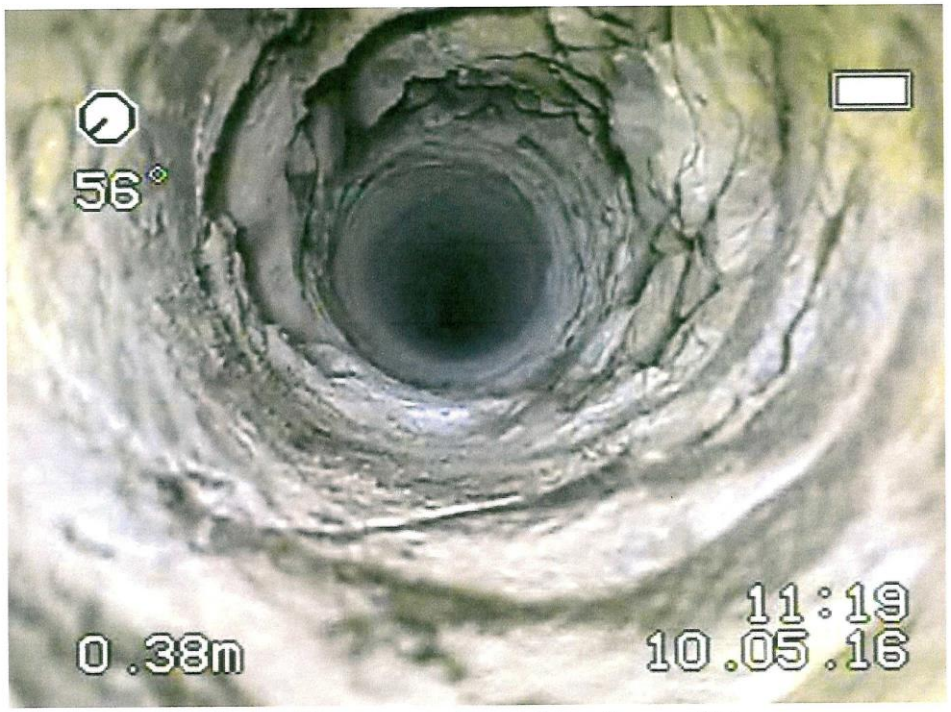


Рис. 4 Интервал от 0м до 0,7 м (шпур №2)



Рис. 5 Расстояние 2,6м от устья шпура (шпур №2)



Рис. 6 Интервал от 0,7м до 3,8 м (шпур №2)

Шпур №3 пробурен в кровлю выработки под углом к целику.

Глубина шпура по данным прибора исследования составила 3,8м. Специальные подготовительные мероприятия (промывка водой или продувка сжатым воздухом) перед эндоскопическим обследованием в шпуре не проводились.

В процессе визуального осмотра состояния стенок шпура выявлено, что в интервале от 0 м до 3,8 м, от устья до дна шпура залегают устойчивые не трещиноватые породы, предположительно алевролиты (рис. 7). Породы шпура сухие, затертые буровой мелочью, наличие явных расслоений не выявлено.



Рис. 7 Интервал от 0м до 3,8 м (шпур №3)

Исследования, проведенные с целью выявления распределения систем трещин в приконтурном массиве горных пород вокруг перемычки № 227 вентиляционного штрека 26-23, показали, что на расстояние до 0,7 в кровле выработки залегают породы с интенсивной трещиноватостью.

ЭТАП 2

Тампонаж (инъекционная цементация) минеральной смесью «УГМ» трещин горных пород приконтурной зоны вокруг перемычки, большего размера с раскрытием 5 – 20 мм.

Для инъекционного нагнетания смеси «УГМ» в непосредственной близости от перемычки было пробурено пять инъекционных скважин (шпуров) диаметром 30 мм (рис. 8). Три шпура в кровлю, с расстоянием между шпурами 1000-1200 мм. центральный шпур глубиной 4 м и два по 1,5 м под углом 45° от вертикали. Еще два шпура пробурены в бока выработки на глубину 4 м. Устье всех шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм для установки герметизатора.

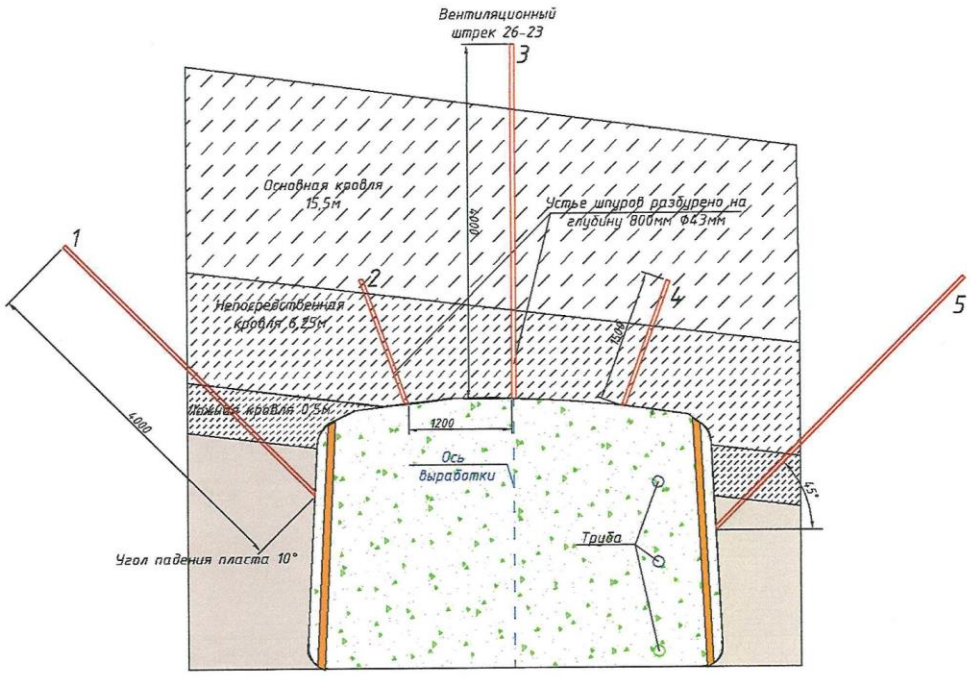


Рис. 8. Схема расположения инъекционных скважин по контуру горной выработки

Нагнетание смеси «УГМ» в шпуры производилось насосом состоящего из растворонасоса СО-49С оснащенного эл. двигателем 660/380 В, 7 кВТ и смесителя турбулентного типа «Навигатор» СППБ-150, оснащенного эл. двигателем 660/380 В, 5 кВт. по циклам, каждый из которых

включает в себя: установку герметизатора в шпур, включение оборудования, нагнетание порции смеси в шпур под давлением по зажимной схеме, выключение насоса, выдержку, с контролем падения давления, демонтаж герметизатора.

В случае, когда после проведения цикла давление в шпуре снижается, то цикл повторяется. Если давление остается постоянным, тогда шпур и область вокруг него считается заполненными смесью «УГМ» и герметизатор может быть демонтирован.

Для нагнетания смеси «УГМ» в шпур № 3 произведено первое затворение состава в количестве 75 кг водой до нормальной густоты, в соответствии с Инструкцией по применению. За время перового цикла нагнетания давление в шпуре составляло 0,4 МПа. При выдержке произошло медленное падение давления до 0,1 МПа в течение минуты. Второй цикл: давление составляло 0,7 МПа, в течение следующей минуты произошло медленное падение давления до 0,5 МПа. Визуально наблюдался выход смеси «УГМ», в радиусе 0,5 м от места нагнетания из трещин и соседних шпуров. Третий цикл: давление составляло1,1 МПа, после чего нагнетание состава было прекращено. В течение последующей минуты падение давления не наблюдалось, следовательно, делаем вывод, что шпур заполнен. Произведен сброс давления через обратный клапан и перемонтаж герметизатора в следующий шпур.

Для нагнетания смеси «УГМ» в шпур № 2, расположенный в кровле, произведено затворение 100 кг смеси «УГМ» нормальной густоты, в соответствии с Инструкцией по применению, и монтаж герметизатора. Первый цикл: при нагнетании состава давление достигло 0,3 МПа. При выдержке произошло полное падение давления в течение 30 с. Второй цикл: давление достигло 0,5 МПа. При выдержке в течение минуты давление не снижалось. Из соседних шпуров и трещин, расположенных в радиусе 0,5 м от места инъекции, наблюдался частичный выход смеси. Произведен перемонтаж герметизатора.

Нагнетание смеси «УГМ» в шпур № 4, расположенный в кровле. Первый цикл: давление доведено до 0,4 МПа. При выдержке произошло падение давления в течение 30-40 с до 0,2 МПа. Второй цикл: давление 0,5 МПа, с последующим падением давления при выдержке в течение полуминуты до 0,3 МПа. Третий цикл: давление 1,0 МПа, которое после выдержки остается неизменным в течение минуты. Произведен перемонтаж герметизатора.

Для нагнетания смеси «УГМ» в шпур № 1 расположенный в левом боку. Дополнительно затворяется 50 кг смеси «УГМ» нормальной густоты, производится монтаж герметизатора в шпур. Первый цикл: давление нагнетания 0,5 МПа. При выдержке в течение 30-40 с происходит падение до 0,3 МПа. Второй цикл: давление 0,9 МПа. При выдержке давление не падает в течение минуты. Производен перемонтаж оборудования.

Для нагнетания смеси «УГМ» в шпур № 5 произведено затворение еще 50 кг смеси до нормальной густоты. Первый цикл: давление нагнетания 0,5 МПа, за 30 с падает до 0 МПа. Второй цикл: давление нагнетания 0,5 МПа, при выдержке снизилось до 0 МПа. Было принято решение затворить более густую смесь, «УГМ». Третий цикл: давление 0,5 МПа, при выдержке в течение 90 с снизилось до 0,1 МПа. Визуально можно было наблюдать как в радиусе 0,8-1,1 м от места тампонажа происходило пучение породы правого бока. Четвертый цикл: давление нагнетания составляло 0,8 МПа, при выдержке не снижалось в течение минуты.

Для устранения выхода микротрещин дополнительно был произведен набрызг слоя смеси «УГМ» на поверхность контура выработки.

Итого израсходовано 300 кг сухой смеси, в том числе, закачено в шпуры 275 кг, набрызг – 25 кг.

ЭТАП 3

Тампонаж (инъекционная цементация) минеральной смесью «УГМ» трещин горных пород приконтурной зоны вокруг перемычки, большего размера с раскрытием 0,5 – 5 мм.

Третий этап проведения работ направлен на ликвидацию остаточных утечек метановоздушной смеси из изолированного пространства горной выработки.

По заполнению трещин приконтурной зоны взрывоустойчивой перемычки было пробурено три шпура под углом 45° направленных на перемычку глубиной 1500 мм.

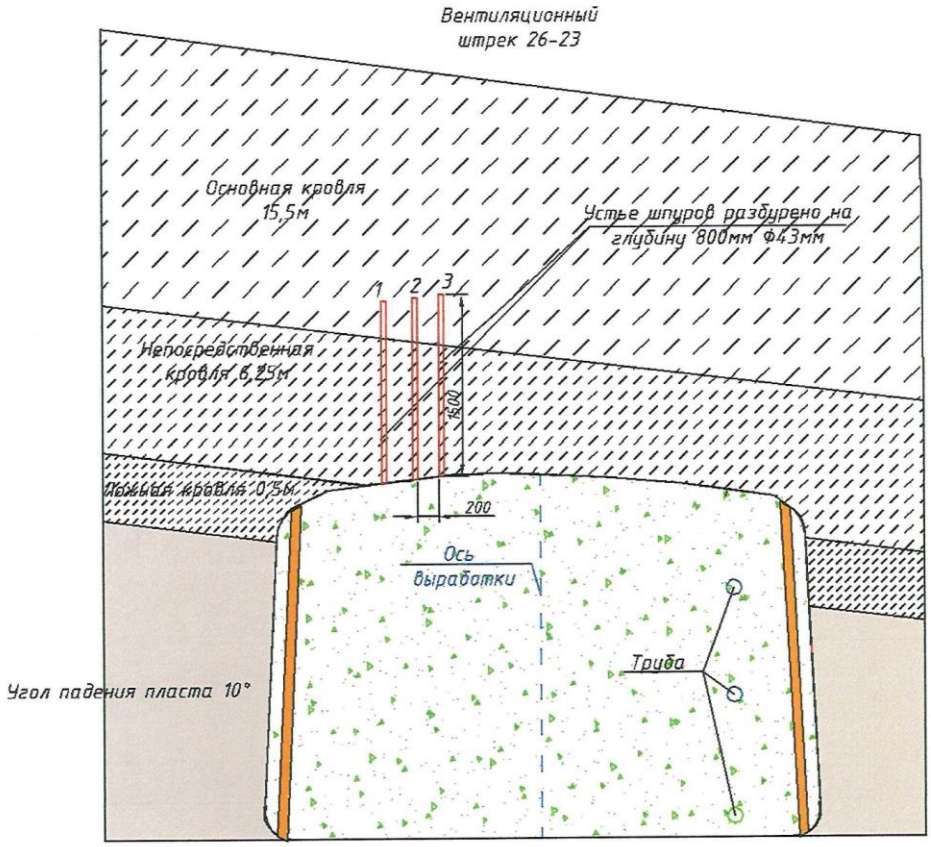


Рис. 9. Схема расположения инъекционных скважин по контуру горной выработки

Устье шпуров разбурено до диаметра 43 мм на глубину 600 мм, для установки многоразового герметизатора.

Для инъекционного нагнетания смеси «УГМ» в шпуры произвели первое затворение в соответствии с Инструкцией по применению в количестве 75 кг. Смесь затворена нормальной густоты.

Герметизатор установили в шпур № 1 и произвели подачу смеси. Первый цикл: давление нагнетания 0,5МПа. При выдержке в течение 30 с происходит падение давления до 0,2 МПа. Второй цикл: давление нагнетания 1МПа. При выдержке в течение 30 с происходит падение давления, до 0,6 МПа. Третий цикл: давление нагнетания 1 МПа. При выдержке в течение 40 с происходит падение давления, до 0,85 МПа. Четвертый цикл: давление

нагнетания смеси в шпур 2,5 МПа. При выдержке в течение минуты давление не падает.

Произведен перемонтаж оборудования. Нагнетание смеси «УГМ» в шпур № 2. Первый цикл: давление нагнетания 0,6 МПа, при выдержке в течение 20 с давление снизилось до 0,2 МПа. Второй цикл: давление нагнетания смеси составляло0,8МПа, при выдержке в течение 20 с происходило медленное падение давления до 0,4 МПа. Третий цикл: давление нагнетания смеси 2МПа. При выдержке в течение минуты давление не падает.

Произведен перемонтаж оборудования. Нагнетание смеси «УГМ» в шпур № 3.

Первый цикл: давление нагнетания смеси в шпуре составляет 1,8 МПа. При выдержке в течение 3 минут давление не падает

Замеры, проведенные газоанализатором, показали снижение концентрацию CH_4 до допустимых значений в ПБ. Замеры производились в непосредственной близости от перемычки, у кровли выработки и в 5 м от перемычки.

Выводы и рекомендации:

1. Реализованная ООО «УГМ-Сервис» технология инъекционной цементации нарушенной приконтурной зоны горной выработки смесью собственного производства серии «УГМ» эффективна для качественного тампонажа и ликвидации перетоков газа (метановоздушной смеси) через систему трещин пород кровли и боков, минуя перемычку, из изолируемого выработанного пространства.

2. Рекомендуется при выборе места возведения изолирующих монолитных безврубовых взрывоустойчивых перемычек проводить оценку состояния устойчивости, прочности пород, степени нарушенности (интенсивности трещиноватости) и фильтрационных свойств пород приконтурной зоны горной выработки.

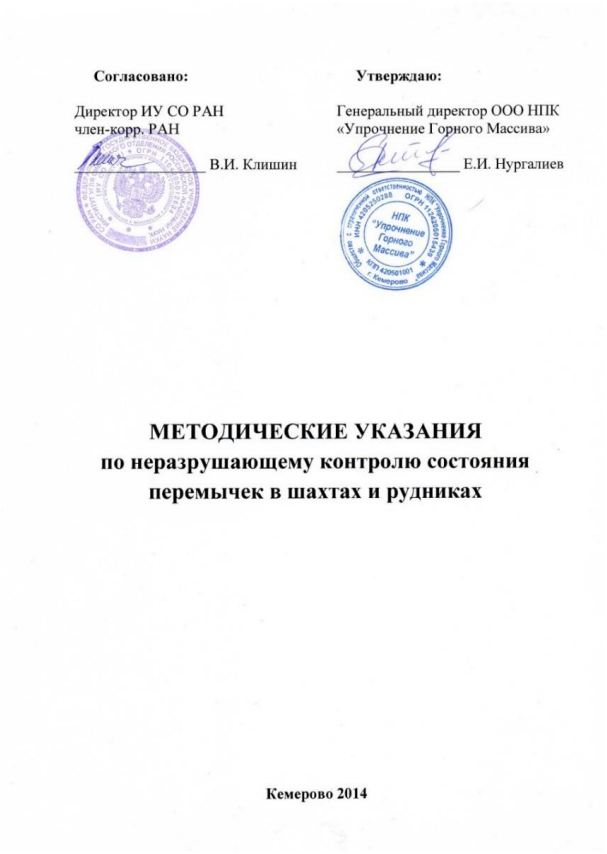
При этом, для более эффективной и оперативной организации указанных работ рекомендуется проводить визуальную оценку зон нарушений эндоскопическим методом, а оценку степени проницаемости массива до и после инъекционной цементации – реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через трещины.

При необходимости, проводить последующее инъекционное упрочнение и тампонаж нарушенных участков горных пород. У

эксплуатируемых перемычек обратить особое внимание на зону контакта горных пород с «телом» перемычки.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Титулы методических указаний по неразрушающему контролю состояния перемычек, оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород



Согласовано:

Директор ИУ СО РАН
член-корр. РАН
_____ В.И. Клишин

Утверждаю:

Генеральный директор ООО НПК
«Упрочнение Горного Массива»
_____ Е.И. Нургалиев

НПК "Упрочнение Горного Массива"

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по неразрушающему контролю состояния перемычек в шахтах и рудниках

Кемерово 2014

УДК 622

Методические указания по неразрушающему контролю состояния перемычек в шахтах и рудниках / ООО НПК «УГМ». – Кемерово, 2014. – 14 с.

Рассматриваются изолирующие, взрывоустойчивые, водоупорные и вентиляционные перемычки из цементных смесей серии УГМ-П производства ООО НПК «УГМ» (Кемерово) для горных выработок угольных шахт и рудников. Предложены рациональные способы оперативного неразрушающего контроля их состояния в процессе эксплуатации. Даны рекомендации по анализу результатов диагностики.

«Методические указания…» разработаны с учетом существующих апробированных методов и способов неразрушающего контроля состояния строительных конструкций и сооружений.

Предназначены для специалистов в области контроля качества материалов и подземных строительных конструкций в шахтах и рудниках.

© ООО НПК «УГМ», 2014

Утверждаю:
Генеральный директор
ООО НПК «Упрочнение Горного Массива»
Е.И. Нургалиев

Утверждаю:
Заместитель директора по направлению добычи и обогащения угля ФИЦ УУХ СО РАН
д.т.н., профессор РАН
А.Е. Майоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород
(временные)

Кемерово 2016

УДК 622.2
Методические указания по оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород (временные) / ФИЦ УУХ СО РАН (Институт угля), ООО НПК «УГМ». – Кемерово, 2016. – 21 с. (Выпуск 1).

Приведены рекомендации по оперативной диагностике и контролю состояния приконтурного массива горных выработок с оценкой фактической трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород, в том числе и углей.

Определение трещинной проницаемости экспериментального участка производится реометрическим методом, в котором используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через раскрытые трещины. Фактические размеры исследуемых объектов определяются при визуально-измерительном контроле. Полученные критерии оценки фактического состояния нарушенного массива горных пород: величины раскрытия трещин, $K_{тр}$ – коэффициент трещиноватости, $K_{пр}$ – коэффициент проницаемости, и их изменение с течением времени, позволяют оценить степень и размеры нарушенной приконтурной зоны горной выработки, рост количества трещин на 1 погонный метр (удельную трещиноватость), устойчивость контура (категорию устойчивости) и причины ее снижения, осуществлять районирование горных пород по категориям нарушенности и проницаемости, производить более обоснованный выбор и расчет параметров крепления, контроль его технического состояния, а также, оценивать качество инъекционного упрочнения и тампонажа нарушенных горных пород, изоляции и восстановления технического состояния горных выработок и других подземных сооружений, эффективность проведения дегазационных работ.

Настоящие методические указания являются неотъемлемой частью организации комплексного геомеханического мониторинга состояния массивов горных пород, в том числе и искусственных, технического состояния оснований фундаментов, заглубленных и подземных сооружений угольных шахт и рудников, а также могут быть использованы в процессе инженерно-геологических изысканий при проектировании горных выработок.

Табл. 1, ил. 5, библиогр. 11 назв.

© ФИЦ УУХ СО РАН (Институт угля), ООО НПК «УГМ», 2016

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Справки ООО «УГМ-Сервис», АО «НИИГД»

Исх. № б/н от 12 апреля 2019 г.

СПРАВКА

об объемах производства специализированных цементных смесей УГМ и УГМ-П
и внедрении на угледобывающих предприятиях,
выполненного в процессе исследований Нургалиева Е.И. по диссертационной работе
«Обоснование и разработка технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми
монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес»

Для промышленной апробации авторской технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес и ее широкомасштабного внедрения, под непосредственным руководством Нургалиева Е.И. создана научно-производственная компания ООО «УГМ-Сервис» (правопреемник НПК «Упрочнение Горного Массива», г. Кемерово), и с 2013 года запущено промышленное полу-автоматизированное производство импортозамещающих цементных смесей УГМ и УГМ-П мощностью 2,5 тыс. тонн в месяц, адаптированное под существующий сырьевой рынок Кузбасса.

Широкомасштабное внедрение технологии, основанной на совмещении процессов возведения изоляционной безврубовой монолитной перемычки и тампонажа окружающей углепородной зоны, обеспечивающих консолидацию системы «монолитная перемычка – тампонажная завеса», способствовало более эффективной и безопасной подземной разработке угольных месторождений при ресурсосберегающих строительстве и эксплуатации шахт. Перечень шахт и объемы поставок продукции представлены в таблице:

ШАХТА	2013-2014		2015		2016		2017		2018		1 кв. 2019	
	УГМ-П	УГМ	УГМ-П	УГМ	УГМ-П	УГМ	УГМ-П	УГМ	УГМ-П	УГМ	УГМ-П	УГМ
ш. Ерунаковская (РУК)			655		876	2	705		1683		254	
склад Междуреченск (РУК)					498		4070		3973		1621	
ш. Усковская (РУК)			680		970		822	5,36	958	11,76	165	4,96
ш. Есаульская (РУК)			1619		1717		1368		1309	34,56	80	
ш. Алардинская (РУК)			875		1240		2365	49	2406		380	
ш. Осинниковская (РУК)			280		320		404		918		60	
Межегейуголь (РУК)					424		1370		650		319	
ш.Распадская (РУК)			460		997		294		10	7,68	60	
МУК-96					440							
ш. Антоновская (РУК)	20		638		920		547	6	280	15,36		
ш. Полосухинская			281		332		76					
ш. Грамотейская					20		28	6				
ш. Юбилейная			100		353		595		180			
ш. Колмогоровская			109				90					
ш. Увальная			4			5	662					
ш. Большевик (РУК)					40		740		220			
ш.Бутовская							4					
ш.Талдинская-Западная-1	48				80		243					
ш.Талдинская-Западная-2										19,2		
ш. Распадская-	40		802		362	2,5	359	8,48	134	289,01		80

Коксовая (РУК)												
склад Новокузнецк (РУК)			80									
ш.Кирова							239					
ш.Алексеевская							56					
ш.Заречная							66					
ш. Комсомолец							10					
ш. Рубана					40		140					
ш. им. 7 ноября												
ш.Ялевского					80		199					
ш. Денисовская		10										
ш.Костромовская	43		60		60							
ш.Чертинская-Коксовая	30	2					125		103			
ш.Чертинская-Южная			20									
ЗАО "Разрез Инской"	40											
ш.Октябрьская	30											
ш.Байкаимская	40				65							
ш.Бутовская			10									
ш. Розер			20		19							
ООО "Промуглесбыт"		1										
ИТОГО:	291	13	6603		9853	9,5	15578	74,84	12834	377,57	2939	84,96

Всего, с 2013 г. по апрель 2019 г.:	
УГМ-П	48188,00
УГМ	559,87

В целях реализации авторской технологии изоляции пластовых выработок, также, получены, разработаны, внедрены:

– протоколы независимых испытаний сухих смесей УГМ и УГМ-П, сертификаты соответствия продукции;

– инструкции по применению сухих смесей УГМ и УГМ-П в подземных условиях;

– методические указания и диагностическое оборудование по контролю технического состояния перемычек, по оценке трещиноватости и фильтрационных свойств массива горных пород с адаптацией реометрического экспресс-метода контроля, применением современных цифровых устройств;

– смесительно-нагнетательный комплекс АСА-1 в шахтном исполнении, с малыми габаритными размерами, для создания локальных тампонажных завес вокруг безврубовых монолитных перемычек;

– методические рекомендации по технологии изоляции пластовых выработок шахт безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес.

Генеральный директор Е.И. Нургалиев

Технический директор П.В. Пилюгин

Главный бухгалтер Е.В. Радченко

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОГО ДЕЛА»
(АО «НИИГД»)
650002, Российская Федерация, г.Кемерово, проспект Шахтеров, 14
телефон/факс: 8 (3842) 64-19-60, e-mail: info@rosniigd.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор, к.т.н.
_____ А.А. Дружинин
«26» 08 2020 г.

СПРАВКА

о подтверждении практической значимости и актуальности результатов исследований Нургалиева Е.И., представленных в диссертационной работе «Обоснование и разработка технологии изоляции пластовых выработок безврубовыми монолитными перемычками с одновременным возведением тампонажных завес»

Результаты диссертационного исследования доложены на заседании Научно-технического совета АО «НИИГД» (Протокол от 26.08.2020г. № 5). Нургалиев Е.И. подробно изложил результаты исследований, которые оформлены в виде презентации, автореферата, диссертационной работы, и обобщены с учетом цели, задач, научных положений, научной новизны, научной и практической значимости, выводов и методических рекомендаций.

Совет отмечает новизну результатов исследований. Практическое значение работы заключается в совершенствовании и расширении области применения способов качественной и эффективной изоляции безврубовыми монолитными перемычкам из импортозамещающих минеральных смесей пластовых выработок с сильно трещиноватой приконтурной зоной. Разработанная технология является частью комплекса мероприятий по пластовой дегазации, проветриванию горных выработок, обеспечению снижения уровня метана в общешахтной атмосфере и кислорода в отработанном пространстве, профилактике и тушению эндогенных пожаров при ресурсосберегающем строительстве и безопасной эксплуатации угольных шахт. Разработанные методические указания, инструкции и инструментальное обеспечение, специализированные смеси и оборудование, рациональные технологические режимы, являются элементами комплексной системы изоляции пластовых выработок с контролем качества работ. Отмечен масштаб промышленного внедрения разработанной технологии и весомое положительное влияние на эффективность и безопасность подземной разработки угольных месторождений при ресурсосберегающих строительстве и эксплуатации шахт.

С учетом полученных Е.И. Нургалиевым технических решений и методических рекомендаций принято решение по их обоснованному использованию при разработке и корректировке проектов вентиляции и изоляции горных выработок угольных шахт. Очевидны перспективы решения задач управления физическим состоянием горных пород при комплексной изоляции выработанного пространства угольных шахт.

Председатель научно-технического совета,
Зав. Лабораторией «Горноспасательного дела»,
д. т. н., профессор — В.Б. Попов

Заместитель генерального директора
по горноспасательному делу, к.т.н. — Е.С. Ледяйкин

Секретарь НТС, главный научный сотрудник
Лаборатории «Горноспасательного дела», д.т.н., проф. — А.С. Голик