



Акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ ОБОГАЩЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ «УРАЛМЕХАНОБР»
(АО «УРАЛМЕХАНОБР»)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «Уралмеханобр»,
канд. техн. наук

К.В. Булатов

2025 г.



ОТЧЁТ
о работе по теме:

«РАЗРАБОТКА «ПОЛОЖЕНИЯ ПО КРЕПЛЕНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ
ВЫРАБОТОК НА УРУПСКОМ ПОДЗЕМНОМ РУДНИКЕ АО «УРУПСКИЙ ГОК»
(Договор № 3182/25 от «15» января 2025 г.)

Зам. генерального директора
по науке

Н. Закирничий

В.Н. Закирничий

Начальник отдела горной науки,
канд. техн. наук

Ю.А. Дик

Ю.А. Дик

Зав. лабораторией геотехнологии и
горных технологических процессов

М.С. Танков

М.С. Танков



Акционерное общество
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ
ИНСТИТУТ ОБОГАЩЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ «УРАЛМЕХАНОБР»
(АО «УРАЛМЕХАНОБР»)

СОГЛАСОВАНО

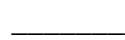
Заместитель генерального директора
по науке АО «Уралмеханобр»

 В.Н. Закирничный

«14» 07 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор
АО «Урупский ГОК»

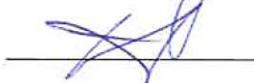
 А.П. Ермаков

« » 2025 г.

**ПОЛОЖЕНИЕ
ПО КРЕПЛЕНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
НА УРУПСКОМ ПОДЗЕМНОМ РУДНИКЕ АО «УРУПСКИЙ ГОК»**

Начальник отдела горной науки,
канд. техн. наук

Зав. лабораторией геотехнологии и горных
технологических процессов

Ю.А. Дик

М.С. Танков

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель НИР,
Зам. начальника отдела горной науки,
канд. техн. наук


08.07.2025
подпись, дата
А.В. Котенков
(введение)

Отв. исполнитель,
Зав. сектором крепления горных
выработок

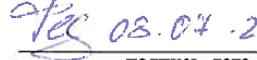

08.07.2025
подпись, дата
Д.Р. Будник
(разделы 3, 5, 6, 7,
заключение, альбом)

Исполнители:

Зав. сектором геомеханики


08.07.2025
подпись, дата
А.А. Федюков
(разделы 2, 6)

/ Старший научный сотрудник


08.07.2025
подпись, дата
В.А. Запрудин
(разделы 1, 2, 4, 6)

Научный сотрудник


08.07.2025
подпись, дата
Д.Л. Топко
(раздел 4, альбом,
программа «Горизонт»)

/ Научный сотрудник


08.07.2025
подпись, дата
П.В. Митькиных
(разделы 1, 2, 6
илюстрации)

Младший научный сотрудник


08.07.2025
подпись, дата
Д.С. Петров
(альбом)

Нормоконтроль


08.07.2025
подпись, дата
Т.А. Денисова

РЕФЕРАТ

Отчёт 116 с., 32 рис., 24 табл., 12 источ.

**КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, КЛАСС УСТОЙЧИВОСТИ МАССИВА,
НОМОГРАММА УСТОЙЧИВОСТИ, ДЕФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, МОНИТОРИНГ
КРЕПЛЕНИЯ, ПРОГРАММА «ГОРИЗОНТ»**

Объектом исследований является выполнение работ по креплению горных выработок на Урупском подземном руднике АО «Урупский ГОК».

Цель работы – разработка единой нормативной документации по креплению подземных горных выработок на Урупском подземном руднике АО «Урупский ГОК» в соответствии с фактическими горно-геологическими условиями: «Положение по креплению подземных горных выработок на Урупском подземном руднике АО «Урупский ГОК», «Альбом типовых паспортов крепления», а также программное обеспечение «Горизонт» для сквозной организации составления паспортов крепления на производственных участках рудника и мониторинга горных выработок.

СОДЕРЖАНИЕ

Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений	9
Введение	10
Область применения	11
1 Инженерно-геологические условия месторождения	12
1.1 Геологические условия	12
1.2 Технологические условия	20
2 Деформационные модели горных выработок.....	24
3 Крепление горных выработок	26
3.1 Схемы крепления горной выработки	26
3.2 Параметры крепления горной выработки	34
3.3 Требования к крепежным материалам	46
3.3.1 Анкерная крепь.....	46
3.3.1.1 Стальминеральная анкерная крепь	46
3.3.1.2 Фрикционная анкерная крепь	47
3.3.1.3 Железобетонная анкерная крепь.....	49
3.3.1.4 Сталеполимерная анкерная крепь.....	50
3.3.1.5 Гидораспорная анкерная крепь	53
3.3.1.6 Опорные элементы и подхваты анкерной крепи, материалы для затяжки обнажения	54
3.3.2 Набрызгбетонная (торкретбетонная) крепь.....	57
3.3.2.1 Состав набрызгбетонной (торкретбетонной) смеси	58
3.3.2.2 Возведение набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи	59
3.3.3 Комбинированные крепи.....	61
3.3.4 Металлическая податливая рамная крепь.....	61
4 Составление паспортов крепления	67
5 Меры безопасности при креплении горных выработок	73
6 Мониторинг состояния крепления.....	74
6.1 Общие положения.....	74
6.2 Проверка проектных решений по креплению выработок.....	75
6.3 Контроль правильности определения горно-геологических условий	77
6.4 Контроль качества материалов для крепления и технологии установки крепи	77
6.4.1 Контроль анкерной крепи	77
6.4.2 Контроль набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи.....	81

6.4.2.1 Контроль толщины набрызгбетона (торкретбетона)	81
6.4.2.2 Контроль прочности набрызгбетона (торкретбетона)	83
6.4.2.3 Контроль сцепления набрызгбетона (торкретбетона)	83
6.4.2.4 Контроль отскока (потерь) набрызгбетона (торкретбетона).....	83
7 Охрана и ремонт крепи	85
7.1 Охрана горных выработок	85
7.2 Ремонт крепи	85
8 Обязанности и ответственность работников	87
Заключение.....	89
Список использованных источников.....	91
ПРИЛОЖЕНИЕ А Геологическое описание горного массива Урупского медно- колчеданного месторождения	92
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Расчет крепления горных выработок	95
ПРИЛОЖЕНИЕ В Паспорт крепления.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Форма журнала осмотра крепи и состояния горных выработок (пример заполнения)	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Форма журнала испытаний крепи (пример заполнения)	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Определение необходимого количества испытаний набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи	115

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем «Положении...» применяются следующие термины с соответствующими определениями:

УСТОЙЧИВОСТЬ МАССИВА – способность горных пород определенное время сохранять контур поперечного сечения при его вскрытии;

ГОРНАЯ ВЫРАБОТКА – сооружение в горном массиве, образованное для ведения горных работ;

ПРОВЕДЕНИЕ (ПРОХОДКА) ВЫРАБОТКИ – комплекс работ по разрушению и извлечению горных пород в пределах контура поперечного сечения выработки, установленного соответствующим паспортом;

КРЕПЬ – искусственное сооружение, возводимое в горной выработке для предотвращения обрушения окружающих пород, сохранения необходимых площадей поперечных сечений и обеспечения общей устойчивости массива на период эксплуатации выработки;

КРЕПЛЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК – работы по возведению, ремонту, перекреплению, перестановке или передвижке горной крепи в выработке;

ПАСПОРТ КРЕПЛЕНИЯ ВЫРАБОТКИ (ПК) – документ, определяющий для данной выработки класс устойчивости горного массива, конструкцию и параметры крепления, способ возведения крепи, объем работ и потребность в крепежных материалах;

КАПИТАЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ – скрывающие выработки, основные подготовительные выработки и отдельные камеры, сохраняемые в течение всего срока службы рудника или значительного ее участка (горизонта);

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ВЫРАБОТКИ – тип горных выработок, проводимых в процессе подготовки шахтного поля к очистной выемке;

НАРЕЗНЫЕ ВЫРАБОТКИ – тип горных выработок, проводимых в процессе подготовительных работ и непосредственно прилегающая к массиву полезного ископаемого, предусматриваемого к выемке;

ВОССТАЮЩАЯ ВЫРАБОТКА – вертикальная или наклонная горная выработка, служащая для проветривания, передвижения людей, спуска полезного ископаемого или породы, доставки материалов и оборудования с горизонта на горизонт;

КАМЕРНАЯ ВЫРАБОТКА – горно-капитальная выработка со сроком эксплуатации примерно равным сроку службы горизонта или рудника; имеющая при сравнительно большом поперечном сечении, небольшую длину и предназначенная для различных служебных целей, размещения оборудования, хранения материалов или временного нахождения людей (камера ремонта, камера стоянки техники (гараж), камера хранения взрывчатых материалов, медпункт, камера ожидания, постоянный склад материалов и пр.);

ВРЕМЕННАЯ КРЕПЬ – крепь, возводимая для обеспечения безопасных условий работы в выработке на пространстве от забоя до постоянной крепи в период проходки;

ПОСТОЯННАЯ КРЕПЬ – крепь горной выработки, устанавливаемая на весь срок службы выработки;

АНКЕРНАЯ КРЕПЬ – конструкция, состоящая из металлической штанги, закрепленной в шпуре и опорной шайбы;

КОМБИНИРОВАННАЯ КРЕПЬ – крепление, представляющее собой сочетание двух или более типов крепи;

НАБРЫЗГБЕТОННАЯ (ТОРКРЕТБЕТОННАЯ) КРЕПЬ – крепление, получаемое методом пневматического распыления бетонной смеси на обрабатываемую поверхность;

ПОДАТЛИВАЯ РАМНАЯ КРЕПЬ – крепление, состоящее из соединенных в единую конструкцию отдельных крепежных рам (арок), обеспечивающих заданную деформацию приконтурного массива с сохранением общей устойчивости выработки;

ЗАКОЛ – трещина, образующаяся в массиве вблизи поверхностей обнажения и представляющая собой зависание в виде локально отслоившейся части массива;

ВЫВАЛ – местное (единичное) произвольное выпадение в выработку сравнительно небольшой по объему массы породы, отделившейся от массива и не вызывающее полной потери устойчивости выработки;

ОБРУШЕНИЕ – отделение от массива значительной по объему массы породы, вызывающее полную потерю устойчивости выработки на данном участке.

Для обозначения обязательности выполнения требований в настоящем «Положении...» применяются слова **«должен»**, **«следует»**, **«необходимо»**, **«запрещено»** и производные от них.

Слово **«допускается»** означают, что данное решение применяется в виде исключения как вынужденное (вследствие отсутствия необходимых технических решений, оборудования, материалов и т. п.).

Нормируемые значения величин с указанием **«не менее»** являются наименьшими, а с указанием **«не более»** – наибольшими.

Все значения величин с предлогами **«от»** и **«до»** следует понимать включительно.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем «Положении...» применяются следующие сокращения и обозначения с соответствующими определениями:

СМА – сталеминеральная анкерная крепь;

ЖБШ – железобетонная анкерная крепь;

СПА – сталеполимерная анкерная крепь;

ФА – фрикционная анкерная крепь;

ГРА – гидораспорная анкерная крепь;

АК – анкерная крепь;

АКК – анкерная комбинированная крепь, состоящая из анкеров с армокаркасами или сеткой;

УКК – усиленная комбинированная крепь, состоящая из анкеров с армокаркасами или сетки и набрызгбетона (торкретбетона);

КМП – крепь металлическая податливая;

СВП – специальный взаимозаменяемый профиль;

СВГП – специальный взаимозаменяемый гнутый профиль;

ПК – паспорт крепления.

ВВЕДЕНИЕ

Работа по договору № 3182/25 от 15.01.2025 «Разработка «Положения по креплению подземных горных выработок на Урупском подземном руднике АО «Урупский ГОК» выполнена с целью установления единого подхода к изучению и оценке устойчивости массива горных пород при проходке и креплении подземных горных выработок.

Требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма при проходке подземных горных выработок регламентируются Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» (приказ № 505 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 8 декабря 2020 года) [1]. Для учета особенностей ведения горных работ в конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях Урупского подземного рудника АО «Урупский ГОК» в соответствии с п. 86 «Правил безопасности при ведении горных работ...» [1] разработано настоящее «Положение по креплению подземных горных выработок на Урупском подземном руднике АО «Урупский ГОК» (далее – «Положение...»).

«Положение...» включает в себя методику определения геологической устойчивости вмещающих пород и руд с помощью разработанной номограммы месторождения; учет технологических факторов, оказывающих влияние на устойчивость горных выработок; обоснование выбора типа и параметров крепления; схемы возведения крепи и допустимые отставания от забоя; технические и технологические требования к крепям; общие меры безопасности при возведении крепи; схему мониторинга устойчивости горных выработок; меры по охране и ремонту крепи; требования к составлению паспорта крепления, в том числе с применением программы «Горизонт». «Положение...» дополнено «Альбомом типовых паспортов крепления» (далее – «Альбом...»), включающего в себя типовые паспорта крепления выработок, используемых сечений согласно проектной документации, а также их сопряжений.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

«Положение...» обязательно к применению для определения класса устойчивости и выбора типа и параметров крепления для горизонтальных и наклонных горно-капитальных, подготовительных, разведочных и нарезных выработок; их сопряжений; восстающих горных выработок, а также камерных выработок.

С введением в действие «Положения...» отменяются «Руководство по выбору типа и параметров крепления...» [2] и «Инструкция по креплению...» [3].

Специфика и особенности организации выполнения основных и вспомогательных производственных процессов крепления горных выработок в условиях АО «Урупский ГОК», требования к эксплуатации оборудования, применяемого для возведения крепи, порядок и последовательность выполнения конкретных технологических операций (технологические карты), способы и меры по их безопасному производству, мероприятия по обеспечению контроля за производственными процессами и промышленной безопасностью, определяются в регламенте технологического производственного процесса «Проходка горизонтальных и наклонных горных выработок» в соответствии с п. 26 «Правил безопасности при ведении горных работ...» [1].

Параметры крепей, работы по их возведению и контролю, ведение документации и иные действия, не обозначенные в настоящем «Положении...» определяются техническим руководителем АО «Урупский ГОК» или Урупского подземного рудника.

Срок действия «Положения...» до актуализации – пять лет. При необходимости внесения изменений в течение данного срока, АО «Уралмеханобр» разрабатывает соответствующие дополнения по запросу АО «Урупский ГОК».

1 Инженерно-геологические условия месторождения

1.1 Геологические условия

Образование Урупского медно-колчеданного месторождения было связано с гидротермальной активностью вблизи островной дуги, где океаническая кора погружается под континентальную окраину (процесс субдукции) (Рисунок 1.1).

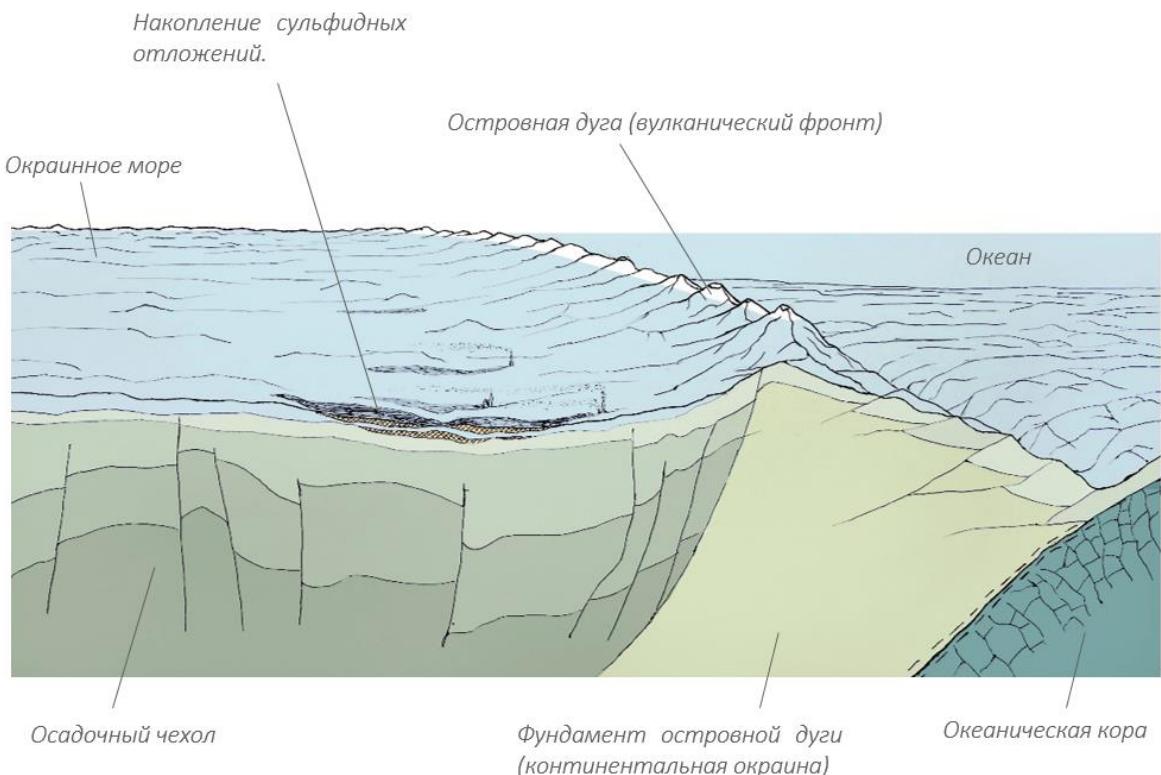


Рисунок 1.1 – Стадия погружения океанической коры под континентальную окраину

Расплавление горных пород океанической коры и их дальнейшее восходящее движение приводят к вулканической активности по периферии континентальной окраины и образованию островной дуги. Интенсивная тектоническая и вулканическая активность приводит к выходу гидротермальных растворов, обогащенным сульфидными минералами, на поверхность морского дна. Такие скопления сульфидных толщ образуют металлоносные провинции, то есть группу медноколчеданных месторождений на северном Кавказе, а Урупское, Скалистое и Первомайское месторождения является немногими из их числа.

Накопление сульфидных отложений происходит одновременно с активной деятельностью вулканического фронта. Рудоотложение часто прерывается и перекрывается вулканогенно-осадочными толщами, что определяет небольшую мощность рудных тел. Содержание металлов определяется химическим составом сульфидных растворов, выходящих из точек разгрузки. Одновременное отложение сульфидных взвесей и вулканического материала приводит к образованию тонкослоистых и вкрашенных руд (Рисунок 1.2).

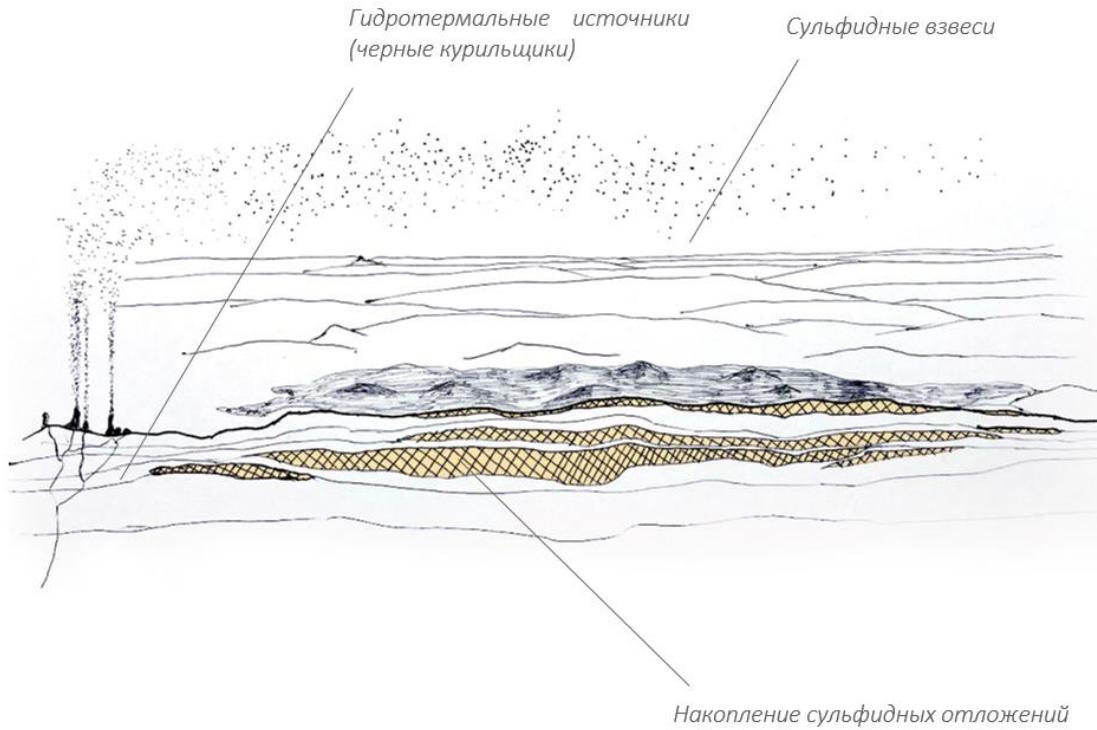


Рисунок 1.2 – Накопление сульфидных отложений на морском дне

По мере закрытия океана (океаническая кора полностью поглощается) и увеличения возраста островной дуги происходит увеличение мощности перекрывающих пород, а состав перекрывающих толщ сменяется с вулканогенно-осадочных на осадочные (песчаники, алевролиты и известняки).

С увеличением глубины залегания рудная толща и вмещающие породы подвергаются литофикиации и метаморфическим преобразованиям (Рисунок 1.3). Наибольшие изменения претерпевают вмещающие породы вблизи рудной толщи.

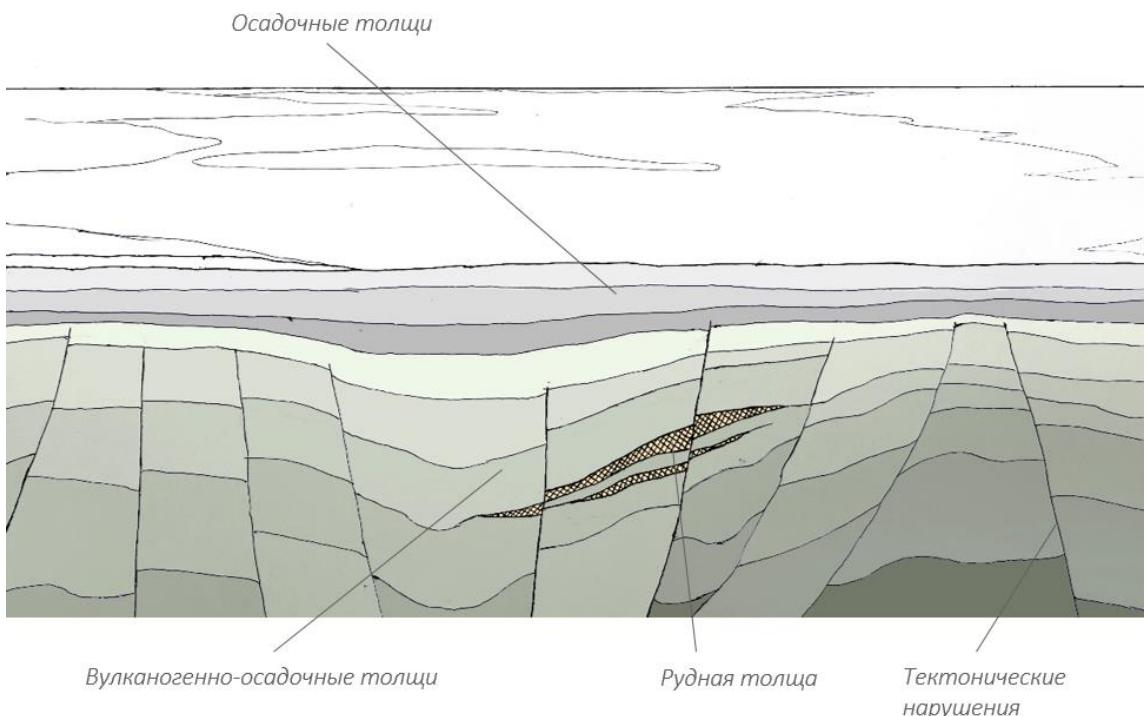


Рисунок 1.3 – Стадия перекрытия рудных отложений

При полном закрытии океана и столкновения континентов происходит смятие островной дуги, образуется горный хребет (Рисунок 1.4). Тектонические нарушения способствуют образованию сбросов и надвигов, а по образованным нарушениям идет внедрение даек и вторичных кварц-карбонатных растворов.

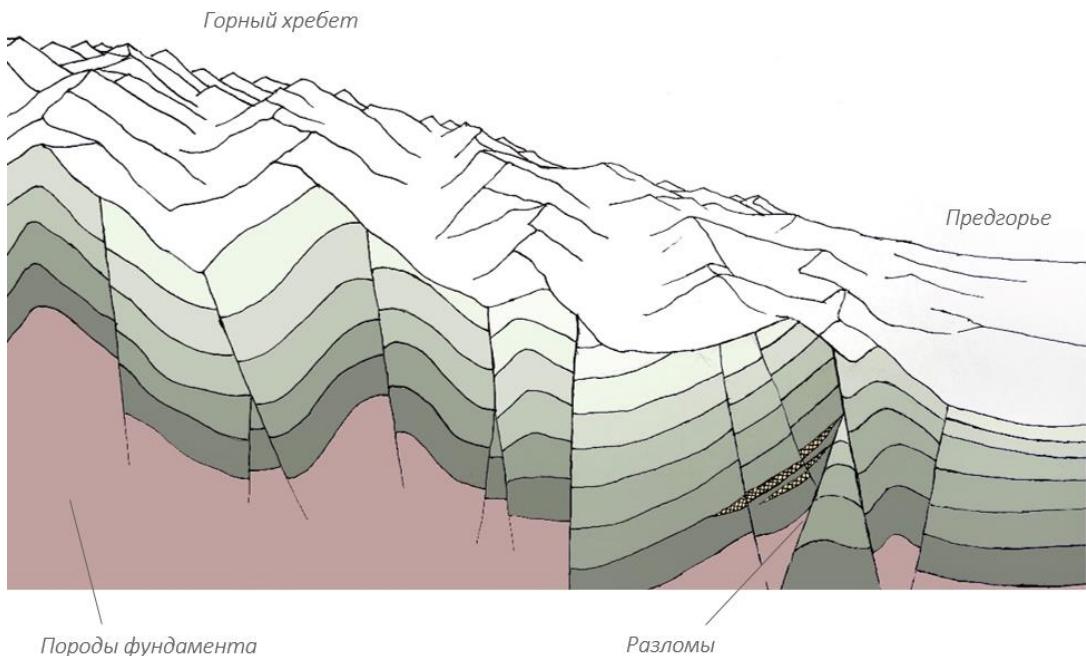


Рисунок 1.4 – Стадия орогенеза (горообразование)

Под воздействием атмосферных осадков и морозного выветривания покрывающие рыхлые отложения сносятся и перемещаются в область предгорья, тем самым обнажая древние породы выше по склону (Рисунок 1.5).

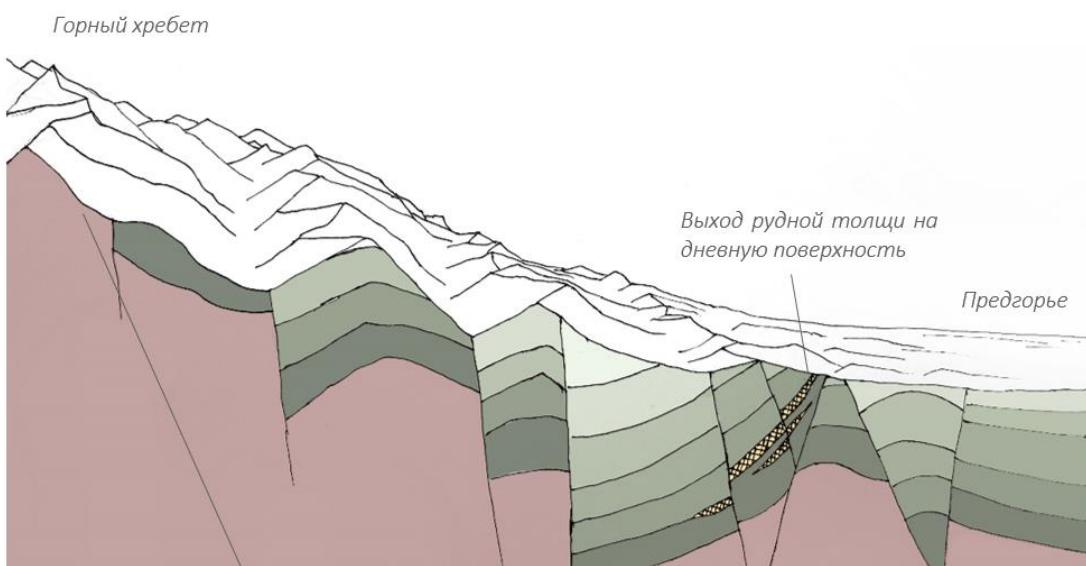


Рисунок 1.5 – Стадия роста и разрушения гор

Тектонические нарушения проходят как по измененным эфузивным породам, разделяющим различные рудные тела, так и вкрест простирания. Вблизи разломов, особенно на контакте прочных пород, происходит интенсивное трещинообразование. Сплошные медноколчеданные руды на этапе орогенеза испытывают высокие нагрузки, в

результате чего в рудном массиве развивается интенсивная микротрециноватость. Серный колчедан, одновременно обладая повышенной вязкостью и прочностью, остается устойчив к сжимающим и изгибающим нагрузкам.

На текущий момент, рудная толща представляет собой сближенные тонкие линзы, пересеченные разломами со смесятелями от нескольких метров до десятков, а в некоторых случаях до ста (Рисунки 1.6 и 1.7). Вмещающие породы около разломов и вдоль рудной толщи интенсивно переработаны гидротермальными растворами. При удалении от рудной толщи интенсивность их воздействия спадает.

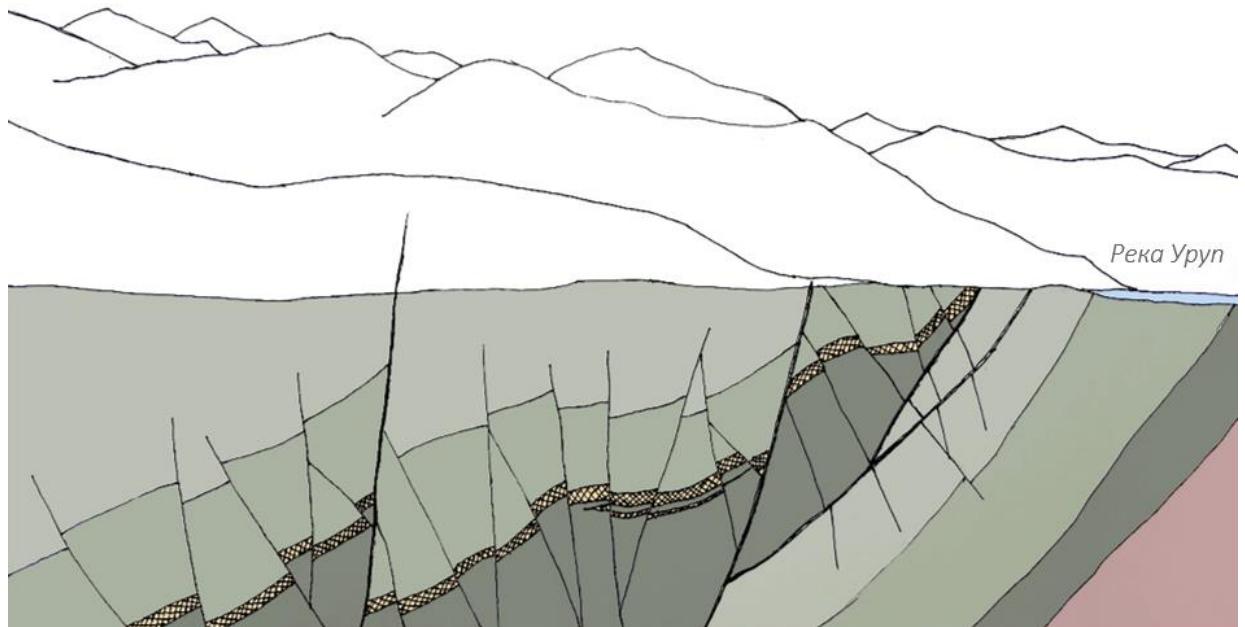


Рисунок 1.6 – Текущее состояние рудной толщи

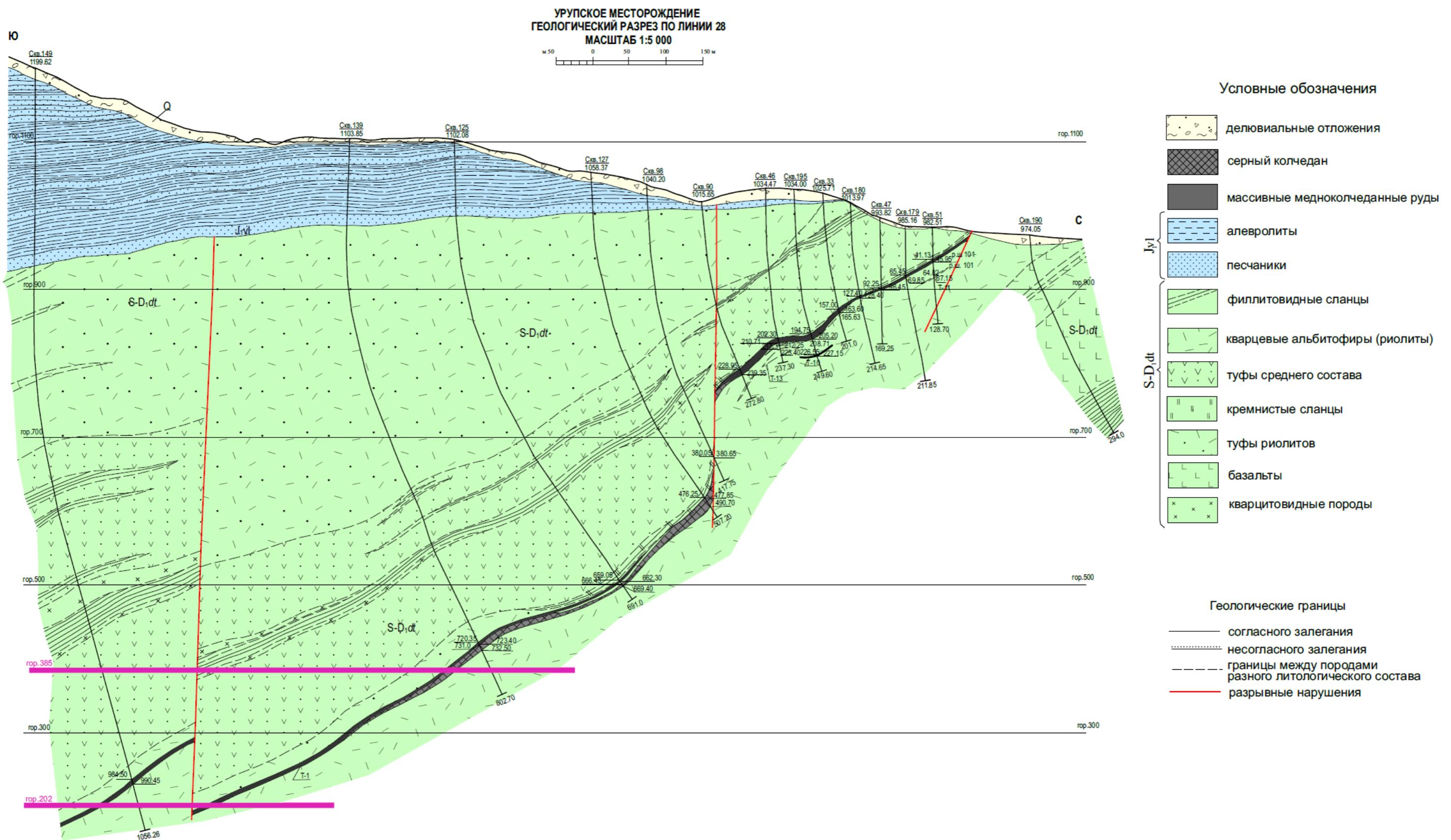
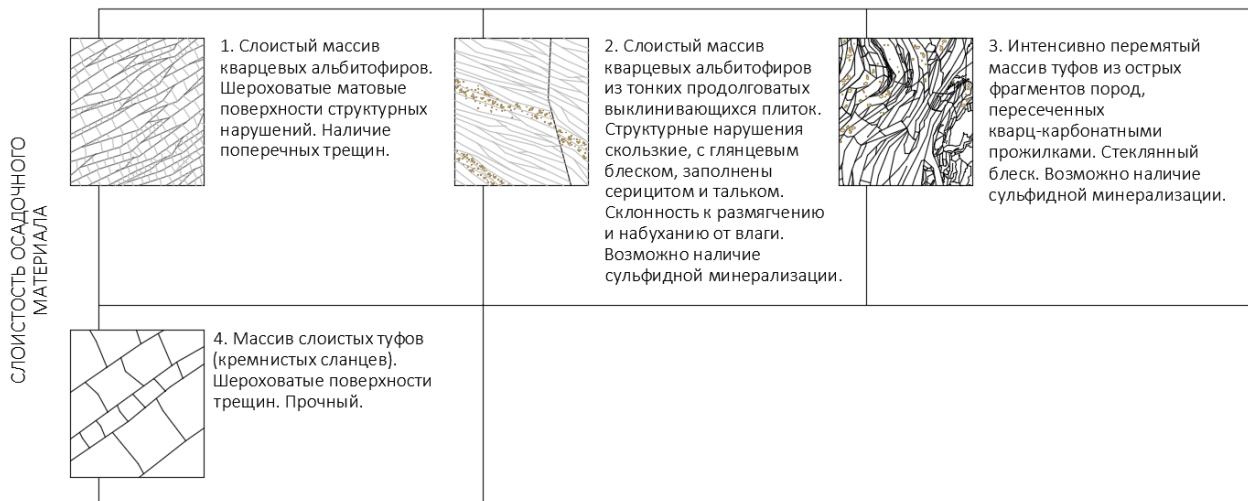


Рисунок 1.7 – Геологический разрез Урупского месторождения по линии 28

С учетом описанной геологической характеристики Урупского месторождения, можно выделить ряд определяющих факторов, оказывающих влияние на устойчивость вмещающих пород – действие гидротермальных изменений массива и характер наслоения вулканогенного материала. Устойчивость рудного массива зависит от их состава и характера накопления рудной толщи. Номограмма геологической устойчивости вмещающих пород и руд представлена на рисунке 1.8.

НОМОГРАММА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССОВ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД

СТЕПЕНЬ ТЕКТОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ



НОМОГРАММА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССОВ УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ РУД

СОСТАВ И СТРУКТУРА СУЛЬФИДОВ



Рисунок 1.8 – Номограмма устойчивости для вмещающих пород и руд Урупского месторождения

Согласно представленной номограмме, шахтное поле Урупского месторождения разделено на семь геологических классов устойчивости, где четыре класса соответствуют вмещающим породам и два рудной толще.

Первый геологический класс соответствует массиву кварцевых альбитофиров не затронутых гидротермальными процессами. Имеет мелкоблочную, слоистую структуру с шероховатыми поверхностями, требуется несколько ударов геологического молотка для отделения фрагмента от массива. Массив находится в зажатом состоянии.

Второй геологический класс представлен гидротермально измененными кварцевыми альбитофирами. Возможно наличие сульфидной минерализации. Массив имеет слоисто-чешуйчатую структуру с гладкими поверхностями и глянцевым блеском, из-за присутствия минералов талька и серицита на ощупь жирный. При ударе геологического молотка остаются значительные вмятины, отделение фрагмента от массива не требует подручных инструментов и физических усилий. При намокании массива описанные свойства усиливаются. При наличии минерализации может наблюдаться некоторая сыпучесть.

Третий геологический класс представлен гидротермально измененными туфами темного цвета (ближе к черному). Возможно наличие вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализации. Массив туфов имеет перемятую мелкочешуйчатую структуру с невыдержаным направлением слоистости, фрагменты черного цвета со стеклянным блеском. В месте удара геологического молотка остаются глубокие вмятины или происходит высыпание множества мелких фрагментов. Образец этого массива легко отбирается без усилия и подручных инструментов, при этом сохранить его изначально в отобранный форме затруднительно. В этом классе иногда присутствуют кварц-карбонатные заполнители в виде жил и узлов, которые достаточно хрупкие и находятся в зажатом состоянии, а при ударе геологического молотка легко колются на острые фрагменты.

Четвертый геологический класс представлен неизмененными туфами красноватого цвета. Массив имеет слоистую крупноблочную структуру. При ударе геологического молотка остаются небольшие царапины и сколы, а для откалывания представительного фрагмента требуются подручные инструменты и физическое усилие.

Пятый геологический класс соответствует сплошному рудному массиву медной руды. Сплошные руды на первый взгляд имеют весьма крупноблочную структуру, но при ударе геологического молотка может происходить раскалывание блоков на мелкие фрагменты из-за микротрещиноватости, а получить свежий скол проблематично.

Шестой геологический класс представлен сплошным массивом серной руды. При ударе геологического молотка на обнажение остаются небольшие вмятины и царапины. Сочетание высокой прочности и вязкости массива требуют использования подручных инструментов и приложения физических усилий.

Обобщенные физико-механические свойства вмещающих пород и руд, характерных для указанных классов, представлены в таблицах 1.1 ÷ 1.2.

Каждому геологическому классу устойчивости поставлен геологический индекс прочности породных массивов (*GSI*): «1» – $50 < GSI < 70$; «2» – $20 < GSI < 50$; «3» – $20 < GSI < 50$; «4» – $70 < GSI < 90$; «5» – $60 < GSI < 80$; «6» – $80 < GSI < 90$; «7» – $20 < GSI < 50$.

Таблица 1.1 – Физико-механические свойства руд и пород Урупского месторождения

Наименование пород и руд	Значения показателей				
	Объемная масса, г/см ³	Предел прочности при сжатии, кг/см ²	Коэффициент крепости по Протодьяконову	Сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, Град.
Сланцы филлитовидные	2,69	302 ÷ 355	3 ÷ 8		10 ÷ 16
Туфы пироксенплагиоклазовых порfirитов	2,69	900	9 ÷ 14	25,0	10 ÷ 30
Порфиры диабазовые	2,80	790	12 ÷ 14	29,0	28
Альбитофирсы кварцевые и их туфы	2,69	406 ÷ 820	7 ÷ 15		20 ÷ 38
Метасоматиты серицитхлорит-кварцевые	2,81	438 ÷ 490	7 ÷ 10	13,0	27 ÷ 32
Руды медные вкрапленные	3,30 ÷ 3,40	1030 ÷ 2400	10 ÷ 15	11,0 ÷ 25,0	25 ÷ 30

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства руд и пород по натурным испытаниям

Наименование пород и руд	Значения показателей				
	Объемный вес 10 ⁻⁶ , Н/м ³	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение, МПа	Модуль упругости 10 ⁻³ , МПа	Коэффициент Пуассона
Альбитофирсы кварцевые	2,80	10,2 (145)	4,0 (64,0)	64,0	0,15 (0,28)
Сланцы филлитовидные	2,75	15,2 (31)	0,8 (5,5)	30,0 (87)	0,24 (0,28)
Туфы среднего состава, массивные	2,83	73,0 (266)	3,6 (11,0)	33,0 (70)	0,30 (0,31)
Туфы среднего состава, рассланцованых	2,63	37,0 (13)	1,8 (11,3)	26,0 (47)	0,29 (0,31)
Руда	4,35	110,0	11,0	0,9	0,34

Примечание: без скобок указаны значения параметров по параллельному плоскости трещин направлению; в скобках – по нормальному к плоскости трещин направлению.

1.2 Технологические условия

Устойчивость горного массива зависит не только от свойств геологической среды, в которой ведется процесс проходки выработок, но и от особенностей системы разработки. В настоящее время на руднике применяется система разработки подэтажного обрушения [4]. Используемые варианты данной системы не имеют кардинальных различий в формировании технологических факторов, оказывающих влияние на устойчивость горных выработок.

Рудное тело по простирианию разделяется на блоки шириной 100 метров. Снизу и сверху блоки ограничены откаточными горизонтами. Блоки по падению разделяются на подэтажи с наклонной высотой около 17 метров (Рисунок 1.9). На удалении примерно 5 метров от контакта с рудой проходят скреперные штреки (панельные штреки). Со скреперных штреков проходят выпускные дучки через 4 – 5 метров по простирианию. Сбивая между собою верхние части дучек на уровне почвы залежи, проходят штрек подсечки, с которого далее поднимают буровые восстающие. Отбойка руды в каждом подэтаже ведется параллельными веерами взрывных скважин. Выпускаемая из дучек руда доставляется по скреперному штреку к рудоспуску. На завершающей стадии отработки рудных запасов подэтажа начинается обрушение налегающей толщи пород, которое продолжается до полного заполнения очистного пространства. Далее цикл повторяется и добыча продвигается вниз по рудному телу.

Из описания схемы подготовительно-нарезных работ в блоке следует, что на устойчивость горных выработок будут оказывать влияние следующие технологические факторы (Рисунок 1.10, Таблица 1.3):

а) Обрушенный горный массив, заполняя очистное пространство, не создает опорной нагрузки на вышележащую породную толщу. Вес налегающих горных пород концентрируется вблизи обрушения в рудном массиве. Пересечение рудного массива разрывными нарушениями и сформировавшими его в виде чередования таких структур как сбросы, сдвиги и надвиги, создает условия для деформаций горных выработок. Это проявляется в виде ползучего движения массива, приводящего к постепенному искривлению сечения горных выработок. Наличие микротрещин в рудном массиве способствует его колкости и, следовательно, склонности к интенсивному образованию заколов;

б) Близкое расположение штреков подсечки и скреперования (панельных штреков) усиливает деформации горного массива;

в) При ведении взрывных работ от сотрясений происходит разуплотнение горного массива;

г) Помимо перечисленных технологических факторов, которые напрямую зависят от особенностей применяемой системы разработки, проходка горных выработок во втором (седьмом) геологическом классе устойчивости ведется в анизотропной среде, поэтому их устойчивость будет зависеть от взаимной ориентации направления проходки и слоистости. Для этого можно выделить следующие диапазоны углов падения слоистости для разработки типовых паспортов крепления горных выработок, проводимых параллельно слоистости: $35^{\circ} \div 45^{\circ}$; $45^{\circ} \div 65^{\circ}$; $65^{\circ} \div 80^{\circ}$. Также предусмотрен вариант проходки вкрест слоистости.

Таблица 1.3 – Технологические факторы, оказывающие влияние на устойчивость горных выработок

Обозначение технологического фактора	Описание технологического фактора
А	Условия высокого горного давления от налегающей толщи горных пород вблизи обрушения
Б	Близкое расположение горных выработок
В	Разуплотнение горного массива от сейсмического воздействия при взрывных работах
Г	Взаимная ориентация направления проходки и слоистости горных пород

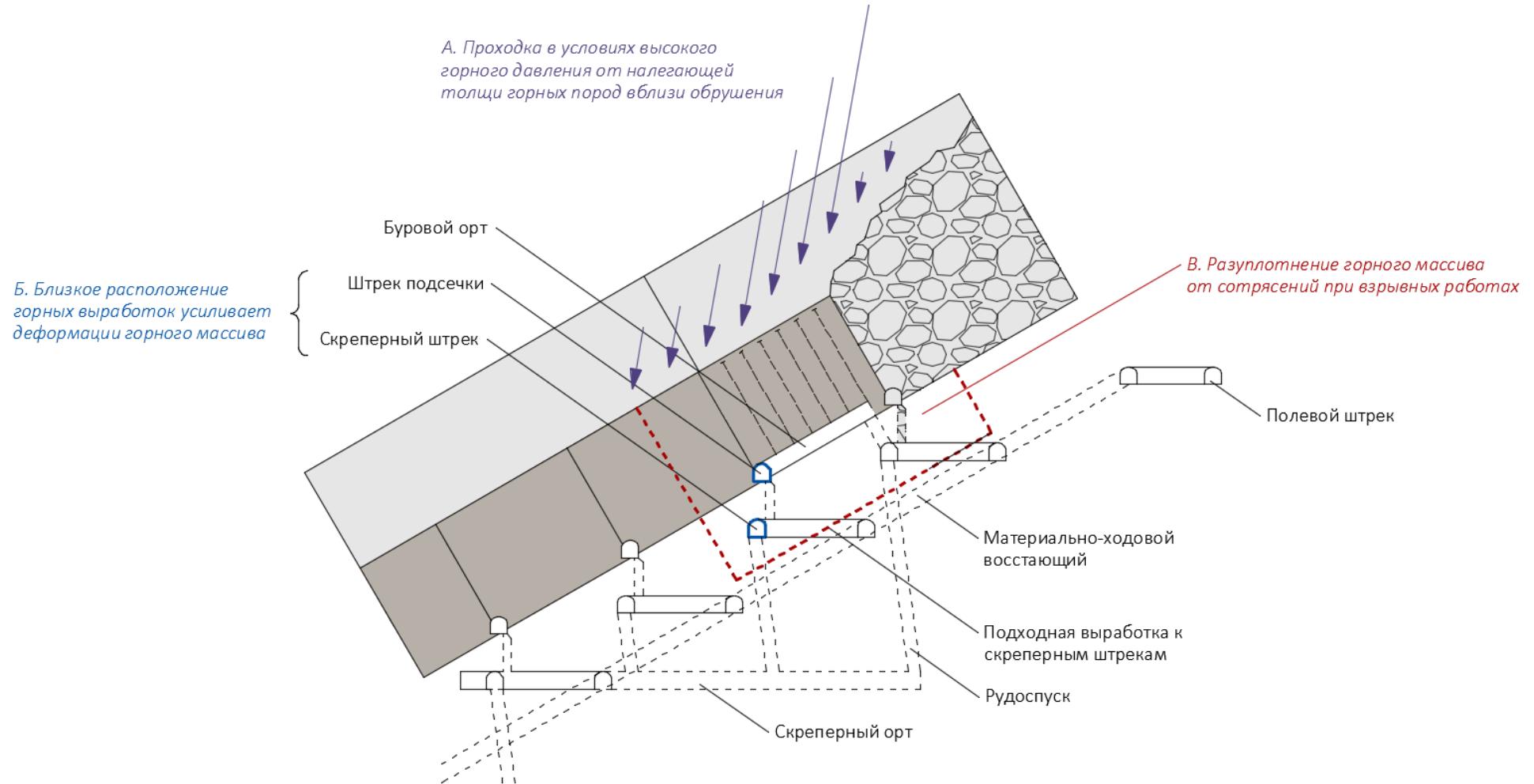


Рисунок 1.9 – Технологические факторы, влияющие на устойчивость горных выработок, для системы разработки подэтажного обрушения (проектная схема)

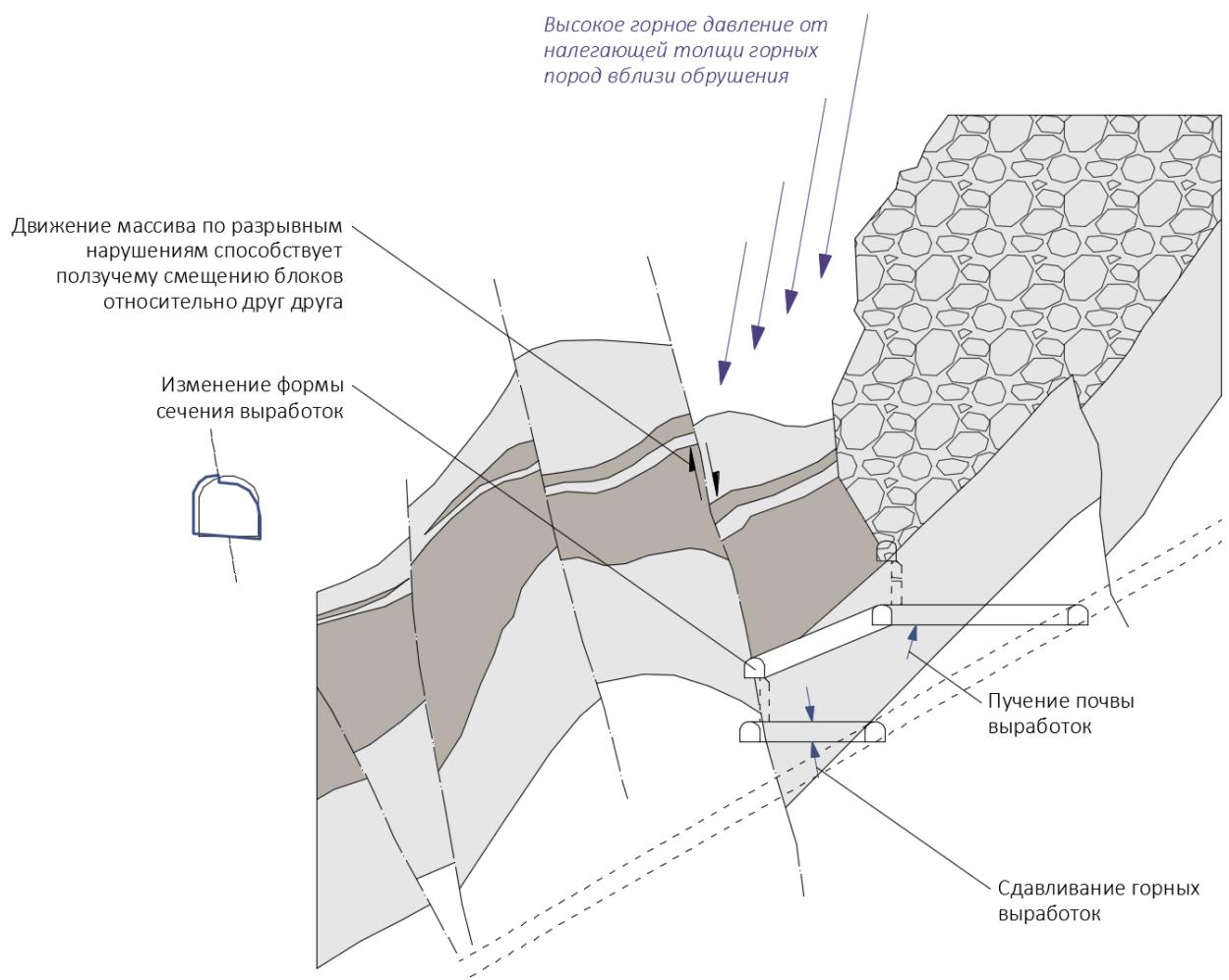


Рисунок 1.10 – Схема деформации горных выработок для системы разработки подэтажного обрушения (фактическая схема)

2 Деформационные модели горных выработок.

Деформационная модель – это инженерный взгляд на процесс деформации горной выработки, проводимой в конкретных горно-геологических условиях (классах устойчивости горного массива). Класс устойчивости – это характеристика горного массива, определяемая сочетанием геологического класса устойчивости из номограммы (Рисунок 1.8) с технологическими факторами. Например, класс устойчивости 3ABВ обозначает, что выработка проводится в условиях интенсивно перемянутого массива туфов из острых фрагментов пород, пересеченных кварц-карбонатными прожилками (геологический класс устойчивости «3»), на которую воздействуют высокое горное давление от налегающей толщи пород (технологический фактор «А»), близкое расположение параллельной выработки (технологический фактор «Б») и сейсмическое воздействие взрывных работ (технологический фактор «В»). В таблице 2.1 приведены схемы и краткое описание характера разрушения горных выработок, проводимых в различных классах устойчивости в случае отсутствия крепления или ее несвоевременной установки.

В каждом классе устойчивости при проходке выработки вероятно превышение проектного сечения в соответствии с выделенными деформационными моделями. Форма контура пройденной выработки определяется структурой горного массива и его свойствами, характеризующими размер деформаций на отдельных участках в момент проходки выработки и до достижения равновесного состояния. Фактический контур горной выработки всегда будет иметь неровные очертания в пределах некоторой пиковой высоты a , под которой понимается максимальное отклонение контура выработки относительно среднего уровня поверхности (Рисунок 2.1). Дополнительное превышение сечения формируется при оборке заколов.

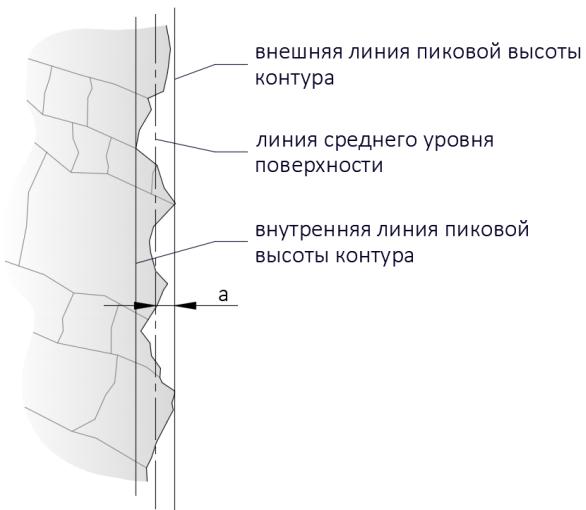
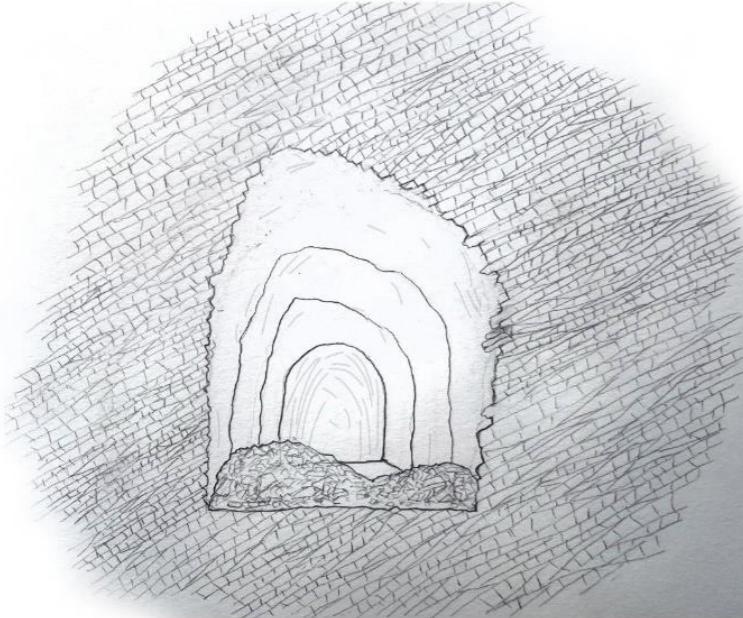


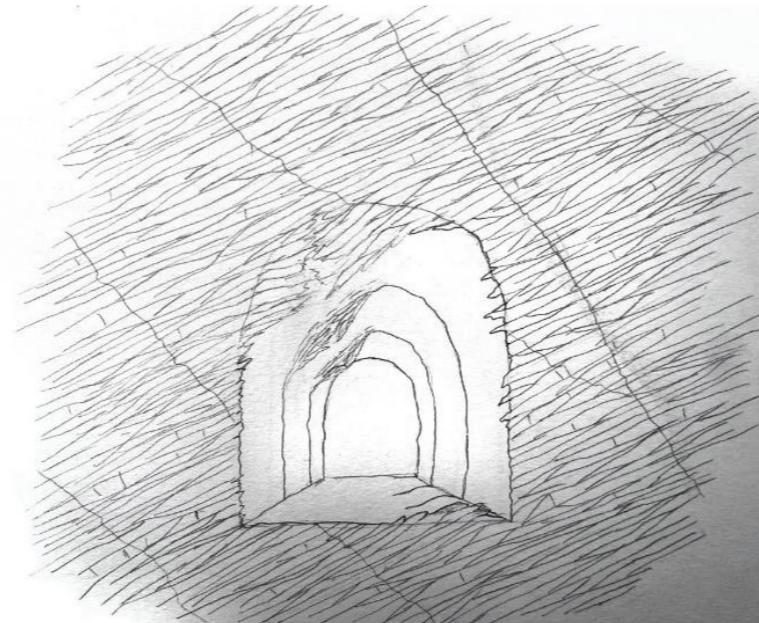
Рисунок 2.1 – Определение пиковой высоты контура выработки

Таблица 2.1 – Модели деформации горных выработок в различных классах устойчивости



Класс устойчивости «1».

Разуплотнение и отслоение набора связанных мелких фрагментов пород.



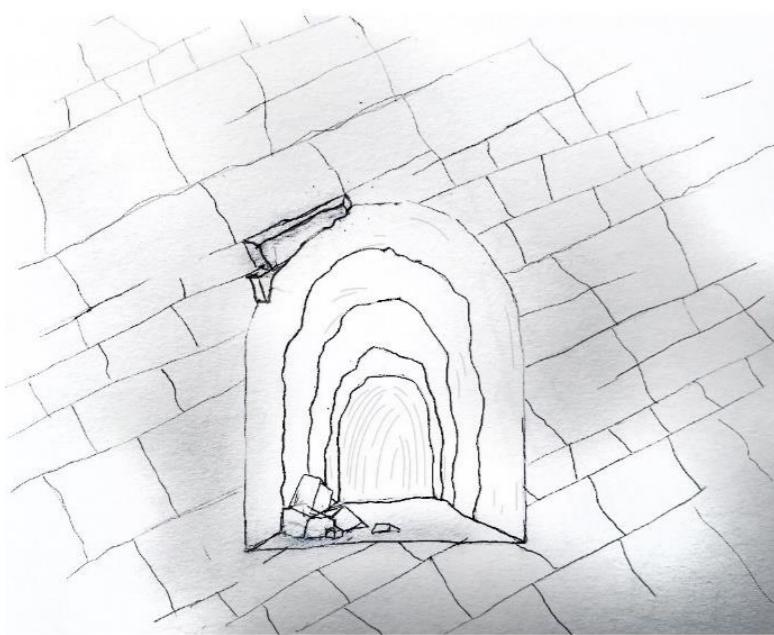
Класс устойчивости «2АБВГ», «7АБВГ».

Выдавливание породных плиток в выработку.
Пластическая деформация.



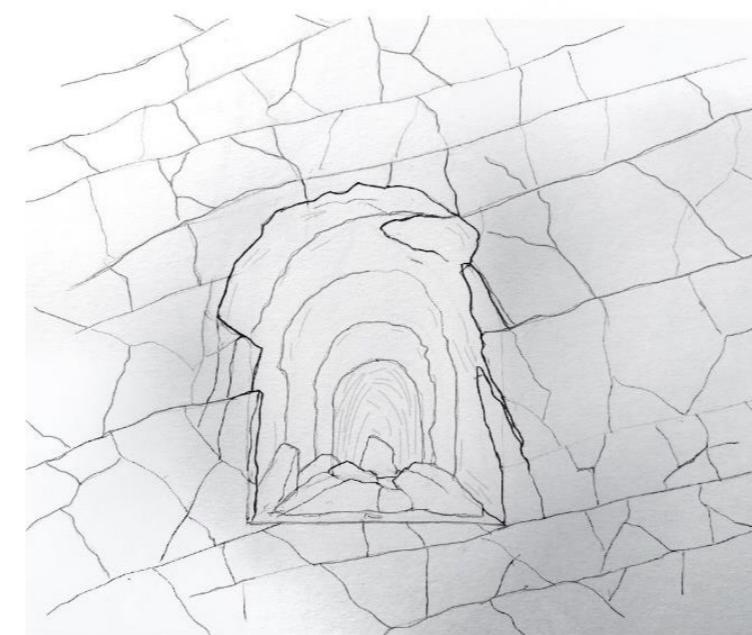
Класс устойчивости «3АБВ».

Высыпание или обрушение пород с кровли выработки.
Изменение формы ее сечения на шатровую.



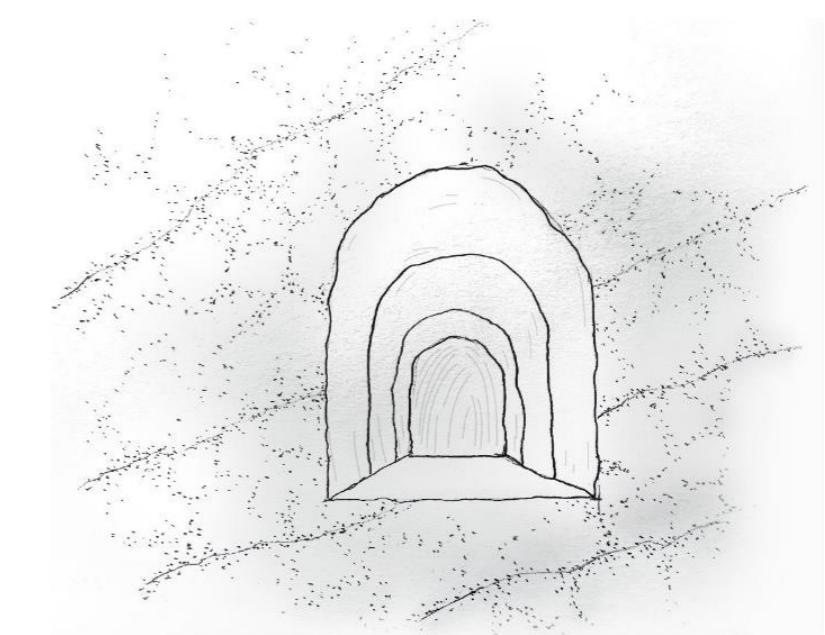
Класс устойчивости «4АБВ».

Смещение крупных блоков в выработку.



Класс устойчивости «5АБВ».

Растresкивание руды и ее отслоения в выработку в виде плит.



Класс устойчивости «6АБВ».

Горные выработки сохраняют общую устойчивость с небольшими по объему отслоениями.

3 Крепление горных выработок

3.1 Схемы крепления горной выработки

Для недопущения развития указанных деформаций в горных выработках и сохранения их устойчивости на необходимый срок службы, предусматриваются соответствующие схемы крепления для всех выделенных классов горного массива (Таблицы 3.1 ÷ 3.7).

Схемы крепления горных выработок допускают использование определенного набора крепежных материалов, наиболее эффективно работающих в данных условиях. Любой тип или вид крепи, а также отдельный ее элемент будет выполнять свою функцию только в том случае, если при их установке была соблюдена технология, а также своевременность возведения.

По схеме взаимодействия с массивом во всех классах устойчивости использованы два типа крепи: упрочняющая (укрепление массива за счет создания в нем дополнительных напряжений элементами крепления) и поддерживающая (поддержка массива приложением к контуру выработки реактивной силы элементов крепи). При этом, все предусмотренные виды и типы крепи являются пассивным креплением, которое развивает свою несущую способность по мере деформации горного массива.

Таблица 3.1 – Схема крепления выработки в «1» классе устойчивости (породный массив)

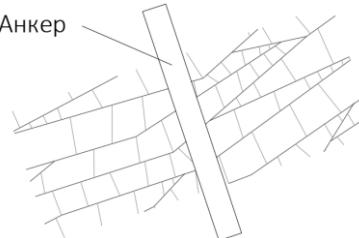
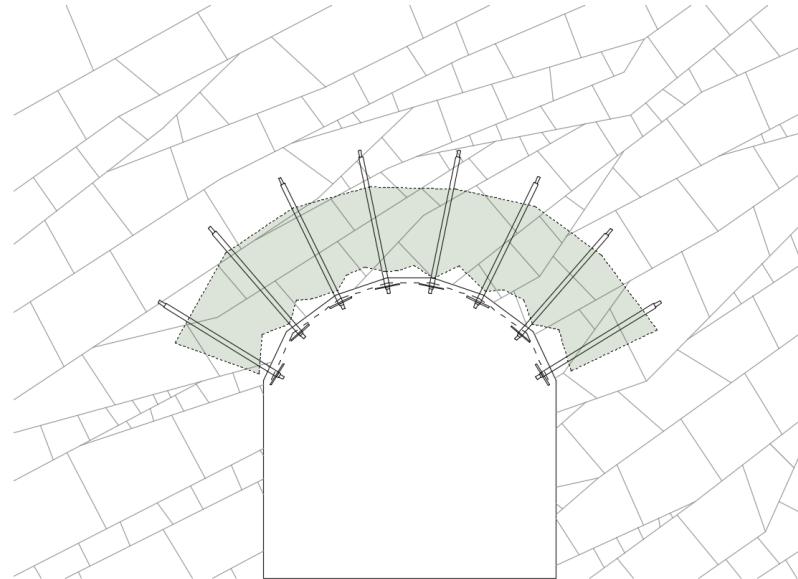
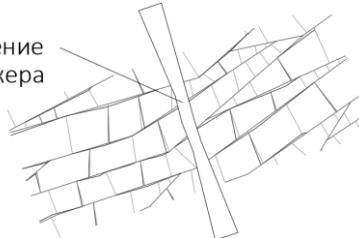
Схема работы элемента крепи	Схема работы конструкции крепи
 <p>Анкер</p> <p>Массив</p> <p>Отставание установки крепи от забоя является важным фактором успешной работы крепления массива кварцевых альбитофиров, не затронутых гидротермальными процессами. Требуется не допустить чрезмерного разуплотнения мелкоблочной, слоистой структуры массива с шероховатыми поверхностями.</p>	
 <p>Разуплотнение массива</p> <p>При удалении забоя выработки анкер создает нагрузку, направленную перпендикулярно шероховатым трещинам, что препятствует смещению мелких фрагментов пород относительно друг друга.</p>	
 <p>Растяжение анкера</p> <p>Анкеры подвергаются растягивающей нагрузке. При отсутствии сотрясений от ведения взрывных работ использование анкеров с полным или неполным закреплением не является принципиальным моментом.</p>	<p>Анкеры способствуют образованию арки, состоящей из неразуплотненных групп мелких фрагментов пород. Использование сетки создает небольшую опорную нагрузку на контур выработки и препятствует выпадению пород между анкерами.</p> <p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: СМА, ЖБШ или СПА с полным заполнением шпура.</p>

Таблица 3.2 – Схема крепления выработки во «2АБВГ» («7АБВГ») классе устойчивости (породный массив)

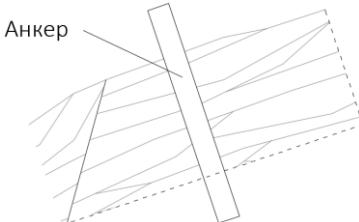
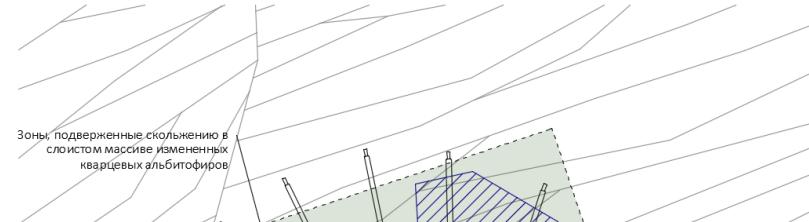
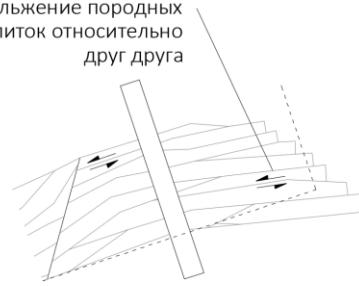
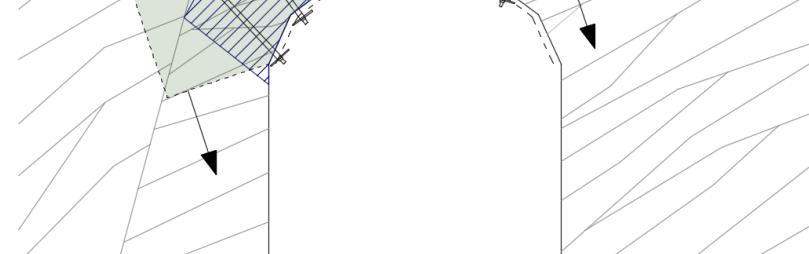
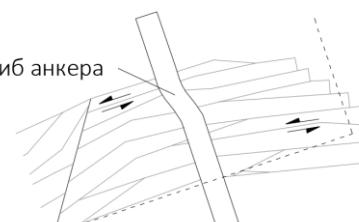
Схема работы элемента крепи	Схема работы конструкции крепи
 <p>Анкер</p> <p>Время, прошедшее с момента уходки забоя до установки анкеров, является важнейшим фактором успешной работы применяемой конструкции крепи в породах слоисто-чешуйчатой структуры с гладкими поверхностями. Требуется не допустить начала расслоения массива.</p>	 <p>Зоны, подверженные скольжению в слоистом массиве измененных кварцевых альбитофиров</p>
 <p>Скользжение породных плиток относительно друг друга</p> <p>Выдавливание породных плиток является следствием их скольжения по плоскостям ослабления. Анкер с полным заполнением шпура препятствует скольжению по плоскостям слоистости и выдавливанию породных плиток в выработку. Анкер с неполным закреплением в данном случае неэффективен.</p>	
 <p>Изгиб анкера</p> <p>Наиболее высокие сдвиговые нагрузки возникают в основании кровли выработки, которые оказывают на анкеры изгибающее действие.</p>	<p>Углы установки анкеров назначаются с учетом падения породных слоев. Анкеры способствуют образованию балки, мощностью немного меньшей, чем длина анкеров. Балка опирается на бока выработки. Использование сетки предотвращает разуплотнение и отслоения породы между установленными анкерами.</p> <p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: СМА, ЖБШ или СПА с полным заполнением шпура.</p>

Таблица 3.3 – Схема крепления выработки (УКК) в «ЗАБВ» классе устойчивости (породный массив)

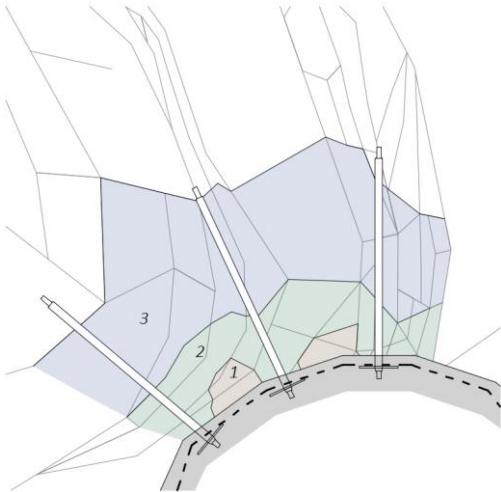
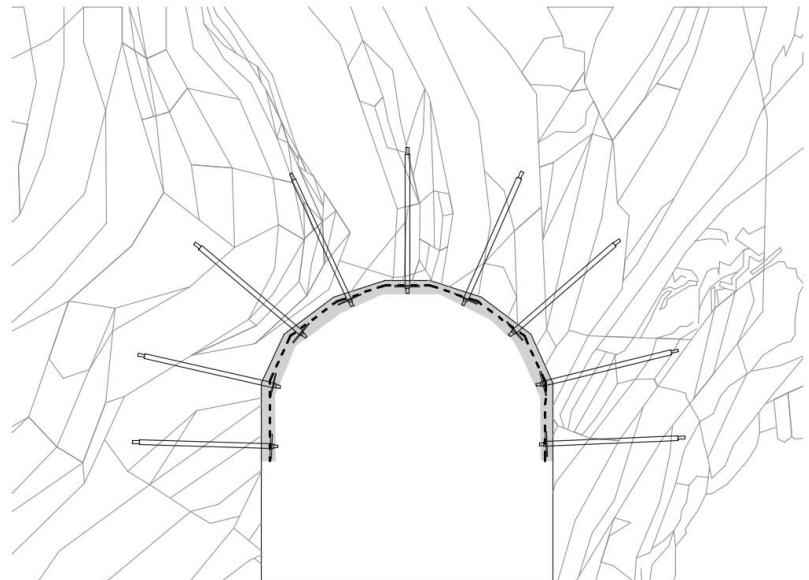
Схема работы элемента крепи	Схема работы конструкции крепи
 <p>Анкер прижимает к контуру горной выработки армокаркас или сетку, которые предотвращают высыпание мелких фрагментов пород в 1 зоне (примерно до 0,5 м от контура горной выработки). Сила закрепления анкера в шпуре достаточно слабая, а затяжка не имеет достаточной жесткости для сохранения устойчивости приконтурного массива на длительной срок.</p> <p>Требуется создание высокой опорной нагрузки со стороны набрызгбетона для предотвращения разуплотнения массива в зоне 2. Сохранение связи мелких острых фрагментов горных пород в 1 и 2 зонах создает условия для поддержки массива в 3 зоне.</p> <p>Анкеры, затяжка и набрызгбетон начинают действовать как единая жесткая конструкция.</p>	 <p>Для сохранения устойчивости перемятых гидротермально измененных туфов требуется установка анкеров вместе с армокаркасами или сеткой на удалении от забоя не далее шага анкерования в течение 2 суток после уходки забоя и нанесение набрызгбетона не далее 30 метров в течение 7 суток после уходки забоя.</p> <p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: ФА с армокаркасами, ГРА, СМА, ЖБШ или СПА с полным заполнением шпуря.</p>

Таблица 3.4 – Схема крепления выработки (КМП) в «ЗАБВ» классе устойчивости (породный массив)

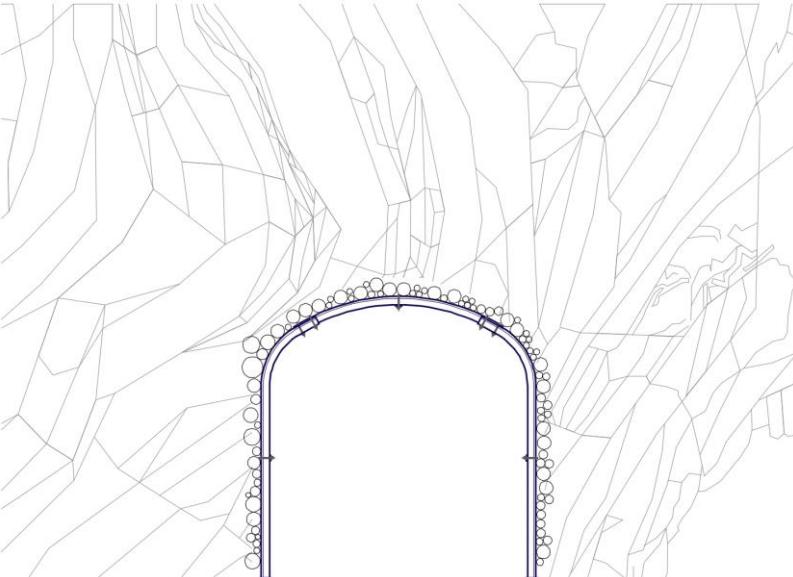
Схема работы конструкции крепи
 <p>Опорная нагрузка со стороны рамной крепи препятствует разуплотнению мелких фрагментов перемятых гидротермально измененных туфов вблизи контура горной выработки. Надежная работа рамной крепи обеспечивается только в случае качественной расклинки замков и забутовки зарамного пространства.</p>

Таблица 3.5 – Схема крепления выработки в «4АБВ» классе устойчивости (породный массив)

Схема работы элемента крепи	Схема работы конструкции крепи
<p>Из-за неровных поверхностей поперечных трещин в массиве кремнистых туфов скольжение блоков возможно только после их смещения в перпендикулярном направлении к поперечным трещинам. Анкер создает нагрузку N, ограничивающую это смещение. Смежные блоки, смещение которых также ограничено анкерами, создают нагрузку P во много раз превышающую N. Таким образом, анкеры способствуют созданию только сил трения между неровными поверхностями трещин, а в целом массив удерживается в равновесном состоянии из-за взаимного расклинивания блоков пород.</p>	<p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: ФА, ГРА; СМА или ЖБШ с полным заполнением шпура.</p>

Таблица 3.6 – Схема крепления выработки в «5АБВ» классе устойчивости (рудный массив)

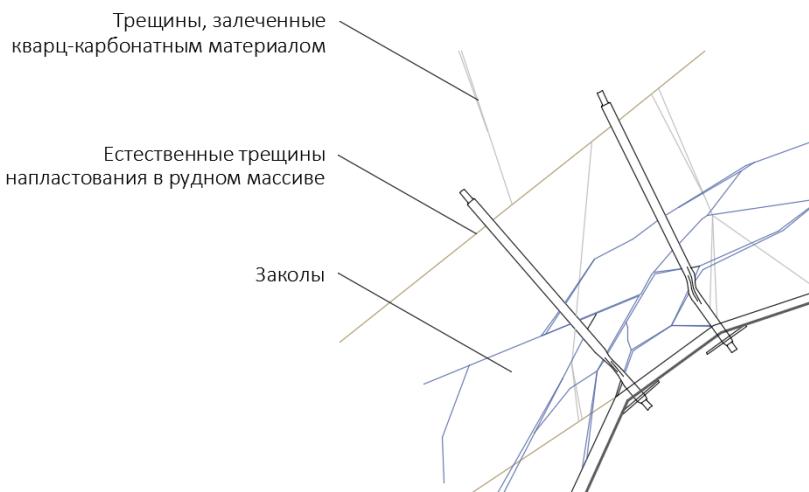
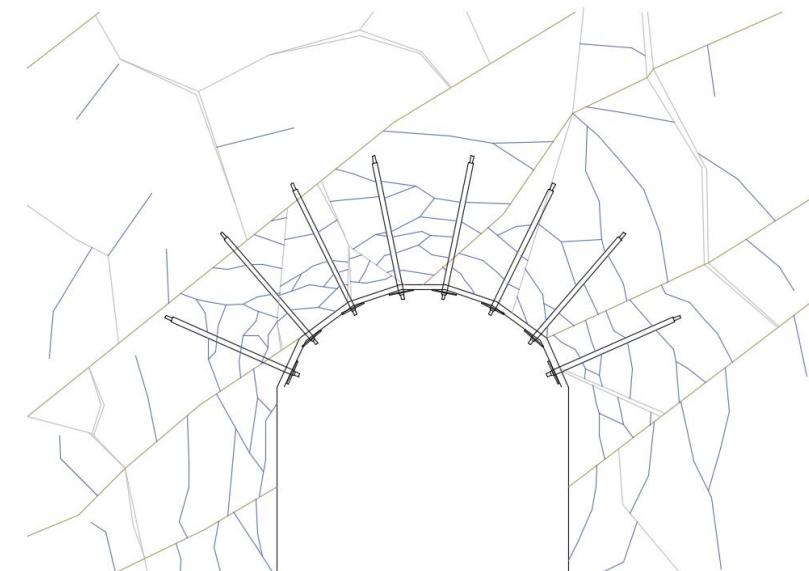
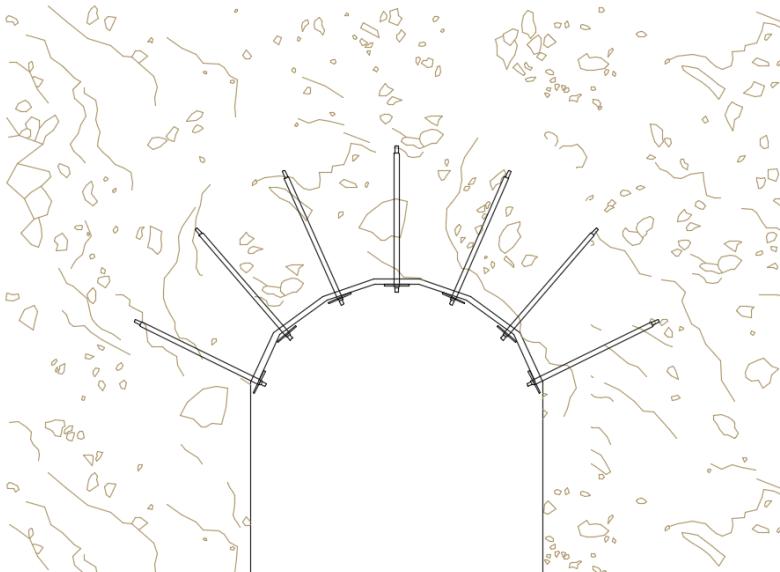
Схема работы элемента крепи	Схема работы конструкции крепи
 <p>Трешины, залеченные кварц-карбонатным материалом</p> <p>Естественные трещины напластования в рудном массиве</p> <p>Заколы</p> <p>Анкеры не могут предотвратить появление заколов в рудном массиве, возникающие от сейсмического воздействия от взрывных работ, нодерживают их от падения в выработку. Анкеры подвержены статическим и динамическим нагрузкам различного типа (растяжение, изгиб, срез). Установка подхватов анкерной крепи позволяет распределить эти нагрузки на всю конструкцию.</p>	 <p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: СМА, ЖБШ или СПА с полным заполнением шпуря совместно с подхватами.</p>

Таблица 3.7 – Схема крепления выработки в «6АБВ» классе устойчивости (рудный массив).

Схема работы конструкции крепи
 <p>Горный массив сохраняет общую устойчивость. Установка крепления определяется нецелесообразностью изменения действующего паспорта крепления при пересечении малых по длине участков массива сплошных серных руд.</p> <p>Рекомендуемые типы анкерной крепи: СМА, ЖБШ или СПА с полным заполнением шпура совместно с подхватами.</p>

3.2 Параметры крепления горной выработки

Выбор типа и параметров крепи для выделенных классов устойчивости горного массива производится:

- горизонтальных и наклонных горно-капитальных, подготовительных, разведочных и нарезных выработок проектных сечений и их сопряжений по таблице 3.8;
- вертикальных выработок – по таблице 3.9;
- камерных выработок – по таблице 3.9.

Выбор варианта крепления выработки в рамках одного класса определяется начальником участка с учетом имеющихся в наличии крепежных материалов и оборудования.

Применяемые типоразмеры анкерной крепи: 1,4 м (восстающие выработки), 1,6 м, 1,8 м.

Применяемый типоразмер профиля рамной податливой крепи: СВП17, СВП22/СВГП18.

Расчет параметров крепи выполнен с применением методик, отражающих фактические горно-геологические условия Урупского месторождения и накопленный опыт крепления за предыдущий период эксплуатации рудника; полученные результаты расчетов (ПРИЛОЖЕНИЕ Б) приняты для разработки типовых паспортов крепления в «Альбоме...» с учетом технических параметров применяемого оборудования и принятых технологических схем возведения крепи.

При возведении крепи выполнять следующие условия и правила:

а) направление, расположение и глубина шпуров должны соответствовать паспорту крепления, при этом допустимы несистемные отклонения:

- по углу наклона: $\pm 10^\circ$;
- по глубине: ± 10 см;
- по сетке анкерования: $\pm 15\%$;

б) установку анкеров выполнять вкрест плоскости группы трещин, оказывающей наибольшее влияние на устойчивость выработки. При наличии разноориентированной системы трещин или невозможности выделения влияющей группы, анкеры устанавливать перпендикулярно закрепляемой поверхности;

в) крепление анкерами ФА и ГРА применять для выработок со сроком службы не более 10 лет;

г) опорная шайба анкерной крепи при установке прижимается к выступающим частям контура и затягивается прижимной гайкой, создавая предварительное натяжение

анкера. При этом следует стремиться прижать шайбу по всей площади. При применении шайб с полусферической выштамповкой, их установку производить таким образом, чтобы полусфера была направлена в выработку;

д) сетка (армокакасы) при установке прижимаются к наиболее выступающим частям контура выработки, создавая опорную нагрузку, при этом за частью сетки (армокаркаса) может сохраняться пространство, равное величине пиковой высоты контура;

е) технология торкретирования определяется обеспечением снижения пиковой высоты контура, то есть сглаживанием неровностей обнажения: наибольшая толщина слоя на углублениях, меньшая – на выступах (Рисунок 3.1). Только такая схема нанесения набрызгбетона обеспечивает несущую способность крепи. При этом, если при торкретировании соблюдена технология работ, то толщина крепи всегда будет различна в каждой из точек на контуре выработки;

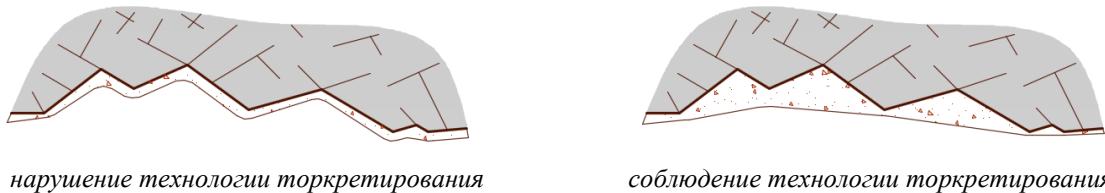


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема работы набрызгбетонной крепи

ж) при торкретировании выполняется укрытие сетки (армокаркаса) по критерию полного покрытия арматуры армокаркаса или проволоки сетки без их замоноличивания: контур и очертание затяжки визуально могут быть различими;

з) при превышении фактической площади сечения выработки от проектной:

- на значение до 10 %: паспорт крепления не корректируется – устойчивость выработки обеспечивается принятым набором крепления;

- более 10 %: крепление на данном участке выработки производится с соответствующим добавлением элементов крепи (анкеры, сетка, армокаркасы) по принятым параметрам – устойчивость выработки обеспечивается увеличенным набором крепления;

- при превышении фактической площади сечения выработки в результате крупного вывала или обрушения, либо более 30 %, крепление участка производится по разрабатываемому паспорту крепления на ремонт (раздел 7.2).

Таблица 3.8 – Карта выбор крепи горизонтальных и наклонных выработок и их сопряжений

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«1» (породный массив)	АКК: анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,9 \times 0,9 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки до 10 м	до 7 суток до 15 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки до 10 м	до 3 суток до 10 суток
	АКК: анкерная + армокаркас	<u>Временная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,9 \times 0,9 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 7 суток ---	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 3 суток ---

Продолжение таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«2АБВГ» (породный массив)	АКК: анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}$ (<i>выработки вне влияния очистных работ</i>), $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$ (<i>выработки при влиянии очистных работ</i>), $l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}$, $d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$, $l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}$, $d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 1 суток
	АКК: анкерная + армокаркас	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}$ (<i>выработки вне влияния очистных работ</i>), $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$ (<i>выработки при влиянии очистных работ</i>), $l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$, $l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 3 суток

Продолжение таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«ЗАБВ» (породный массив)	УКК: анкерная + сетка + набрызгбетонная	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле и бокам $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли и боков $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$ Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 4 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более шага анкерования	до 2 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле и бокам $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли и боков $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$ Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 5 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более шага анкерования	до 1 суток
	УКК: анкерная + армокаркас + набрызгбетонная	<u>Временная:</u> Анкеры ФА по кровле и бокам $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли и боков $d = 10 \div 12 \text{ мм}$ <u>Постоянная:</u> Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 4 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более шага анкерования совместно с анкерами	до 2 суток	<u>Временная:</u> Анкеры ФА по кровле и бокам $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли и боков $d = 10 \div 12 \text{ мм}$ <u>Постоянная:</u> Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 5 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более шага анкерования совместно с анкерами	до 1 суток

Продолжение таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«ЗАБВ» (породный массив)	<u>KMII:</u> металлическая податливая крепь	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (подвесная, выдвижная) <u>Постоянная:</u> Металлическая рамная из СВП17, СВП22/СВГП18 - для выработок $B \leq 4,2 \text{ м}$: 1,00 м; - для выработок $B \geq 4,3 \text{ м}$: 0,75 м Затяжка: деревянная (кругляк, обапол, доска) или арматурная сетка по кровле и бокам с забутовкой	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (подвесная, выдвижная) <u>Постоянная:</u> Металлическая рамная из СВП17, СВП22/СВГП18 $b = 0,5 \div 1,0 \text{ м}$ Затяжка: деревянная (кругляк, обапол, доска) или арматурная сетка по кровле и бокам с забутовкой	не более длины уходки	до 1 суток

Продолжение таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«4АБВ» (породный массив)	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,9 \times 0,9 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 7 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,9 \times 0,9 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 3 суток
	<u>АКК:</u> анкерная + армокаркас	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 2 суток ---	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 1 суток ---

Продолжение таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«5АБВ» (рудный массив)	<u>AKK:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток
		<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$	не более длины уходки	до 2 суток
	<u>AKK:</u> анкерная + армокаркас	Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	совместно с анкерами	---	Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	совместно с анкерами	---
	<u>AKK:</u> анкерная + подхват	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА по кровле совместно с подхватами $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$	не более длины уходки	до 2 суток	---	---	---

Окончание таблицы 3.8

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Горные выработки			Сопряжения горных выработок		
		Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«6АБВ» (рудный массив)	AKK: анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки	до 2 суток
	AKK: анкерная + армокаркас	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 2 суток ---	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры ФА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$ Армокаркасы по анкерам кровли $d = 10 \div 12 \text{ мм}$	не более длины уходки совместно с анкерами	до 2 суток ---
	AKK: анкерная + подхват	<u>Временная:</u> --- <u>Постоянная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ФА, ГРА по кровле совместно с подхватами $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}, l \geq 1,6 \text{ м}$ $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}, l \geq 1,8 \text{ м}$	не более длины уходки	до 2 суток	---	---	---

Примечания к таблице 3.8:

1. Типовые паспорта крепления для применяемых сечений горных выработок и их сопряжений приведены в «Альбоме...»;
2. Крепление с расчетными параметрами, установленное с соблюдением технологии его возведения и отставания от забоя обеспечит устойчивость горной выработки на весь срок ее службы;
3. Допустимое время обнажения – это время с момента создания незакрепленного обнажения массива (уходки забоя) до момента развития вблизи него критических деформаций. Отставание крепи от забоя определяется временем и расстоянием: при проходке всегда должны соблюдаться оба условия;
4. Изменение параметров крепления в сторону ослабления несущей способности крепи (например, разряжение сетки анкерования и уменьшение длины анкеров) не допускается; в сторону усиления крепи: уменьшение сетки анкерования, увеличение длины анкеров, нанесение увеличенного слоя набрызгбетона (торкретбетона), уменьшение шага установки рам – по решению (указанию) технического руководителя объекта;
5. Установку анкеров выполнять вкrest плоскости группы трещин, оказывающей наибольшее влияние на устойчивость выработки. При наличии разноориентированной системы трещин или невозможности выделения влияющей группы, анкеры устанавливать перпендикулярно закрепляемой поверхности;
6. Допустимое несистемное (единичные анкеры в ряду) отклонение фактического расстояния между анкерами от проектного должно находиться в пределах 15 % при сохранении общего количества анкеров на один погонный метр выработки;
7. При креплении анкерной крепью боков выработки, нижний ряд анкеров устанавливать на расстоянии от почвы не более половины высоты борта;
8. При остановке проходческих работ, выработка должна быть закреплена в течение срока, допустимого времени обнажения, а сама крепь подведена к забою.

Таблица 3.9 – Карта выбор крепи восстающих выработок

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
Материально-ходовой восстающий				
«1», «4АБВ»	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (на период проходки); Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ГРА $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}$ $l \geq 1,4 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки после проходки	до 7 суток ---
«2АБВГ»	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (на период проходки); Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ГРА $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}$ $l \geq 1,4 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки после проходки	до 2 суток ---
«5АБВ», «6АБВ»	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (на период проходки); Анкеры СМА, ЖБШ, СПА, ГРА $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$ $l \geq 1,4 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}, d = 4 \div 6 \text{ мм}$	не более длины уходки после проходки	до 2 суток ---
Рудоспуск, отрезной восстающий, дучка				
«2АБВГ», «4АБВ», «5АБВ», «6АБВ»	Без крепления	<u>Временная:</u> Ограждающая крепь (на период проходки); <u>Постоянная:</u> Без крепления	---	---
Примечания к таблице 3.9:				
1. Проходка восстающих выработок в массиве «3» класса устойчивости не допускается; 2. Установку анкеров выполнять вкrest плоскости группы трещин, оказывающей наибольшее влияние на устойчивость выработки. При наличии разноориентированной системы трещин или невозможности выделения влияющей группы, анкеры устанавливать перпендикулярно закрепляемой поверхности; 3. При остановке проходческих работ, выработка должна быть закреплена в течение срока, допустимого времени обнажения, а сама крепь подведена к забою.				

Таблица 3.10 – Карта выбор крепи камерных выработок

Класс устойчивости массива	Тип крепи	Параметры крепи	Допустимое отставание от забоя	Допустимое время обнажения
«1», «4АБВ»	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА по кровле $b = 0,8 \times 0,8 \text{ м}$, $l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}$, $d = 4 \div 6 \text{ мм}$ Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 5 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более длины уходки до 10 м до 15 м	до 7 суток до 15 суток до 20 суток
«2АБВГ»	<u>АКК:</u> анкерная + сетка	<u>Временная:</u> Анкеры СМА, ЖБШ, СПА по кровле $b = 0,7 \times 0,7 \text{ м}$, $l \geq 1,8 \text{ м}$ <u>Постоянная:</u> Сетка по анкерам кровли $b \leq 100 \times 100 \text{ мм}$, $d = 4 \div 6 \text{ мм}$ Набрызгбетон (торкретбетон) по кровле и бокам $t \geq 5 \text{ см с укрытием затяжки}$	не более длины уходки до 5 м до 10 м	до 2 суток до 5 суток до 7 суток
Примечания к таблице 3.10:				
1. Строительство камерных выработок в массиве «3» класса устойчивости не допускается; 2. Установку анкеров выполнять вкрест плоскости группы трещин, оказывающей наибольшее влияние на устойчивость выработки. При наличии разноориентированной системы трещин или невозможности выделения влияющей группы, анкеры устанавливать перпендикулярно закрепляемой поверхности; 3. При креплении анкерной крепью боков выработки, нижний ряд анкеров устанавливать на расстоянии от почвы не более половины высоты борта; 4. При остановке проходческих работ, выработка должна быть закреплена в течение срока, допустимого времени обнажения, а сама крепь подведена к забою.				

3.3 Требования к крепежным материалам

3.3.1 Анкерная крепь

3.3.1.1 Стalemинеральная анкерная крепь

Работа сталеминеральной анкерной крепи (СМА) обеспечивается сцеплением закрепляющего минерального состава с арматурой анкера и стенками шпура (Рисунок 3.2).

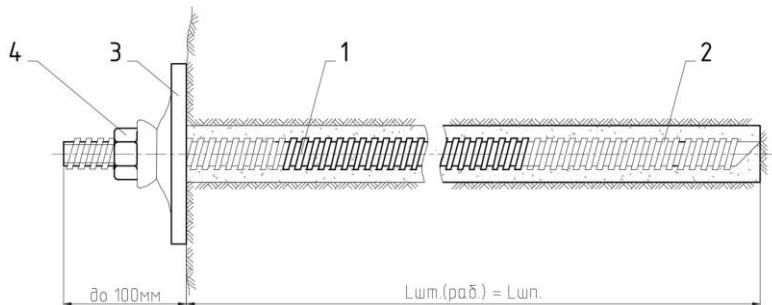


Рисунок 3.2 – Анкер сталеминеральный:

- 1 – арматурный стержень (штанга); 2 – минеральный состав;
- 3 – шайба (опорная плита); 4 – гайка опорной плиты

Комплектность сталеминерального анкера:

- штанга: арматурный прокат винтового профиля из стали с пределом прочности на разрыв – не менее 420 МПа, на срез – не менее 85 МПа; шаг винтовой резьбы – не более 6 мм; диаметр – не менее 16 мм. Передний край штанги должен иметь скос под углом 45° для разрушения ампул;
- шайба (опорная плита): пластина с полусферической выштамповкой в центральной части из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа; размер – не менее 150x150 мм; толщина – не менее 4 мм; диаметр отверстия – 1,20 ÷ 1,40 диаметра штанги;
- гайка сферическая шестигранная из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа.

Прочие требования принимать согласно ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

Для закрепления анкера применяют ампулы с минеральной композицией на основе быстротвердеющего цемента с добавками, регулирующими время схватывания и прочность. Оболочка ампулы выполняется из нетканого материала, хорошо пропускающего воду и удерживающего ее внутри. Диаметр ампул: на 5 ÷ 8 мм меньше диаметра шпура. Количество ампул назначать из расчета полного заполнения шпура.

Установка СМА включает в себя: бурение шпуров на величину активной длины анкера; подготовку минеральных ампул и их установку в шпур; досылку ампул; установку арматурного стержня с последующей установкой шайбы с затяжкой гайкой до плотного прижатия к массиву (Рисунок 3.3).

Установка крепи выполняется вручную (подготовка и установка минеральных ампул) и с применением средств малой механизации: телескопных пневматических перфораторов (установка анкеров).

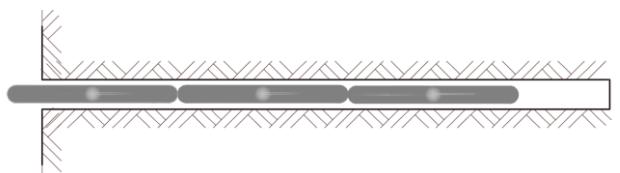
Диаметр шпура для установки СМА: $28 \div 43$ мм.

Несущая способность анкера: 80 кН через 24 часа после установки.

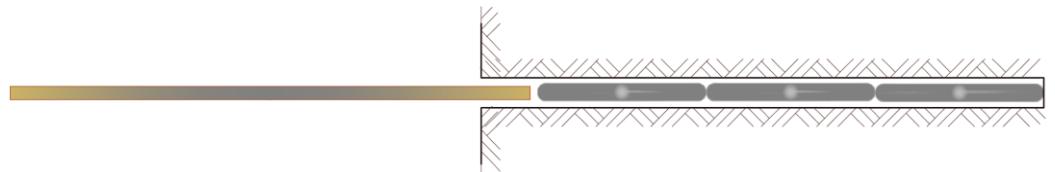
- Предварительное замачивание ампул в воде из расчета полного заполнения одного шпура в соответствии с инструкцией производителя в зависимости от типа ампул ($60 \div 180$ с):



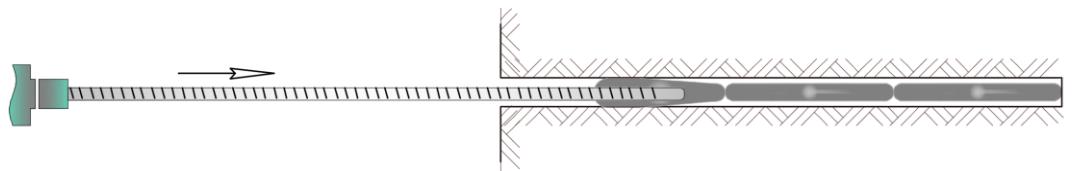
-
- Установка ампул в устье шпура:



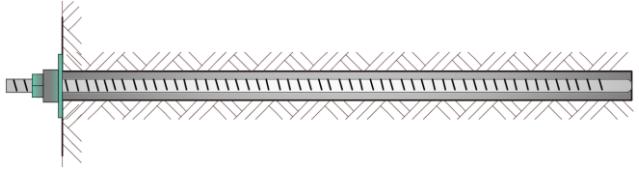
-
- Досылка ампул к забою шпура досылателем:



-
- Подача анкера до забоя шпура в течение пяти минут от момента замачивания ампул



-
- Установка опорной плиты (шайбы) на анкер и предварительное закручивание гайки через 30 минут после установки анкера:



-
- Через сутки выполняется затяжка гайки анкера

Рисунок 3.3 – Общая технологическая схема установки СМА

3.3.1.2 Фрикционная анкерная крепь

Работа фрикционной анкерной крепи (ФА) обеспечивается фиксацией стержня в шпуре за счет упругих свойств металла в результате сил трения, которое создается вследствие разницы диаметров «шпур / анкер» (Рисунок 3.4).

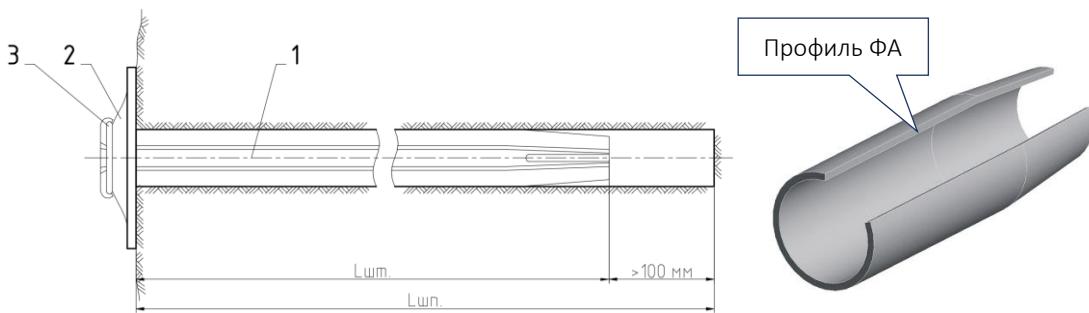


Рисунок 3.4 – Анкер фрикционный:

1 – трубчатый стержень (штанга); 2 – шайба (опорная плита); 3 – упорное кольцо

Комплектность фрикционного анкера:

- штанга: металлический С-образный профиль из стали с временным сопротивлением – не менее 410 МПа; толщина профиля – не менее 3,0 мм; диаметр – 33 ÷ 48 мм. На задний край штанги сваркой устанавливается упорное кольцо для прижатия шайбы;

- шайба (опорная плита): пластина с полусферической выштамповкой в центральной части из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа; размер – не менее 150x150 мм; толщина – не менее 4 мм; диаметр отверстия – 1,15 диаметра штанги;

Прочие требования принимать согласно ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

ФА применять с антикоррозионным покрытием штанги:

а) лакокрасочные покрытия на эпоксидном или полиуретановом пленкообразующем (общая толщина ≥ 200 мкм);

б) газотермические цинковые покрытия (120 ÷ 160 мкм) с перекрытием лакокрасочными покрытиями на эпоксидном или полиуретановом пленкообразующем (общая толщина ≥ 200 мкм);

в) облицовка химически стойкими неметаллическими материалами (≥ 200 мкм);

г) газотермические алюминиевые покрытия (≥ 160 мкм) с перекрытием лакокрасочными покрытиями на эпоксидном или полиуретановом пленкообразующем (общая толщина ≥ 200 мкм).

Установка ФА включает в себя: бурение шпуров на величину, больше на 10 ÷ 15 см активной длины анкера; забивку в них анкеров с комплектной шайбой до плотного прижатия шайбы к массиву. Для передачи ударной нагрузки анкероустановщика на штангу, применяется специальный переходник (пуансон).

Диаметр анкера должен соответствовать диаметру шпура исходя из необходимой силы закрепления (Таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Типоразмеры применяемых фрикционных анкеров

Диаметр буровой коронки (шпура), мм	Внешний (исходный) диаметр анкера, мм
30	33
35	39
38	42
41	44
43	46, 48

Установка крепи выполняется механизированным способом с применением анкероустановщика.

Несущая способность анкера: 50 кН сразу после установки.

3.3.1.3 Железобетонная анкерная крепь

Работа железобетонной анкерной крепи (ЖБШ) обеспечивается сцеплением закрепляющего цементно-песчаного состава со штангой и стенками шпура (Рисунок 3.5).

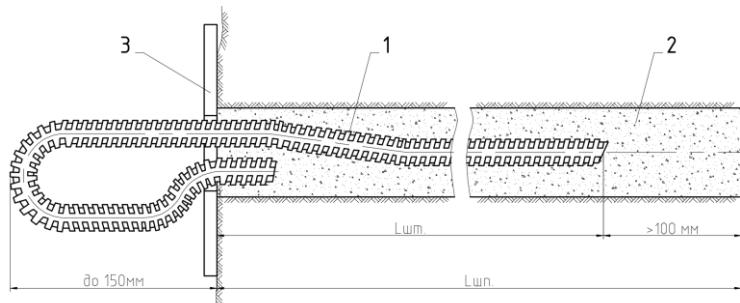


Рисунок 3.5 – Анкер железобетонный:

1 – арматурный стержень (штанга); 2 – цементно-песчаный раствор; 3 – шайба (опорная плита)

Допускаются к применению различные конструкции штанг:

- периодического профиля с петлевым оголовком;
- полностью винтового профиля с шагом резьбы не более 6 мм;
- периодического профиля с предварительно высаженным под метрическую резьбу хвостовиком (длиной 15 ÷ 20 см) для установки шайбы с гайкой.

Комплектность железобетонного анкера:

- штанга: арматурный прокат периодического или винтового профиля из стали с пределом прочности на разрыв – не менее 420 МПа, на срез – не менее 85 МПа; шаг винтовой резьбы – не более 6 мм; диаметр – не менее 16 мм;

- шайба (опорная плита): пластина плоской (при петлевом варианте оголовка) или с полусферической выштамповкой в центральной части из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа; размер – не менее 150x150 мм; толщина – не менее 4 мм; диаметр отверстия – 1,20 ÷ 1,40 диаметра штанги;

- гайка сферическая или обычная шестигранная из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа.

Прочие требования принимать согласно ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

Для закрепления анкера применяют цементно-песчаный раствор на основе цементов типов ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-Ш, ЦЕМ II/A-И, ЦЕМ II/B-Ш, ЦЕМ III/A по ГОСТ 31108-2020 класса 42,5 и песка со следующим расходом: Ц : П = от 1 : 1 до 1 : 2; В / Ц = $0,40 \pm 0,05$.

Консистенция раствора должна обеспечивать возможность транспортирования его по шлангу и исключать вытекание раствора из шпура.

В качестве заполнителя следует использовать природные и речные пески, песок из отсева дробления скальных пород с модулем крупности M^k до 2,0 (группа песка – мелкий, класс песка I или II), отвечающие требованиям ГОСТ 8736-2014 и ГОСТ 31424-2010.

Допускаются к применению готовые сухие смеси заводского изготовления.

Установка ЖБШ включает в себя: бурение шпуров на величину, больше на 10 \div 15 см активной длины анкера; приготовление закрепляющего раствора в растворосмесителе; подача раствора в шпур пневмонагнетателем из расчета полного заполнения шпура; установку штанги. Установка шайбы с расклиникой или затяжкой гайкой до плотного прижатия к массиву выполнять через сутки.

Диаметр шпура для установки ЖБШ: 28 \div 43 мм.

Установка крепи выполняется ручным методом без применения средств крупной механизации.

Несущая способность анкера: не менее 60 кН и не менее 80 кН через 24 и 48 часов после установки соответственно.

3.3.1.4 Сталеполимерная анкерная крепь

Работа сталеполимерной анкерной крепи (СПА) обеспечивается сцеплением закрепляющего полимерного (полиэфирного) состава с арматурой анкера и стенками шпура (Рисунок 3.6).

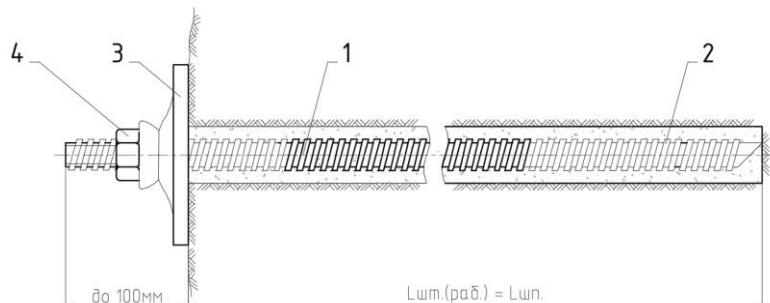


Рисунок 3.6 – Анкер сталеполимерный:

1 – арматурный стержень (штанга); 2 – полимерный состав;
3 – шайба (опорная плита); 4 – гайка опорной плиты

Комплектность сталеполимерного анкера:

- штанга: арматурный прокат винтового профиля из стали с пределом прочности на разрыв – не менее 420 МПа, на срез – не менее 85 МПа; шаг винтовой резьбы – не более 6 мм с левосторонней навивкой; диаметр – не менее 16 мм. Передний край штанги должен иметь скос под углом 45° для разрушения ампул;
- шайба (опорная плита): пластина с полусферической выштамповкой в центральной части из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа; размер – не менее 150x150 мм; толщина – не менее 4 мм; диаметр отверстия – 1,20 ÷ 1,40 диаметра штанги;
- гайка сферическая шестигранная из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа.

Прочие требования принимать согласно ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

Для закрепления анкера применяют ампулы с закрепляющим составом из смеси полиэфирной композиции и отвердителя в заданном количестве, находящиеся в изолированном состоянии в разных камерах в единой двухсекционной ампуле. Количество ампул назначать из расчета полного заполнения шпура.

При установке ампул в вертикальных шпурах следует применять удерживающие устройства – «парашюты».

Тип ампул определяется скоростью гелеобразования (временем, когда начинается химический процесс полимеризации или затвердевания полиэфирного состава) после перемешивания: «быстрая», «средняя» или «медленная» (Таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Техническая характеристика полимерных ампул

Наименование показателя	Тип ампулы		
	медленная	нормальная	быстрая
Время гелеобразования при 20°C, сек	35 ÷ 60	15 ÷ 35	10 ÷ 15
Время полного отвердения при 20°C, сек	140 ÷ 190	110 ÷ 140	40 ÷ 110

Установка СПА включает в себя: бурение шпуров на величину активной длины анкера; подготовку полимерных ампул и их установку в шпур; досылку ампул; установку арматурного стержня с последующей установкой шайбы с затяжкой гайкой до плотного прижатия к массиву (Рисунок 3.7).

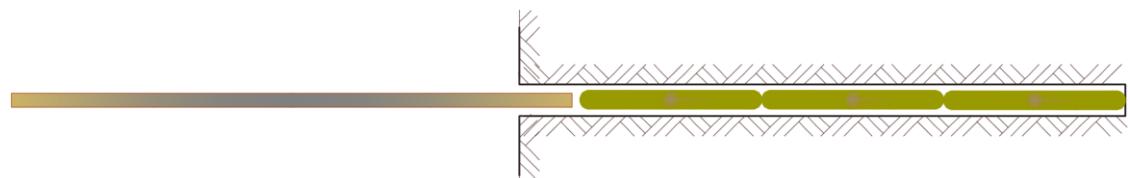
- Подготовка ампул к применению (температура содержимого ампул должна быть в пределах температуры массива):



- Установка ампул в устье шпера (вручную или пневмодосылкой анкероустановщика):



- Досылка ампул к забою шпера досылателем (при ручной установке) не допуская разрыва оболочек:

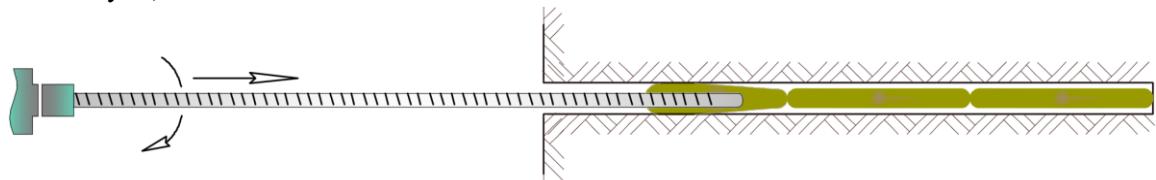


- Установка анкера:

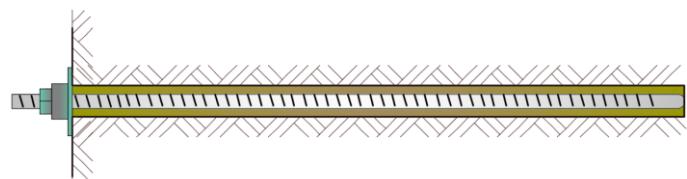
4.1 Подача штанги с обязательным вращением со скоростью $450 \div 500$ об./мин до забоя шпера в течение около пяти секунд;

4.2 Перемешивание состава в течение установленного производителем времени ($5 \div 30$ секунд);

4.3 Остановка перфоратора, удержание штанги до полного отверждения состава в течение установленного производителем времени с учетом температуры ампул и массива ($15 \div 60$ секунд):



- Установка опорной плиты (шайбы) на анкер с затяжкой гайки анкера:



- Через сутки выполняется протяжка гайки анкера

Рисунок 3.7 – Общая технологическая схема установки СПА

Установка крепи выполняется вручную с применением средств малой механизации: телескопических пневматических перфораторов или механизированным способом с использованием анкероустановщика.

Диаметр шпера для установки СПА: 28 мм; диаметр ампул: 23 \div 25 мм; диаметр штанги: 20 мм.

Несущая способность анкера: 100 кН сразу после установки.

3.3.1.5 Гидрораспорная анкерная крепь

Работа гидрораспорной анкерной крепи (ГРА) обеспечивается фиксацией штанги в шпуре за счет упругих свойств металла в результате сил трения, и которое создается вследствие предварительного гидрораспора (расширения) анкера (Рисунок 3.8).

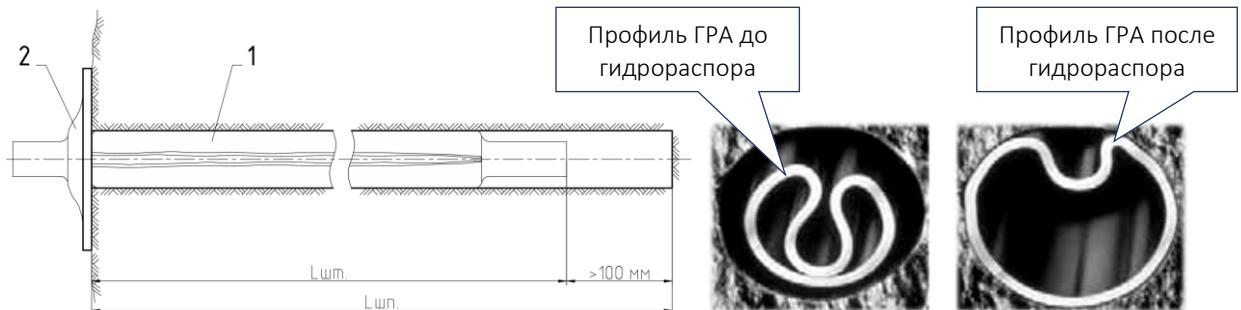


Рисунок 3.8 – Анкер гидрораспорный:
1 – трубчатая штанга; 2 – шайба (опорная плита).

Комплектность гидрораспорного анкера:

- штанга: металлический Ω -образный профиль из стали с временным сопротивлением – не менее 400 МПа; толщина профиля – не менее 2,0 мм; диаметр – 28 мм;

- шайба (опорная плита): пластина с полусферической выштамповкой в центральной части из стали не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа; размер – не менее 150x150 мм; толщина – не менее 4 мм; диаметр отверстия – 1,15 диаметра штанги;

Прочие требования принимать согласно ГОСТ 31559-2012 «Крепи анкерные. Общие технические условия».

Установка ГРА включает в себя: бурение шпуров на величину, большую на $10 \div 15$ см активной длины анкера; установку в них анкеров с комплектной шайбой до плотного прижатия шайбы к массиву; установку гидрораспорного оборудования; нагнетание воды в тело штанги (гидрораспор анкера). Гидрораспор штанги происходит нагнетаемой специальным насосом водой под давлением $270 \div 300$ бар; под действием давления профиль штанги в шпуре расправляется, образуя высокое сцепление со стенками шпура.

Диаметр шпура для установки ГРА: $38 \div 41$ мм.

Установка крепи выполняется ручным методом с применением специального установочного оборудования и насоса (Рисунок 3.9) или механизированным способом с использованием анкероустановщика.

Несущая способность анкера: 90 кН сразу после установки.

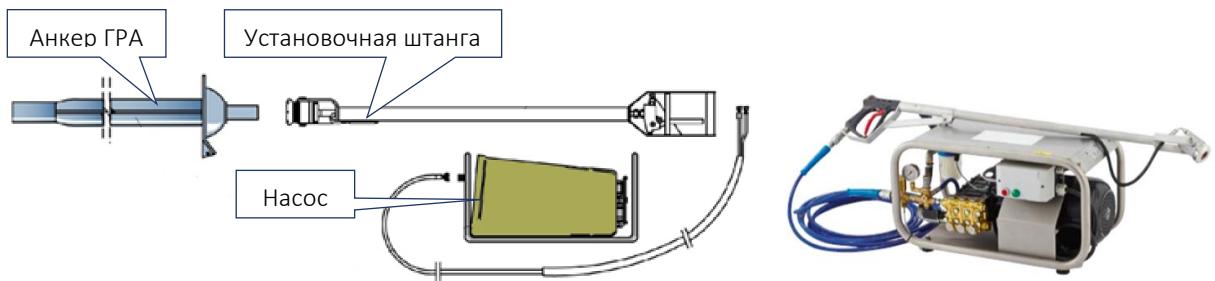


Рисунок 3.9 – Оборудование для установки ГРА

3.3.1.6 Опорные элементы и подхваты анкерной крепи, материалы для затяжки обнажения

В качестве опорных элементов анкерной крепи для передачи нагрузки от анкера на окружающий массив, использовать шайбы (опорные плиты) квадратной формы с полусферической выштамповкой в центральной части (Рисунок 3.10).

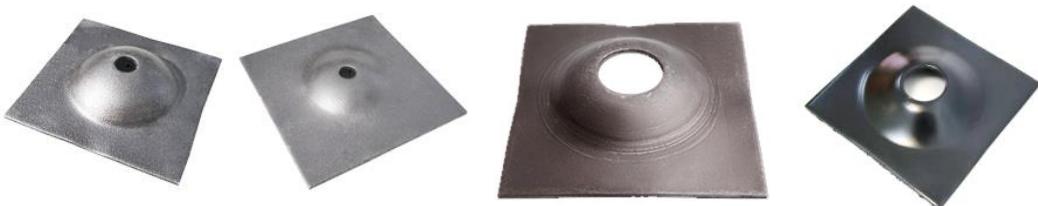


Рисунок 3.10 – Шайба анкерной крепи

Типоразмерами опорной плиты в выделенных классах устойчивости приняты 150x150 мм и 200x200 мм, толщина – не менее 4 мм. Сталь шайбы: не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа. Диаметр отверстия – 1,20 ÷ 1,40 диаметра штанги при применении СМА, СПА или ЖБШ; 1,15 диаметра штанги при применении ФА или ГРА.

Подхваты – дополнительные элементы усиления анкерной крепи, служащие для равномерного распределения нагрузки со стороны массива на несколько анкеров или целый ряд. В рудной зоне («б» и «7» классы устойчивости), где отмечается влияние технологического фактора от ведения взрывных работ с разуплотнением массива и интенсивным заколообразованием, в качестве усиления крепи использовать канатные подхваты (Рисунок 3.11 а). Преимуществом таких подхватов является возможность свободного перемещения опорных плит вдоль троса, что исключает необходимость точной установки анкеров по отверстиям подхвата или их рассверловка «по месту», а также высокая податливость конструкции.

Подхваты следует устанавливать на ряд анкеров (поперек выработки); в качестве усиления крепи в процессе эксплуатации, дополнительно вдоль выработки по кровле монтируются штрипсы (Рисунок 3.11 б). Допустимо применять металлопрокат (полосы, швеллеры, профиль СВП и др.).

Материал подхватов: сталь не ниже Ст3сп и Ст5сп с пределом прочности на разрыв – не менее 370 МПа, на изгиб – не менее 220 МПа.

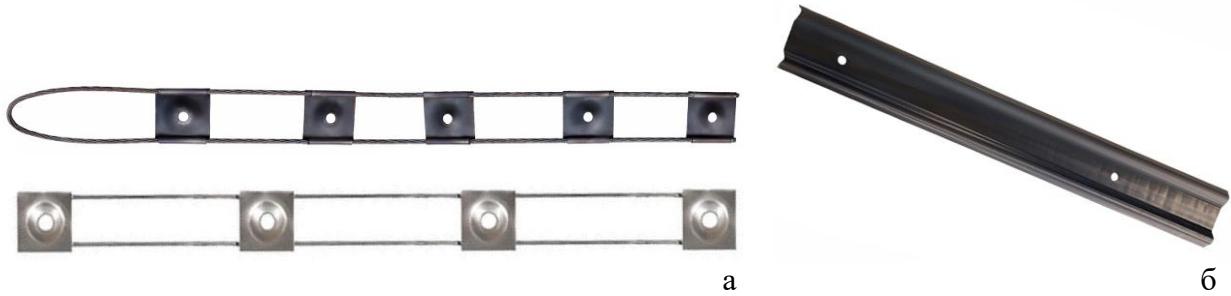


Рисунок 3.11 – Применяемые виды подхватов:
а) канатный подхват; б) кровельная планка (штрипс)

Для затяжки обнажения применяют стальные сетки и армокаркасы. Главная задача затяжки – предотвращение отслоений и вывалов кусков породы в выработку за счет создания опорной нагрузки. Сетки дополнительно связывают все анкеры в единую систему и равномерно распределяют на них нагрузку от массива; армокаркасы препятствуют отслоениям породы только на ограниченном участке возле анкера. Армокаркас по своей конструкции является сборной из предварительно деформированных прутков арматуры, сеткой малого размера, закрепляемой только на одном анкере.

В качестве затяжки (Рисунок 3.11) в выделенных классах устойчивости использовать:

- сетки металлические проволочные (рулонные или плоские) по ГОСТ 2715-75, ГОСТ 5336-80, ГОСТ Р 71261-2024, ГОСТ 23279-2012: плетеные или сварные с ячейй до 100 x 100 мм и с диаметром проволоки 4 ÷ 6 мм. Такие сетки могут применяться, изготовленные как из термически обработанной проволоки, что позволяет выполнить качественное прижатие ко всему контуру массива; так и из необработанной, более жесткой. Материал металлических сеток: проволока низкоуглеродистая для сеток (ТУ 14-4-1563-89); арматурная проволока класса Вр-I (ГОСТ 6727), арматура классов Вр500 и В500С (ГОСТ Р 52544);

- армокаркасы с диаметром прутков не менее 12 мм и ячейй не более 200 x 200 мм. Особенность применения армокаркасов определена ее конструкцией: по существу, каркас является комбинацией затяжки и опорного элемента анкера; перетяжка обнажения массива выполняется отдельными конструкциями (анкер с армокаркасом) без связывания элементов крепления в единую конструкцию. Материал армокаркасов: холоднокатаная арматура классов А500С, В500С или аналогичных классов по механическим свойствам.

Полимерные сетки по ГОСТ Р 55732-2013 могут быть допущены к применению по результатам промышленных испытаний. Из факторов, ограничивающих их возможное применение, отмечаются низкая устойчивость на срез (от остроугольных породных блоков

или стальных опорных плит) и увеличенное провисание за счет отсутствия жесткости (необходимость дополнительных подхватов).

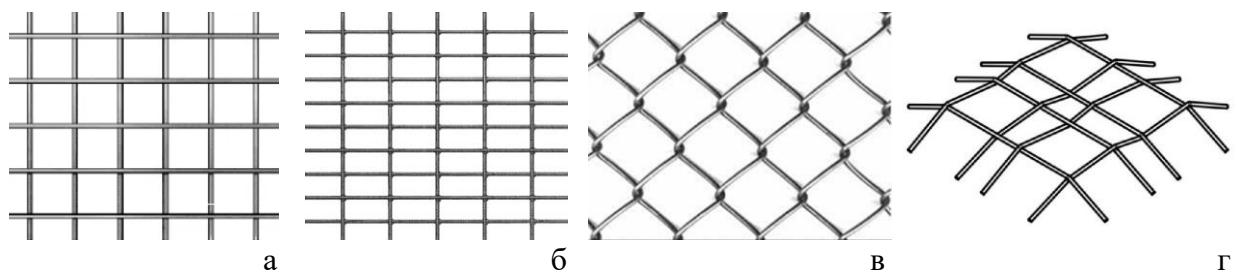


Рисунок 3.12 – Применяемые виды затяжки:

- а) сетка сварная с квадратными ячейками канатный подхват; б) сетка сварная с прямоугольными ячейками; в) сетка плетеная одинарная с квадратными ячейками из плоских спиралей; г) армокаркас

Навеску сетки для затяжки обнажения выполнять в соответствии с допустимым отставанием от забоя (п. 3.2, Таблица 3.8). Для фиксации сетки использовать следующие шайбы:

- второй комплект опорной плиты с гайкой. Ограничением использования является возможное неплотное прижатие сетки из-за упора второй плиты в гайку, а также невозможность в некоторых случаях затяжки гайки из-за деформации резьбы;

- экспресс-шайбы, представляющие собой облегченные плиты специальной формы. Гайка может быть отдельной, так и приваренной к шайбе. Ограничением использования также является невозможность в некоторых случаях затяжки гайки из-за деформации резьбы (Рисунок 3.14);

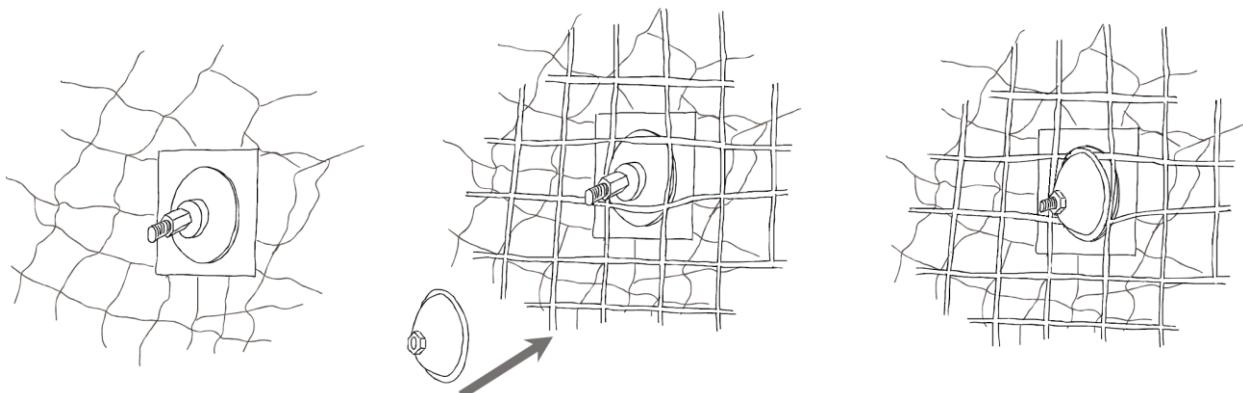


Рисунок 3.13 – Использование экспресс-шайбы для фиксации сетки

- шайбы со специальным отгибом, представляющие собой единые опорные плиты увеличенного размера с конструктивной возможностью фиксации навешиваемой сетки арматурным прижимом и клином (Рисунок 3.14).

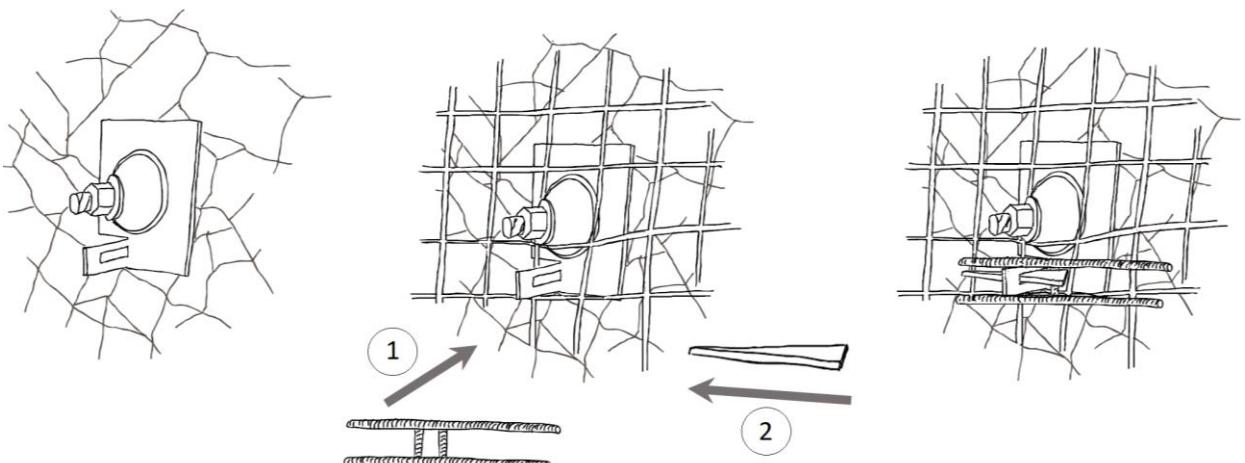


Рисунок 3.14 – Использование шайбы с отгибом и арматурным прижимом для фиксации сетки

Допустимы к применению иные конструкции шайб, обеспечивающие достаточное прижатие сетки к массиву.

- монтаж армокаркаса для затяжки обнажения выполнять одновременно с установкой анкерной крепи ФА (Рисунок 3.15).

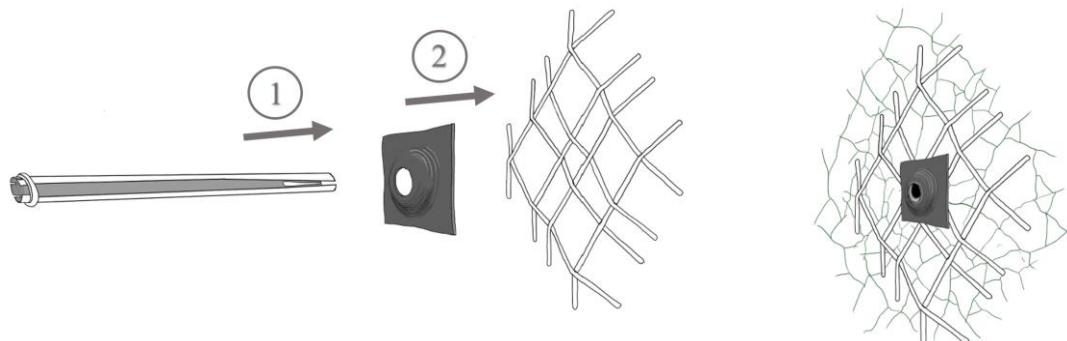


Рисунок 3.15 – Схема установка анкерной крепи ФА с армокаркасом

3.3.2 Набрызгбетонная (торкретбетонная) крепь

Набрызгбетонная (торкретбетонная) крепь представляет собой бетонную оболочку толщиной слоя два и более сантиметров, в целом повторяющую своей формой очертание контура горной выработки (Рисунок 3.16).

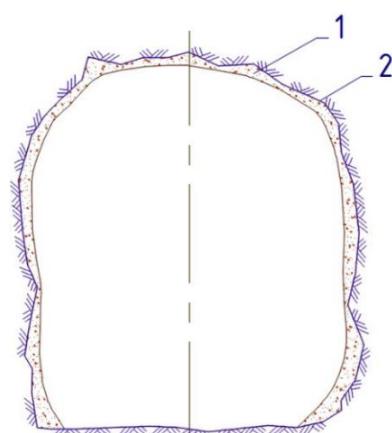


Рисунок 3.16 – Набрызгбетонная крепь:
1 – набрызгбетон; 2 – контур выработки

Набрызгбетоном обозначают вид крепи, получаемый торкретированием бетонной смеси, изготавливаемой на предприятии; торкретбетоном – заводского производства (готовая сухая смесь).

3.3.2.1 Состав набрызгбетонной (торкретбетонной) смеси

В состав сухой смеси для набрызгбетона входят: цемент (вяжущий состав), песок (заполнитель).

В качестве вяжущего применять цементы: ЦЕМ I, ЦЕМ II/A-Ш, ЦЕМ II/A-И, ЦЕМ II/B-Ш, ЦЕМ III/A по ГОСТ 31108-2020.

В качестве заполнителя применять:

- песок по ГОСТ 8736-2014 (распространяется на природные пески и смеси природных песков и песков из отсевов дробления) – группа: «повышенной крупности», класс: «I» или «II»;

- песок из отсевов дробления горных пород по ГОСТ 31424-2010 (распространяется на строительные нерудные материалы из отсевов дробления, получаемые при производстве щебня из плотных скальных горных пород, гравия и валунов) – группа: «повышенной крупности» или «очень крупный», класс: «I» или «II».

Влажность заполнителя должна находиться в пределах 4 ÷ 7 %.

Расход компонентов набрызгбетонной смеси принимать по объемно-весовому методу (Таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Состав набрызгбетона

Наименование	Количество	Описание
Цемент ГОСТ 31108-2020	1 часть	Тип: портландцемент ЦЕМ I, ЦЕМ III/A; шлакопортландцемент ЦЕМ II/A-Ш, ЦЕМ II/B-Ш; портландцемент с известняком ЦЕМ II/A-И Класс прочности: 42,5Н
Песок природный; смесь природного песка и песка из отсевов дробления (ГОСТ 8736-2014) или Песок из отсевов дробления горных пород (ГОСТ 31424-2010)	2 части	группа: «повышенной крупности», класс: «I» или «II» группа: «повышенной крупности» или «очень крупный», класс: «I» или «II».
Примечания:		
1. В расчете на 1,0 м ³ бетона: цемент – 530 кг/м ³ ; песок – 1530 кг/м ³ ; вода (расчетная) – 210 л (В/Ц = 0,40); 2. Расчетная плотность смеси: 2300 кг/м ³ ; 3. Время транспортировки и использования сухой смеси после ее изготовления – не более трех часов.		

При необходимости, подбор иного состава смеси осуществляется лабораторией, входящей в состав предприятия или сторонней организацией, имеющей соответствующий персонал и оборудование (заключение о состоянии измерений или аккредитацию).

Применяемый состав набрызгбетона (торкретбетона) должен обеспечивать прочность на одноосное сжатие в возрасте 28 суток не менее 30 МПа (класс бетона В22,5).

Вода для затворения набрызгбетонной смеси должна соответствовать ГОСТ 23732-2011 и не должна содержать примесей в количествах, нарушающих сроки схватывания и затвердения цементного теста (Таблица 3.14). Водородный показатель *pH* воды затворения должен быть не менее 4 и не более 12,5.

Таблица 3.14 – Допустимое содержание примесей в воде

Наименование примеси	Максимальное допустимое содержание, мг/л
Растворимые соли	10000
Ионы SO_4^{2-}	2700
Ионы Cl^-	4500
Взвешенные частицы	300

Содержание воды в смеси выражается водоцементным отношением – В/Ц, максимальное значение которого не должно превышать 0,45. Количество воды в смеси оказывает ключевое значение на прочностные характеристики – чем ниже В/Ц, тем выше итоговая прочность набрызгбетона (торкретбетона).

Состав готовых сухих смесей заводского изготовления представляет собой строго подобранную рецептуру фракционного заполнителя, цемента и химических добавок.

Приготовление набрызгбетонной смеси производить на поверхности с последующей ее транспортировкой в вагоне к месту производства работ, либо непосредственно на месте торкретирования. Дозирование компонентов выполнять объемно-весовым методом с обязательным предварительным перемешиванием смеси механизированным способом с применением общестроительных миксеров или установок для сухого торкретирования (пневмонагнетателей), совмещенных с миксером. Сухие торкретсмеси заводского изготовления готовы к применению и не требуют дополнительного перемешивания.

3.3.2.2 Возведение набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи

Возведение набрызгбетонной крепи производится торкретированием сухим способом. В состав работ входят следующие основные операции: дозировка цемента и песка; приготовление сухой смеси (перемешивание); загрузка торкретмашины сухой смесью; нанесение набрызгбетона на контур выработки. При торкретировании готовой сухой смесью дозирование компонентов и перемешивание не производится.

Сухой способ торкетирования (Рисунок 3.17) предусматривает подачу сжатым воздухом на сопло сухой смеси цемента с наполнителями и по отдельному шлангу воды под давлением.

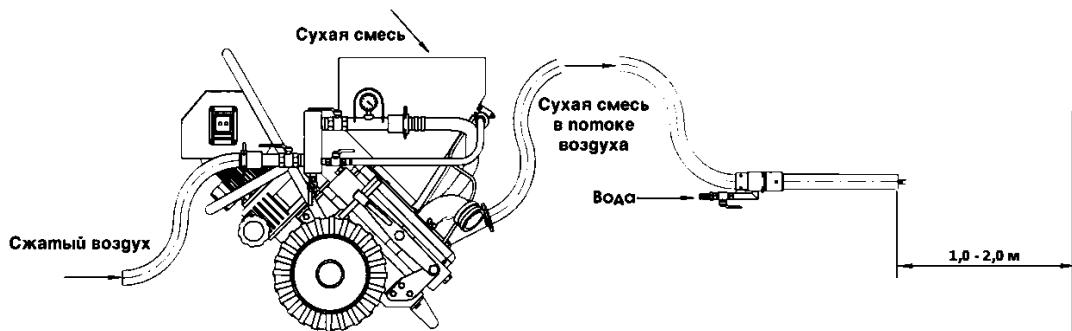
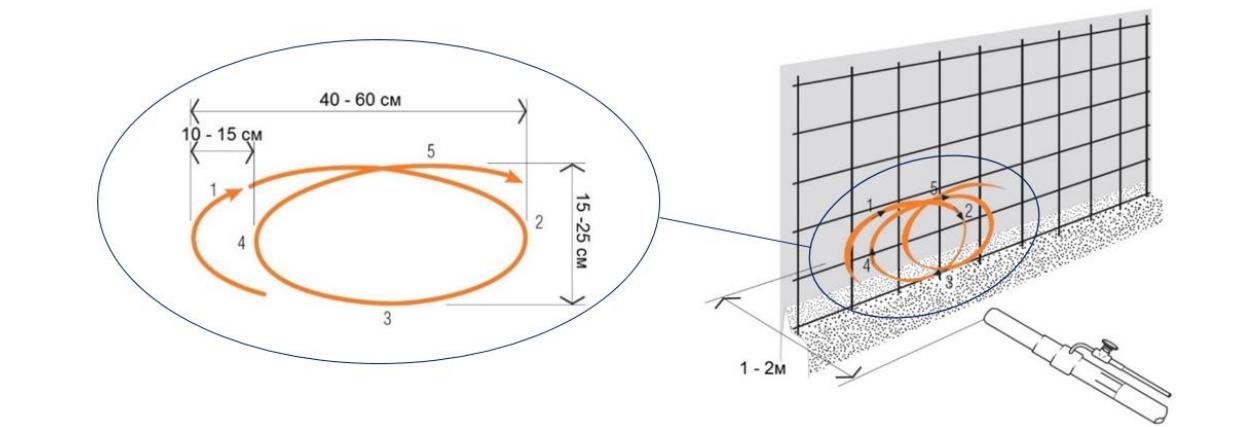


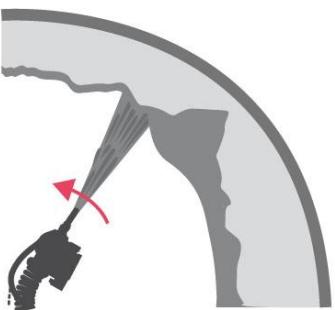
Рисунок 3.17 – Схема сухого способа торкетирования

Смешивание смеси и воды происходит непосредственно в сопле, а оптимальная подвижность набрызгбетона (торкетбетона) регулируется краном подачи воды непосредственно при торкетировании.

Схема торкетирования заключается в следующем:

- | | |
|---|---|
| | <p>1. Подготовить поверхность перед торкетированием орошением водой</p> |
| | <p>2. Торкетировать с соблюдением следующих условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сохранение оптимального расстояния от сопла до контура 1 ÷ 2 м; - сохранение угла факела торкетсмеси 70 ÷ 90 градусов к контуру |
| <p>2. Торкетировать круговыми движениями по спирали равномерно по всей поверхности, начиная с боков выработки, поднимаясь на кровлю</p> | |





3. Торкретировать методом сглаживания контура горной выработки, т.е. наибольшая толщина приходится на углубления, меньшая – на выступы. При этом выполняется укрытие армокаркаса (сетки) таким образом, чтобы слой бетона полностью покрывал арматуру армокаркаса или проволоку сетки без существенного защитного слоя (контур и очертание затяжки визуально различимы)

Потери (отскок) смеси принимать: не более 20 % при торкретировании набрызгбетонной смесью; не более 10 % при применении готовой сухой смеси.

3.3.3 Комбинированные крепи

Комбинированная крепь представляет собой сочетание двух или трех видов крепи: анкерной, сетки (армокаркасов) или подхватов и набрызгбетона (торкретбетона):

- анкерная крепь в сочетании с сеткой, армокаркасами или подхватами (АКК);
- анкерная крепь с набрызгбетоном (торкретбетоном), нанесенным по сетке или армокаркасу (УКК).

В составе комбинированной крепи каждый из элементов выполняет свои функции, но вместе они представляют единую конструкцию:

- анкеры, скрепляя структурные блоки или слои пород, увеличивают устойчивость обнажений горных пород;
- сетки или армокаркасы предотвращают отслоения между анкерами;
- слой набрызгбетона (торкретбетона), обеспечивает полный контакт крепи с контуром выработки, поддерживает приконтуальный массив приложением к нему опорной нагрузки в результате его деформации.

Конструкция и характеристики анкерных крепей приведены в разделе 3.3.1, характеристики материалов для затяжки обнажения – в разделе 3.3.1.6; характеристика набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи – в разделе 3.3.2.

3.3.4 Металлическая податливая рамная крепь

Металлическая податливая рамная крепь (КМП) представляет собой систему крепежных рам (арок) из спецпрофиля СВП (Рисунок 3.18). Работа в податливом режиме обеспечивается приложением к контуру выработки опорной нагрузки рам через забутовочный материал и рас clinку замков податливости.

Рама КМП выполняется из специального взаимозаменяемого желобчатого шахтного профиля проката СВП по ГОСТ 18662-2023 пяти типоразмеров: 17, 19, 22, 27 и 33. Допустимы к применению рамы из специального взаимозаменяемого гнутого профиля

проката СВГП и специального взаимозаменяемого унифицированного профиля проката СВПУ в соответствии с ГОСТ 31560-2024: СВГП18, СВГП22 и СВПУ22.

Материал спецпрофиля СВП – стали с временными сопротивлением – не менее 490 МПа; пределом текучести – не менее 290 МПа; относительным удлинением – не менее 19 %. Материал спецпрофиля СВГП – стали с временными сопротивлением – не менее 490 МПа; пределом текучести – не менее 345 МПа; относительным удлинением – не менее 21 %.

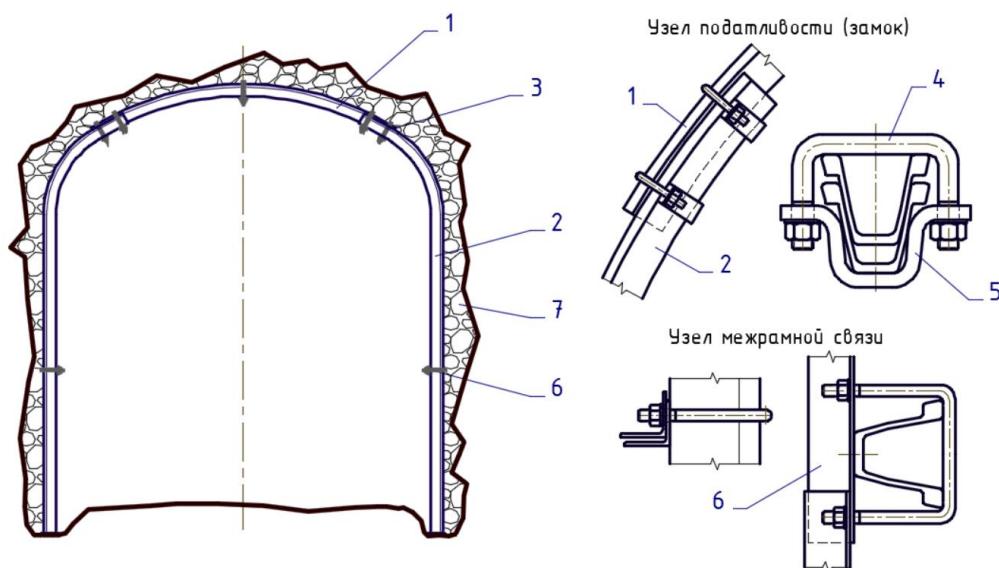


Рисунок 3.18 – Металлическая рамная податливая крепь:

1 – верхняк; 2 – стойка; 3 – замок; 4 – скоба; 5 – планка; 6 – стяжка; 7 – затяжка/забутовка

Элементы рамы соединяются с помощью замков. Замок состоит из скобы, планки, хомутов и гаек. В зависимости от конфигурации и способа установки рамы, планки могут быть фигурными, выштампованными из полосы толщиной 12 \div 16 мм, или прямыми, изготовленными из боковины профиля СВП или из полосы 18x160x60 мм. Применяются замки с рабочим сопротивлением 170 \div 230 кН с одной, двумя и тремя планками. Каждый замок после монтажа рамы должен быть расклинен деревянными клиньями. Назначение расклинивания заключается в фиксации рамы в ее проектном положении, обеспечении работы узлов податливости в заданном режиме и создании опорной нагрузки.

Рамы между собой соединяются стяжками (связями), установленными на верхняках со стороны кровли по центру выработки и на стойках вдоль средней части боковых элементов крепи. Сортамент межрамных стяжек: уголок 63x63x5 мм; 63x63x6 мм; швеллер 6,5; гнутый уголок 80x80x5 мм; гнутый уголок 100x100x4 мм. Длина стяжек подбирается в зависимости от расстояния между рамами и способа крепления к стойке крепи, который может быть выполнен с помощью хомута или специальных болтов.

Материал межрамных стяжек, скобы и планки замка – сталь марок Ст5сп и Ст5пс и другие стали с временным сопротивлением – не менее 380 МПа; пределом текучести – не менее 240 МПа; относительным удлинением – не менее 25 %.

По внешнему контуру рам укладываются межрамные ограждения (затяжка): сварные металлические сетки по ГОСТ 23279-2012 с ячейй 100x100 мм и диаметром 10 ÷ 16 мм, древесину хвойных пород (доска, однорез, тонкомер). Допускается применение специальных шахтных полимерных сеток.

Рекомендуемые конструкции замков, межрамных связей и затяжек приводятся в «Руководстве по применению типовых сечений горных выработок...» [5].

Забутовку зарамного пространства выполнять мелкой породой или пиломатериалами с обеспечением плотного контакта между рамой и породным контуром. Конструктивная роль забутовки заключается в создании отпора со стороны горных пород и равномерном распределении нагрузки на раму. При этом, степень жесткости крепи определяется свойствами забутовочного материала: наиболее жесткая конструкция КМП – при забутовке породой, более податливая с забутовкой пиломатериалами.

Основными показателями работы КМП является величина конструктивной податливости и несущая способность рамы в податливом и жестком режимах (Таблица 3.15). Податливость крепи достигается за счет скольжения концов звеньев рамы в местах соединения друг к другу, что обеспечивает снижение нагрузок на крепь. Трехзвенная крепь обеспечивает вертикальную податливость до 350 мм; пятизвенная – до 1000 мм.

Таблица 3.15 – Несущая способность рамы КМП

Номер профиля	При работе крепи в податливом режиме, кН	При работе крепи в жестком режиме (после исчерпания податливости), кН
СВП17	140 ÷ 150	300
СВП19	160 ÷ 170	360
СВП22/СВГП18	180 ÷ 190	
СВП27/СВГП22	200 ÷ 220	450
СВП33	230 ÷ 250	560

Общая схема возведения крепи КМП заключается в следующем:

- устанавливаются стойки и скрепляются двумя рамными стяжками с ранее установленной рамой;
- устанавливают верхняк и соединяют его со стойками замками хомутами;
- устанавливают к верхняку рамную стяжку с ранее установленной рамой;
- производят расклинку рамы в замках;
- производят затяжку межрамного пространства;

- выполняют забутовку зарамного пространства.

При проведении выработки с креплением крепью КМП в качестве временного крепления следует применять систему консольной выдвижной крепи, которая может применяться как изготовленная по соответствующим чертежам непосредственно на руднике, так и заводского производства. Временная крепь рудничного изготовления (Рисунок 3.19), представляет собой ограждающую конструкцию и состоит из консольных металлических балок, расположенных под кровлей выработки и опирающегося на них предохранительного перекрытия в виде настила из деревянных распилов, стальных арматурных сеток, металлических листов или верхняков с затяжками (в последующем используемых как элементы постоянной крепи).

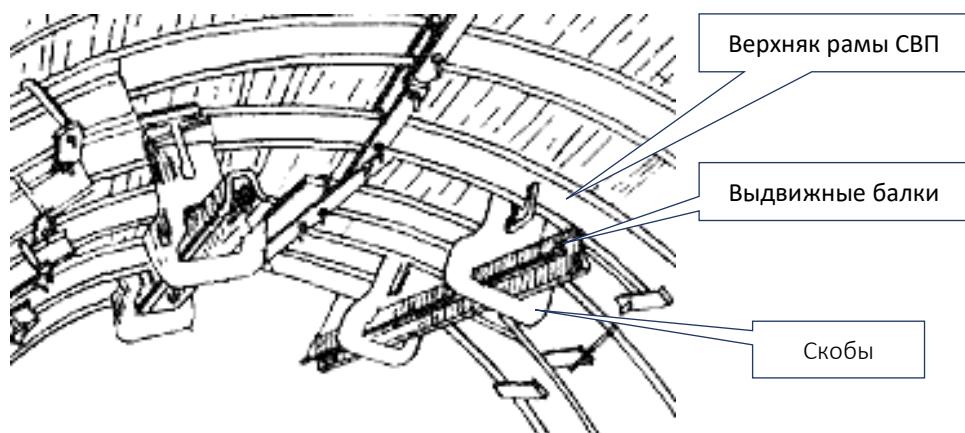


Рисунок 3.19 – Устройство временной выдвижной крепи

Консольные балки (из профиля СВП или рельс) свободно подвешиваются на скобах к верхнякам установленной постоянной крепи. Применяемые конструкции скоб (Рисунок 3.20) позволяют легко передвигать балки с перекрытием вслед за забоем выработки, а также выполнять их быстрый демонтаж на время проведения взрывных работ.

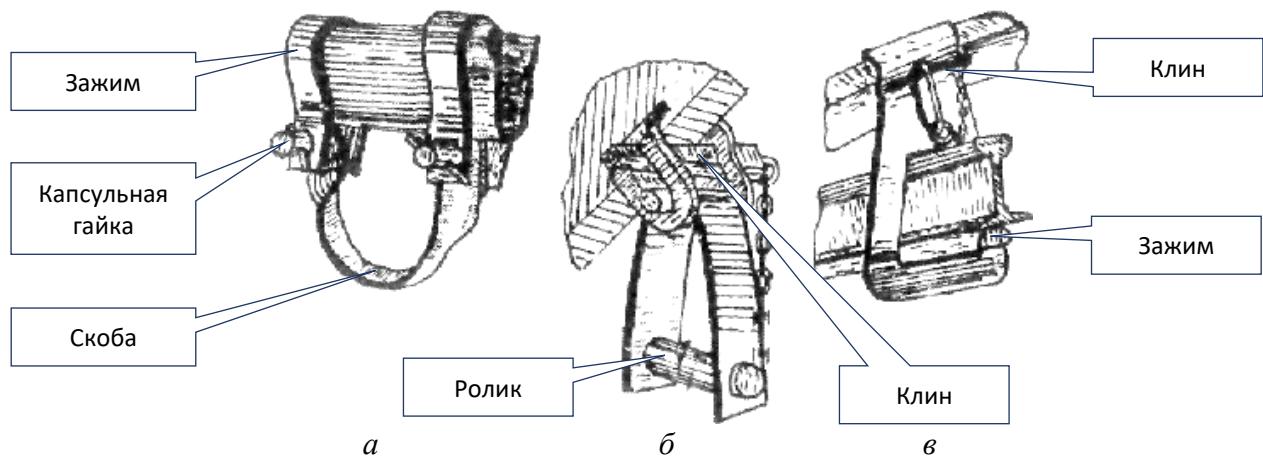


Рисунок 3.20 – Применяемые конструкции скоб выдвижной крепи:

- а – с фигурными зажимами, закрепляемыми болтами с капсулльными гайками;
- б – с зажимным клином и роликом для передвижки консольной балки;
- в – из фасонной стали, выполненных заодно с зажимом и закрепляющим клином

Наиболее простой конструкцией скобы является выполненная из элементов замка рамной крепи СВП – хомутов и планки (Рисунок 3.21).

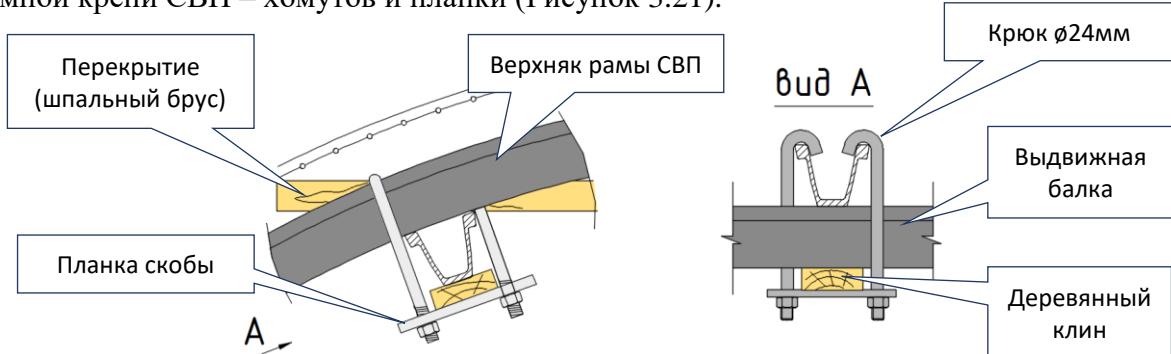


Рисунок 3.21 – Скоба временной выдвижной крепи

Консольная выдвижная крепь заводского производства (Рисунок 3.22) представляет готовое комплексное решение обеспечения безопасности производства работ.

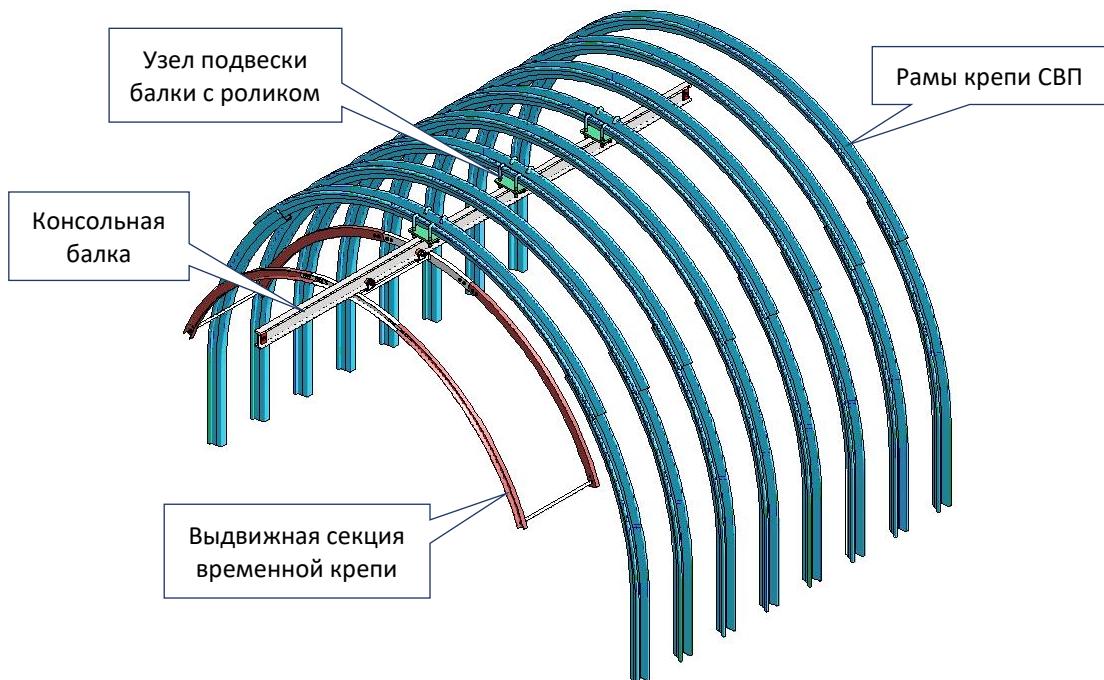


Рисунок 3.22 – Устройство временной выдвижной крепи с роликовой консольной балкой

Выдвижная секция временной крепи представляет собой сборную модульную конструкцию из верхняка и двух полуарок, в защитном положении перекрывающих весь периметр кровли выработки (Рисунок 3.23). Секция может быть различной ширины, подвешивается на двух роликах к консольной балке и легко перемещается вслед за забоем. Предохранительное перекрытие секции выполняется из деревянных распилов, стальных арматурных сеток или металлических листов.

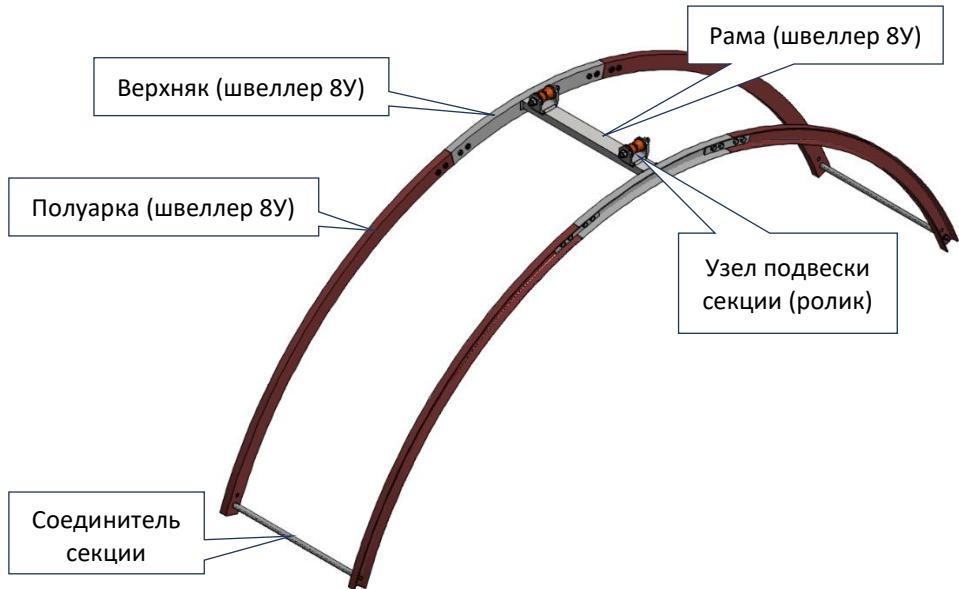
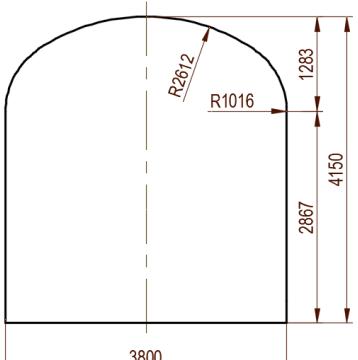
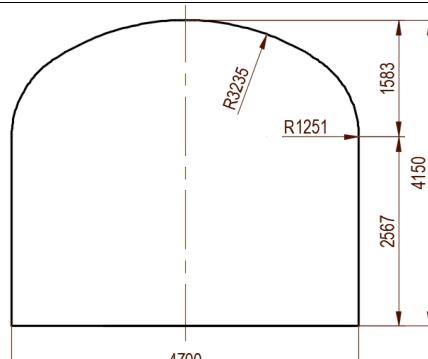
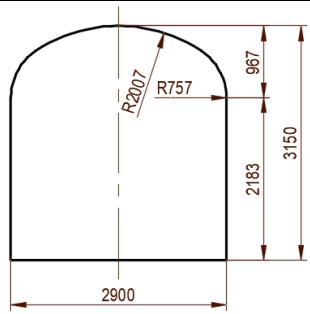
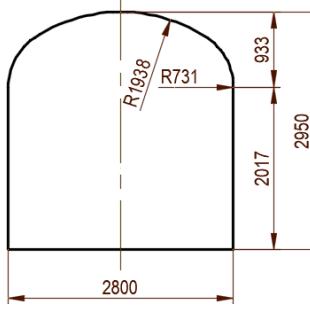


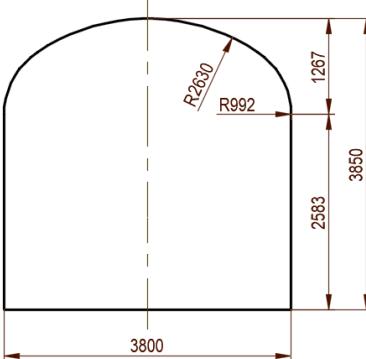
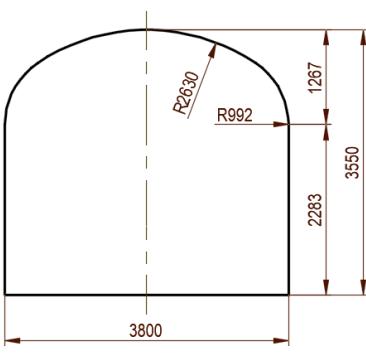
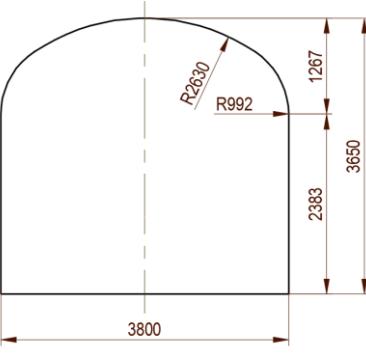
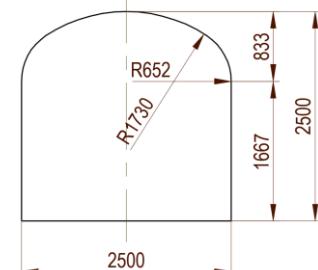
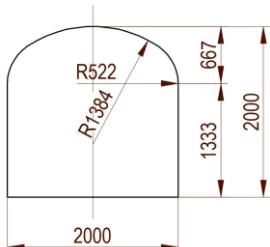
Рисунок 3.23 – Устройство секции выдвижной крепи

4 Составление паспортов крепления

В результате расчета и определения параметров крепления, составлен «Альбом типовых паспортов крепления» на основе перечня сечений горных выработок, применяемых на руднике с учетом выявленных технологических факторов (Таблица 4.1, Таблица 4.2). «Альбом...» является приложением к «Положению...».

Таблица 4.1 – Типовые сечения горных выработок на Урупском подземном руднике

Сечение выработки	Площадь сечения вчерне, м ²	Наименование выработки	Геологический класс устойчивости
	14,7	Полевой штрек, автотранспортный уклон (ДСО)	1 ÷ 4; 5, 6
	17,9	Полевой штрек, автотранспортный уклон (ДСО) (на закруглении)	1 ÷ 4; 5, 6
	8,5	Полевой штрек, блоковый квершлаг (ж/д)	1 ÷ 4; 5, 6
	7,7	Блоковый квершлаг (ж/д)	1 ÷ 4; 5, 6

Сечение выработки	Площадь сечения вчерне, м ²	Наименование выработки	Геологический класс устойчивости
	13,6	Подэтажный штрек, заезд на подэтаж	1 ÷ 4; 5, 6
	12,5	Заезд к рудному телу	1 ÷ 4; 5, 6
	12,8	Заезд к рудному телу, автотранспортный съезд на подэтаже (в пределах блока)	1 ÷ 4; 5, 6
	5,8	Штрек подсечки, буровой восстающий	1 ÷ 4; 5, 6
	3,7	Выработка скреперования	1 ÷ 4; 5, 6

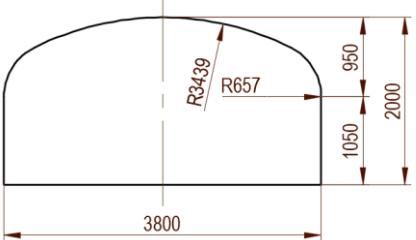
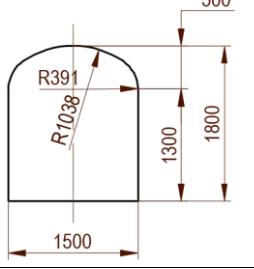
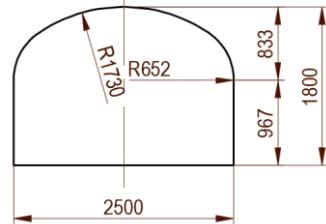
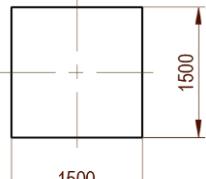
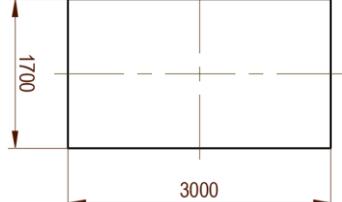
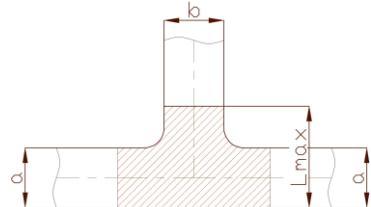
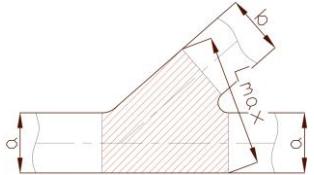
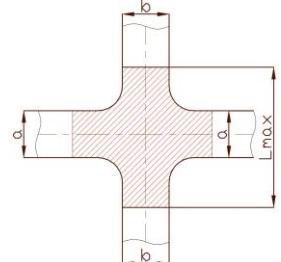
Сечение выработки	Площадь сечения вчерне, м ²	Наименование выработки	Геологический класс устойчивости
	6,9	Ниша лебедки ЛС55	1 ÷ 4; 5, 6
	2,5	Ниша выпускной дучки	2 ÷ 4; 5, 6
	4,1	Блоковый MXB	1 ÷ 4; 5, 6
	2,25	Рудоспуск, дучка	1, 2, 4; 5, 6
	5,1	MXB	1, 2, 4; 5, 6

Таблица 4.2 – Типовые сопряжения горных выработок на Урупском подземном руднике

Схема сопряжения	Тип	Наименование сопрягаемых выработок	Ширина сопрягаемых выработок, м	Максимальный пролет сопряжения L_{max} , м	Геологический класс устойчивости	Влияющие на устойчивость технологические факторы
	T-1	Панельный штрек – орт-заезд	a = 3,8 b = 3,8	7,6	1, 2	Г
	T-2	Скреперный штрек (орт) – вентиляционно-ходовая сбойка	a = 2,0 b = 2,0	4,0	2, 3, 4, 5, 6	A, Б, В, Г
	T-3	Скреперный штрек (орт) – ниша дучки	a = 2,0 b = 1,5	2,7	2, 4, 5, 6	A, Б, В, Г
	T-4	Автотранспортный уклон – съезд на подэтаж	a = 3,8 b = 3,8	7,6	1, 2	Г
	Y-1	Полевой штрек (ж/д) – квершлаг (ж/д)	a = 2,9 b = 2,9	7,0	1, 2	Г
	X-1	Орт подсечки (подсечная выработка) – отрезной штрек	a = 2,5 b = 2,5	5,0	2, 3, 4, 5, 6	A, Б, В, Г
	X-2	Орт-заезд – вентиляционно-ходовая сбойка	a = 3,8 b = 3,8	7,6	1, 2, 3, 4	А, Б, Г

Паспорт крепления для конкретной выработки разрабатывается на основании данного альбома с учетом определенных горно-геологических условий.

Паспорт крепления (ПК) состоит из графического материала и пояснительной записи.

Графический материал должен содержать:

- план участка расположения проводимой выработки и ее сопряжений, поперечный и продольный разрезы с необходимой геологической характеристикой горного массива;
- геометрические параметры сечения горной выработки;
- конструкция, детали и размеры постоянной и временной крепи;
- отставание крепи от забоя;
- суточный график организации работ в забое, в котором должны быть показаны последовательность (непрерывность, цикличность) и продолжительность производственных процессов и возведения временного и постоянного крепления;
- схемы транспортирования горной массы, вентиляции, водоотведения и инженерных коммуникаций;

Пояснительная записка должна включать:

- горно-геологическую характеристику горного массива;
- обоснование способов крепления, вида и конструкции крепи;
- определение средств механизации по установке крепи;
- расчет потребности крепежных материалов.

Паспорт крепления разрабатывается (составляется) начальником производственного участка при взаимодействии с ответственными инженерно-техническими работниками геологической службы рудника в следующей последовательности:

а) начальник участка (заместитель начальника) в соответствии с планом горных работ предоставляет в геологический отдел перечень планируемых к проходке горных выработок на следующий календарный месяц;

б) участковый геолог по разработанной номограмме определяет прогнозный геологический класс устойчивости; на соответствующем листе паспорта представляет геологическую характеристику участка выработки с указанием необходимых для практического применения сведений. Полученные данные передаются начальнику производственного участка;

в) начальник участка (заместитель начальника), используя «Альбом типовых паспортов крепления» разрабатывает паспорт на проводимую выработку: формирует пояснительную записку и графический материал по конструкции и параметрам крепи, расчету потребности в крепежных материалах, средств установки крепи, способа крепления

и последовательности производства работ с составлением суточного графика организации работ в забое. Дополнительно разрабатывается схема транспортирования горной массы, вентиляции, водоотведения и размещения инженерных коммуникаций.

Паспорт крепления утверждается техническим руководителем рудника.

Шаблон паспорта крепления, отвечающий требованиям «Правил безопасности при ведении горных работ...» [1], представлен в ПРИЛОЖЕНИИ А.

5 Меры безопасности при креплении горных выработок

Способы и меры по безопасному производству технологических операций при креплении горных выработок определяются в регламенте технологического производственного процесса «Проходка горизонтальных и наклонных горных выработок» в соответствии с п. 26 «Правил безопасности при ведении горных работ...» [1].

К выполнению работ по креплению горных выработок допускаются рабочие, имеющие квалификационное удостоверение по профессии «крепильщик», «проходчик». Крепление выработок производится звеном крепильщиков (проходчиков) из двух человек, один из которых назначается старшим.

Крепильщик (проходчик) должен знать требования регламента технологического производственного процесса «Проходка горизонтальных и наклонных горных выработок» и инструкции по охране труда; понимать смысл назначения и принципа работы всех применяемых крепей, технически правильного и безопасного крепления горных выработок.

Исполнители работ по креплению при обнаружении изменений в состоянии устойчивости выработки, для ликвидации которых должны приниматься оперативные меры, обязаны известить об этом горный надзор участка.

6 Мониторинг состояния крепления

6.1 Общие положения

Мониторинг – это постоянные наблюдения с целью получения данных о работе применяемых типов и параметров крепления в различных геологических классах устойчивости горного массива; постоянной проверки качества используемых для крепления материалов, технологии установки крепи; общего состояния выработок. Мониторинг горных выработок производить в соответствии с п. 107 «Правил безопасности при ведении горных работ...» [1].

Особенно важной является информация о потере устойчивости горной выработки. Разрушение горной выработки может происходить по следующим причинам:

- 1) Ошибочное проектирование крепления – определенные в типовом паспорте тип и параметры крепления не обеспечивают сохранение устойчивости горной выработки;
- 2) Некорректное определение горно-геологических условий – на стадии составления паспорта крепления участковый геолог неправильно определяет геологический класс устойчивости массива;
- 3) Несоответствие материалов для крепления заявленным техническим характеристикам;
- 4) Нарушения технологии установки крепи.

Выявленная в ходе мониторинга потеря устойчивости горной выработки или отдельных элементов крепления, подлежит фиксации в «Журнале осмотра крепи и состояния горных выработок» (ПРИЛОЖЕНИЕ Г).

Если в результате наблюдений систематически выявляется, что потеря устойчивости горной выработки происходит по какой-либо из перечисленных причин, требуется проведение следующих корректирующих действий соответственно:

- 1) Главный инженер рудника направляет в АО «Уралмеханобр» письмо с запросом о необходимости внесения соответствующих корректировок в «Положение...» или «Альбом...»;
- 2) Главный геолог рудника организует обучение участковых геологов по прогнозу геологических условий для проходки горных выработок, на котором важно уделять особое внимание закономерностям изменения геологических условий при проходке горных выработок различного назначения;
- 3) Партия материалов для крепления, имеющая несоответствие технических характеристик заявленным в паспорте, запрещается к дальнейшему применению; выставляется претензия к производителю (поставщику);

4) Начальник производственного участка выявляет причины систематического нарушения технологии установки крепи, а главный инженер рудника определяет мероприятия по их устранению, в том числе месячный график перекрепления и приведения выработок в безопасное состояние.

Если в результате наблюдений возникают единичные случаи потери устойчивости горных выработок на небольших интервалах, которые не повторяются с течением временем с какой-либо периодичностью, то никаких из перечисленных выше корректирующих действий производить не требуется.

6.2 Проверка проектных решений по креплению выработок

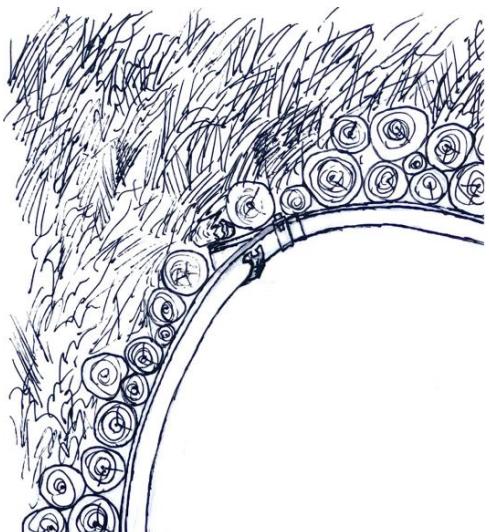
В случае ошибочного проектирования крепления при проходке горных выработок в различных горно-геологических условиях, формы их разрушения будут иметь свои присущие особенности (Рисунок 6.1, Рисунок 6.2, Рисунок 6.3).



Рисунок 6.1 – Модели деформации закрепленных горных выработок в «1», «2» и «7» классах устойчивости массива



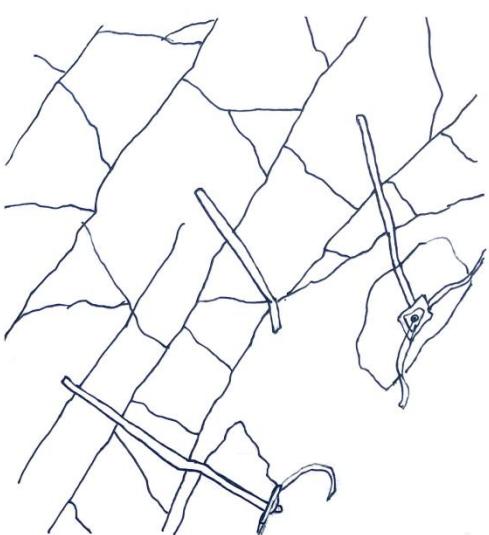
Класс устойчивости «3АБВ» (УКК).
Высыпание массива. Крупные трещины набрызгбетонной крепи, разрывы сетки, оголение анкеров и армокаркасов.
Может потребоваться сгущение сетки анкерования или сокращение отставания и времени установки крепи от забоя.



Класс устойчивости «3АБВ» (КМП).
Раздавливание выработки, изгиб рам, срыв замков податливости.
Требуется контроль качества забутовки зарамного пространства.

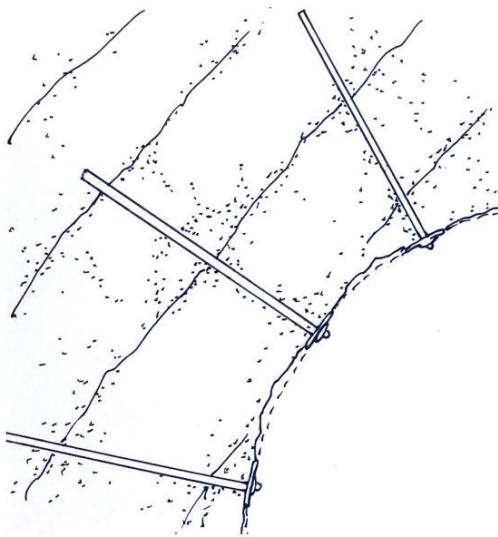


Класс устойчивости «4АБВ».
Смещение крупных блоков в выработку и повисание на сетке.
Деформации крепи в этой категории наименее вероятны.



Класс устойчивости «5АБВ».
Растрескивание руды и ее отслоения в выработку в виде плит, зависание рудных блоков на анкерах, срезание анкеров, обрывы подхватов, разрывы сетки, образование заколов.

Рисунок 6.2 – Модели деформации закрепленных горных выработок в «3», «4» и «5» классах устойчивости массива



Класс устойчивости «6АБВ».

Горные выработки сохраняют общую устойчивость с небольшими по объему отслоениями.

Рисунок 6.3 – Модель деформации закрепленных горных выработок в «6» классе устойчивости массива

6.3 Контроль правильности определения горно-геологических условий

Для контроля правильности определения горно-геологических условий, главному геологу рудника необходимо поддерживать постоянный обмен опытом между участковыми геологами и коллективные обсуждения оцениваемого горного массива и его свойства.

6.4 Контроль качества материалов для крепления и технологии установки крепи

При организации процессов по контролю качества материалов для крепления и технологии установки необходимо иметь четкое понимание того, что достижение заявленных в паспорте характеристик не является конечной целью. Конечной целью следует считать обеспечение устойчивости горных выработок.

6.4.1 Контроль анкерной крепи

Для контроля качества анкерного крепления и технологии ее установки, необходимо проведение испытаний на несущую способность с записью в «Журнал испытаний крепи» (ПРИЛОЖЕНИЕ Д). Проведение этих испытаний связано с решением следующих качественно различных задач:

- 1) Выявление систематических нарушений в технологии установки анкерной крепи, которые можно выявить только за достаточно длительный промежуток наблюдений;

2) Оперативное выявление партий анкеров, отличных по своим свойствам от требуемых. Хотя случаи поступления некачественных партий анкеров маловероятны, тем не менее это необходимо контролировать.

Для решения этих задач применяется различный подход к обработке результатов проведения испытаний: поскольку испытывают не все установленные анкеры, а только малую их часть, то делать какие-либо выводы об общем качестве всего установленного крепления по результатам испытаний нескольких анкеров не является корректным. Для объективной оценки результатов испытаний разработан показатель, который с достаточной достоверностью указывает на соблюдение технологии установки анкерного крепления, а также на качество самих анкеров. Показатель не фокусируется на каком-либо одиночном результате испытаний, а охватывает результаты испытаний за определенный период, что позволяет отслеживать качество установки анкерного крепления в динамике.

Месячный объем устанавливаемых на руднике анкеров одного вида равен N , тогда необходимо определить долю в % от общего количества анкеров, которые следует испытывать на несущую способность. На выбранном интервале горной выработки производят испытания n анкеров, результаты которых заносят в таблицу, где в столбцах указывают значение несущей способности анкера и характер его работы при нагружении. Пример заполнения результатов испытаний приведен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты испытаний анкеров на несущую способность

№	Дата	Значение несущей способности, кН	Характер разрушения анкера при выдергивании
1	...	P_1	---
2	...	P_2	---
3	...	P_3	Выдергивание анкера СМА. Отсутствие замоноличивающего состава в шпуре, установка на одну ампулу (нарушение технологии установки)
...	---
$n-1$...	P_{n-1}	Обрыв опорного кольца анкера ФА. Неудовлетворительное качество сварки (брак производства)
n	...	P_n	---

По полученным результатам испытаний формируется график, на котором одна кривая показывает количество анкеров, не прошедших испытания за последний месяц без учета анкеров с производственным браком, а другая кривая показывает количество анкеров, не прошедших испытания за последнюю неделю без учета анкеров, установленных с нарушением технологии. Пример графиков показан на рисунке 6.4. Развитие

систематических нарушений технологии установки анкерной крепи на руднике, если это возможно, будет иметь медленный темп, поэтому для их выявления следует использовать длительный период наблюдений (месяц). Партии анкеров с производственным браком необходимо оперативно выявить, поэтому необходимо использование для этого результатов испытаний за более короткий период (неделя). Критерием систематического нарушения технологии установки анкеров принимать количество n_1 анкеров в месяц. Критерием выявления анкеров с производственным браком принимать количество n_2 анкеров в неделю.

Указанные периоды и количество анкеров n_1 и n_2 следует назначать в зависимости от технологических условий возведения крепи на производственных участках рудника, вида анкеров или на основании накопленной статистики в прошлый период времени.

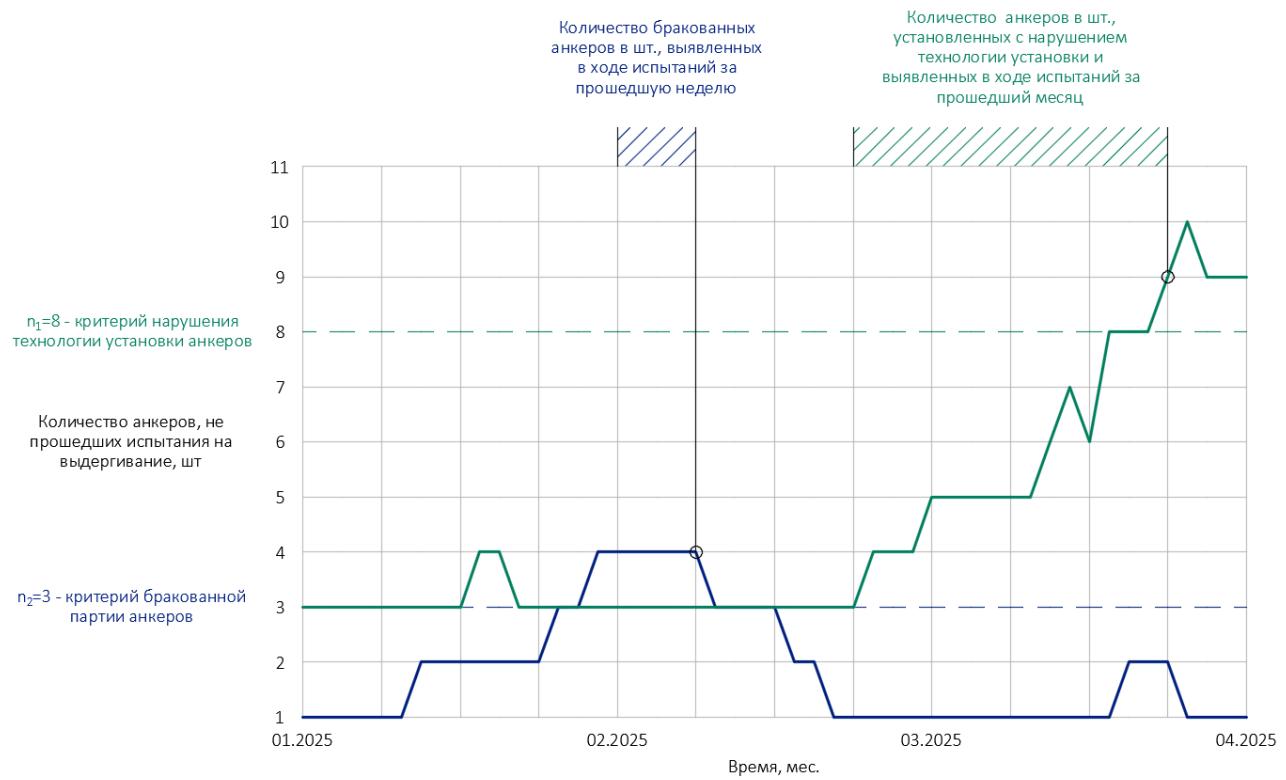


Рисунок 6.4 – График контроля качества установленного анкерного крепления

Требования к контролю качества анкерной крепи приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Требования к контролю качества анкерной крепи

Вид анкерной крепи	Периодичность и количество испытаний	Контролируемый параметр и его значение	Критерий качества	Причины неудовлетворительных испытаний	Показатель качества	Меры при установлении несоответствия качества
СМА	не менее 1,0 % от общего количества установленных анкеров в определенном ПК интервале	Несущая способность 80 кН через 24 часа после установки	1) Отсутствие скольжения анкера вдоль шпура (ФА, ГРА); 2) Отсутствие выдергивания анкера из закрепляющего состава в шпуре (СМА, СМА, ЖБШ); 3) Отсутствие механических разрушений анкера.	1) Брак установки (нарушение технологии или параметров установки): недостаточное количество ампул или их некачественное замачивание, несоответствие диаметров «шпур/штанга», некачественное перемешивание закрепляющего состава и пр.; 2) Брак производства (некачественный материал): разрыв металла штанги, срыв опорного кольца или втулки и пр.	1) За предыдущий месяц количество анкеров, установленных с нарушением технологии, не превышает n_1 . 2) За предыдущую неделю количество бракованных анкеров не превышает n_2	1) При браке установки: начальник производственного участка выявляет причины систематического нарушения технологии установки крепи, а главный инженеррудника определяет мероприятие по их устранению, в том числе месячный график перекрепления и приведения выработок в безопасное состояние. 2) При браке производства: запрещение данной партии крепи к дальнейшему применению; выставление претензии к производителю (поставщику).
ФА		Несущая способность 50 кН сразу после установки				
ГРА		Несущая способность 90 кН сразу после установки				
СПА		Несущая способность 100 кН сразу после установки				
ЖБШ		Несущая способность 60 кН через 24 часа и 80 кН через 48 часов после установки				

Примечание: испытания на несущую способность выполнять приборами контроля анкерной крепи типа ПКА или иных конструкций, отвечающих необходимым требованиям безопасности и предназначенные по своему назначению для выполнения задач проведения испытаний.

6.4.2 Контроль набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи

Инструментальный контроль предполагает определение толщины набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи, качества сцепления с массивом, прочностных характеристик и величины отскока (потерь). Толщина крепи и адгезия с массивом контролируются в каждой из проводимых выработок с записью в «Журнал испытаний крепи» (ПРИЛОЖЕНИЕ Д); прочие параметры с заданной периодичностью и составлением отдельных актов испытаний.

6.4.2.1 Контроль толщины набрызгбетона (торкретбетона)

Набрызгбетон (торкретбетон) возводится из условия сглаживания контура выработки: наибольшая толщина слоя на углублениях, меньшая – на выступах.

В паспорте крепления под толщиной набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи t подразумевается среднее арифметическое значение генеральной совокупности результатов измерений ее толщины. Это означает, что если на определенном участке горной выработки произвести множественные инструментальные измерения толщины по достаточно густой сетке, то среднее арифметическое значение получаемых результатов ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$) будет стремиться к величине толщины набрызгбетона (торкретбетона), указанной в паспорте крепления. В другом случае, если нанесенный на площадь S контура горной выработки объем набрызгбетонной (торкретбетонной) смеси распределить на той же площади, но равномерным слоем, то толщина этого слоя будет равна значению толщины крепи, указанной в паспорте крепления (Рисунок 6.5).

Толщина набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи подлежит инструментальному определению в объеме необходимой выборки: одна серия – 11 замеров на участке выработки 1 пог. м (ПРИЛОЖЕНИЕ Е). Серия замеров производится поэтапно в определенном ПК интервале не реже одного раза на 15 пог. м выработки. Замеры проводить в характерных точках по всему периметру выработки.

Необходимость укрытия армокаркасов или сетки набрызгбетоном (торкретбетоном), предопределяет, что толщина крепи всегда будет более паспортной t . Тогда, толщину крепи допустимо определять визуальным методом по критерию укрытия применяемой затяжки: армокаркасы – большая часть полностью укрыта слоем бетона (допустимы выступающие отдельные прутки каркаса); сетка – вся площадь. Толщина крепи в боках выработки, где армокаркасы или сетка не устанавливаются, подлежит инструментальному контролю.

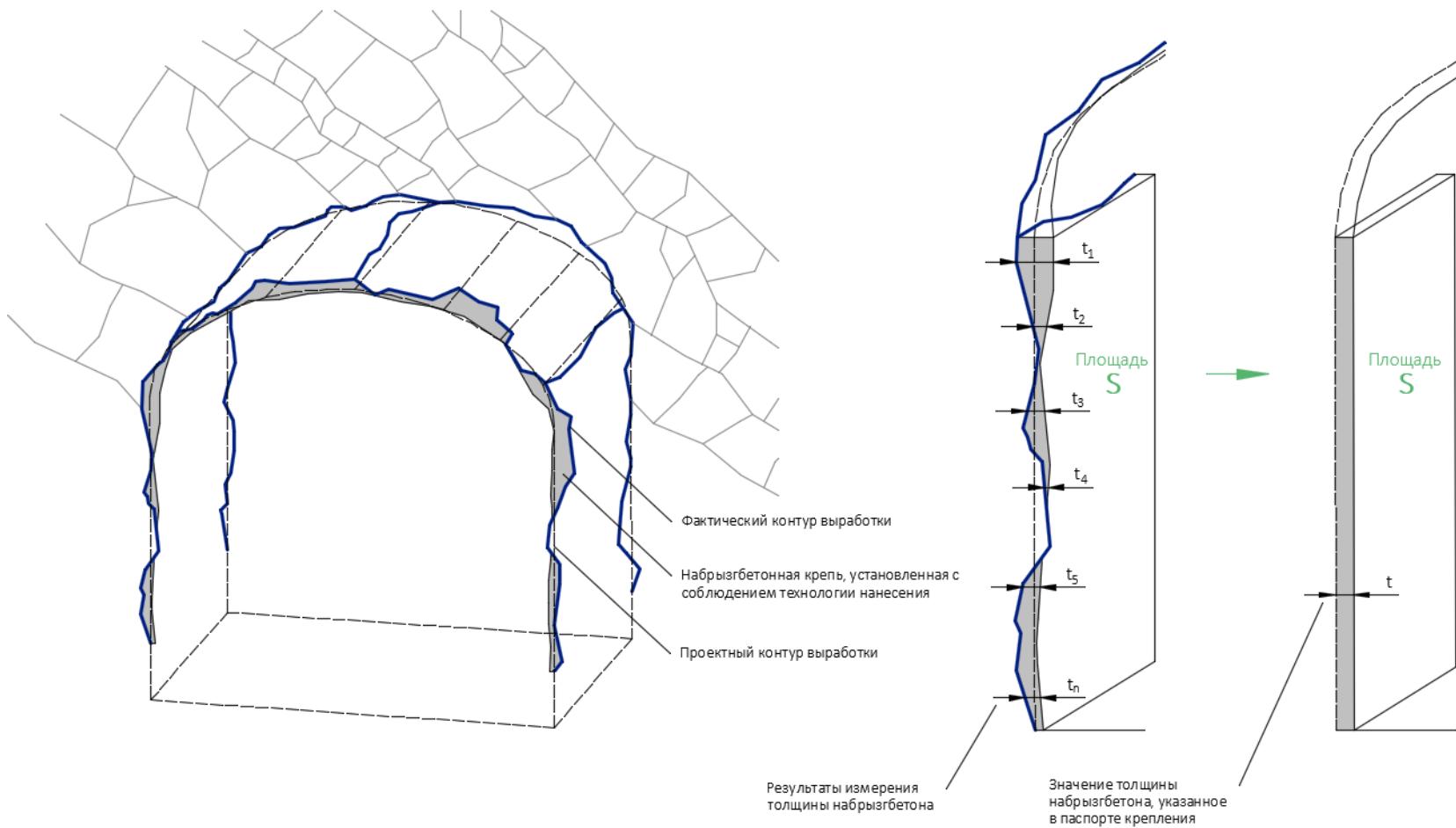


Рисунок 6.5 – Понятие паспортной толщины набрызгбетона

6.4.2.2 Контроль прочности набрызгбетона (торкретбетона)

Инструментальный контроль фактических прочностных характеристик набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи проводить в возрасте 28 суток одним из методов:

1) Отбором проб непосредственно при торкретировании для испытаний в лаборатории, имеющей соответствующий персонал и оборудование (заключение о состоянии измерений или аккредитацию) по ГОСТ 10180-2012:

- при применении готовой сухой смеси – не реже одного раза в квартал;
- при применении смеси, изготавливаемой на руднике – не реже одного раза в месяц.

Количество образцов для испытаний – не менее 6 шт;

2) Ультразвуковым методом прибором типа УКС-МГ4 по ГОСТ 17624-2021: одна серия замеров на участке выработки 3 пог. м. Серия замеров производится поэтапно в определенном ПК интервале не реже одного раза на 15 пог. м выработки. Замеры проводить в характерных точках по всему периметру выработки.

Количество замеров в серии определяется согласно инструкции к прибору с учетом допустимого отклонения среднего значения инструментальных измерений.

6.4.2.3 Контроль сцепления набрызгбетона (торкретбетона)

Сцепление набрызгбетона (торкретбетона) с поверхностью выработки определяется методом полевой оценки: простукивания покрытия геологическим молотком. При наличии недостаточной адгезии, набрызгбетон (торкретбетон) при ударе издает характерный глухой бунящий звук.

Сцепление набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи подлежит полевой оценке по всей длине в определенном ПК интервале.

6.4.2.4 Контроль отскока (потерь) набрызгбетона (торкретбетона)

Величину отскока (потерь) набрызгбетона (торкретбетона) определять опытным торкретированием на месте производства работ как соотношение объема смеси, отскочившей от поверхности при нанесении, к общему объему использованной сухой смеси.

Величина отскока (потерь) набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи подлежит инструментальному определению не реже одного раза в полгода.

Требования к контролю качества набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи по указанным параметрам приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Требования к контролю качества набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи

Контролируемый параметр	Приборы для проведения испытаний	Периодичность и количество испытаний	Показатель качества	Меры при установлении несоответствия качества
Толщина	Ручной перфоратор и металлическая линейка; визуальный контроль укрытия затяжки	Серия из 11 измерений на интервале 1 пог. м. на каждые 15 пог. м. выработки. Расстояние между точками измерений – 0,5 м.	Укрытие армокаркаса или сетки – слой покрытия, полностью покрывающий проволоку (арматуру) затяжки без существенного защитного слоя, при этом визуально заметен контур и очертание затяжки армокаркаса или сетки. Среднее арифметическое значение результатов измерения толщины находится в пределах отклонения от паспортного не более, чем на 1 см (ПРИЛОЖЕНИЕ Е).	Доведение толщины набрызгбетона (торкретбетона) до паспортного значения
Прочность	Испытания в лаборатории по ГОСТ 10180-2012	При применении готовой сухой смеси – не реже одного раза в квартал; При применении смеси, изготавливаемой на руднике – не реже одного раза в месяц. Количество образцов для испытаний – не менее 6 шт.	Прочность на одноосное сжатие в возрасте 28 суток не менее 30 МПа (класс бетона В22,5)	При систематическом недоборе прочности: начальник производственного участка выявляет причины несоответствия, а главный инженер рудника определяет мероприятия по их устранению
Сцепление с поверхностью горной выработки	Геологический молоток	По всей длине выработки	При простукивании геологическим молотком издается глухой звук без признаков наличия пустот под набрызгбетоном (торкретбетоном)	При систематической неудовлетворительной адгезии: начальник производственного участка выявляет причины несоответствия, а главный инженер рудника определяет мероприятия по их устраниению
Отскок (потери) при нанесении	Пленка, мерная емкость	Не реже одного раза в полгода на участке выработки не менее 2,0 пог. м	$k_{\text{отск.}} = \frac{V_{\text{отск.}}}{V} < 10 \% (20 \%)$ где $k_{\text{отск.}}$ – величина отскока (потерь); $V_{\text{отск.}}$ – объем отскока при нанесении; V – общий объем использованной смеси	Начальник производственного участка организует обучение и поддерживает обмен опытом между рабочим персоналом по технологии торкретирования

7 Охрана и ремонт крепи

7.1 Охрана горных выработок

Под охраной горных выработок следует понимать комплекс специальных мероприятий, направленных на повышение устойчивости породных обнажений и крепи, обеспечивающих безопасные условия проведения и эксплуатации выработок в течение всего срока их службы.

Мероприятия по охране выработок осуществляют до их проведения, в период проведения и во время эксплуатации:

- 1) Мероприятия по охране до проведения выработки заключаются в определении рационального места размещения и положения выработки с учетом прогнозных тектонических нарушений;
- 2) Мероприятия во время проведения выработок заключаются в применении параметров крепления согласно выявленного класса устойчивости с изменением длины уходки в зависимости от прогнозных деформаций обнажения;
- 3) Мероприятия по охране выработок во время эксплуатации заключаются в систематическом мониторинге за состоянием выработки и крепи и, при необходимости – ее ремонте.

7.2 Ремонт крепи

Ремонт крепи выполняется по результатам мониторинга горных выработок и в соответствии с графиком перекрепления.

В зависимости от степени нарушенности крепи, породных обнажений, характера и объема работ различают следующие виды ремонта крепи.

- 1) Текущий (частичный) ремонт, заключающийся в устраниении достаточно мелких неисправностей (замена «обыгранных» анкеров или отдельных рам, выпуск отслоений породы из-под сетки и пр.). При выполнении указанных работ предполагается отсутствие опасных нарушений породных обнажений;
- 2) Средний ремонт, заключающийся в замене крепи на отдельных участках выработки, усилении крепи путем установки дополнительных анкеров или промежуточных рам, замене межрамных ограждений или затяжек с выпуском отслоившейся породы. Данный вид ремонта выполняется для устранения или предупреждения опасных нарушений породных обнажений;
- 3) Капитальный ремонт, заключающийся в сплошной замене крепи (перекреплении) на отдельных участках выработки, проведение работ с выпуском породы из кровли или бортов выработки, расширение выработки до проектных размеров и пр.

На все виды ремонта выработок, кроме текущего, который выполняется в рабочие смены без остановки выработки, разрабатывается паспорт крепления на ремонт, который утверждается главным инженером подземного рудника.

Графическая часть паспорта на ремонт крепления должна содержать:

- сечение и разрез проектной выработки с указанием основных размеров и особенностей применяемой крепи;
- необходимые виды (сечения, разрезы) характера нарушения крепи, породных обнажений с размерами смещений и прогибов крепи, трещин, вывалов и т.п.;
- усиление отдельных элементов ремонтируемого участка и смежных с ним.

В пояснительной записке указываются и описываются:

- причины, вызвавшие нарушения крепи;
- виды нарушений, подлежащие ремонту;
- расчет количества крепежного материала;
- организация труда и рабочего места;
- меры безопасности.

Паспорт ремонта крепления хранить совместно с первоначальным паспортом крепления для данной выработки.

При ликвидации аварий, связанных с вывалами большого объема пород, составляется проект организации работ на ремонт участка выработки.

8 Обязанности и ответственность работников

При ведении горных работ на руднике с соответствующей разработкой паспортов крепления проводимых горных выработок, все ответственные инженерно-технические работники имеют перечень обязанностей.

Главный инженер рудника:

- разрабатывает и утверждает годовые и месячные планы горных работ и работ по проведению и креплению горных выработок;
- распределяет действующие выработки и выработки, находящиеся в проходке, для системного мониторинга между производственными участками;
- утверждает паспорта крепления горных выработок;
- обеспечивает общий контроль за соблюдением паспортов крепления, технологии работ по возведению крепи, ее качества, техники безопасности при ведении работ;
- устанавливает порядок и периодичность осмотров выработок с назначением ответственного лица технического надзора;
- организует осмотр для оценки состояния действующих и находящихся в проходке выработок; при необходимости производит остановку работ в выработке.
- утверждает по результатам осмотра графики выполнения работ по перекреплению выработок.

Участковый маркшайдер:

- обеспечивает маркшайдерское обслуживание работ по возведению крепи;
- ведет учет выполненных объемов крепления.

Главный геолог (участковый геолог):

- до начала проходки указывает в паспорте крепления выработки геологическую характеристику массива;
- по мере проведения выработки уточняет геологическую характеристику массива и, в случае несовпадения фактической и прогнозной оценок класса устойчивости, вносит соответствующие изменения в паспорт крепления выработки с уведомлением начальника участка;
- фиксирует в паспорте каждое ухудшение горно-геологических условий, приводящее к изменению категории устойчивости пород (руд).

Начальник участка (заместитель начальника участка):

- составляет паспорт крепления выработки; определяет необходимость ее крепления на период проходки и эксплуатации;

- знакомит под расписью рабочих участка с утвержденным главным инженером рудника паспортом крепления выработки до начала работ, а также при изменениях условий ее поддержания при проходке и эксплуатации;
- организует необходимые силы и средства для выполнения работ по креплению; контролирует технологию и качество возведения крепи;
- обеспечивает в случае обнаружения нарушений крепления их устранение; при необходимости производит остановку работ в выработке.

Горный мастер:

- организует непосредственную работу по возведению крепи в соответствии с утвержденным паспортом крепления;
- осуществляет прямой контроль за соблюдением технологии и качества возведения крепи;
- ежесменно производит осмотр всех закрепленных за участком проводимых выработок и состояния их крепи. В случае, обнаружения нарушений крепления, принимает меры по их устраниению; при необходимости производит остановку работ в выработке. Если ремонт крепи не может быть выполнен в течение смены, сообщает начальнику участка (заместителю начальника участка).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Урупскому медно-колчеданному месторождению характерен ряд определяющих факторов, оказывающих влияние на устойчивость вмещающих пород: действие гидротермальных изменений массива и характер наслоения вулканогенного материала. Устойчивость рудного массива зависит от их состава и характера накопления рудной толщи.

Шахтное поле месторождения по разработанной номограмме разделено на семь геологических классов устойчивости, где четыре класса соответствуют вмещающим породам и три рудной толще:

- геологический класс «1» соответствует массиву кварцевых альбитофиров не затронутых гидротермальными процессами;
- геологический класс «2» представлен гидротермально измененными кварцевыми альбитофирами;
- геологический класс «3» представлен гидротермально измененными туфами;
- геологический класс «4» представлен неизмененными кремнистыми туфами красноватого цвета;
- геологический класс «5» соответствует сплошному рудному массиву медной руды;
- геологический класс «6» представлен сплошным массивом серной руды.

Общая устойчивость горного массива зависит от свойств геологической среды, в которой ведется процесс проходки выработок, а также от ряда технологических факторов:

- технологический фактор «А» – условия высокого горного давления от налегающей толщи горных пород вблизи обрушения;
- технологический фактор «Б» – близкое расположение горных выработок;
- технологический фактор «В» – разуплотнение горного массива от сейсмического воздействия при взрывных работах;
- технологический фактор «Г» – взаимная ориентация направления проходки и слоистости горных пород.

Каждому классу устойчивости соответствует определенная схема деформации проводимой горной выработки:

- класс устойчивости «1»: разуплотнение и отслоение набора связанных мелких фрагментов пород;
- класс устойчивости «2АБВГ»: выдавливание породных плиток в выработку, пластическая деформация;

- класс устойчивости «3АБВ»: высыпание или обрушение пород с кровли выработки; изменение формы ее сечения на шатровую;
- класс устойчивости «4АБВ»: смещение крупных блоков в выработку;
- класс устойчивости «5АБВ»: растрескивание руды и ее отслоения в выработку в виде плит;
- класс устойчивости «6АБВ»: горные выработки сохраняют общую устойчивость с небольшими по объему отслоениями.

Схемы крепления горных выработок допускают использование определенного набора крепежных материалов, наиболее эффективно работающих в условиях каждого из определенных классов устойчивости:

- классы устойчивости «1», «2АБВГ», «4АБВ» – анкерная комбинированная крепь (анкеры с металлической сеткой);
- класс устойчивости «3АБВ» – усиленная комбинированная крепь (анкеры с металлической сеткой и набрызгбетоном) или рамная металлическая;
- класс устойчивости «5АБВ» и «6АБВ» – анкерная комбинированная крепь (анкеры с подхватами).

Параметры крепи определяются сечением выработки и ее назначением.

Для накопления статистического материала, совершенствования и увеличения эффективности применяемых крепей, предусматривается системный мониторинг за массивом и устойчивостью горных выработок. Только накопленный опыт инженерно-технического персонала и данные мониторинга могут служить основанием для дальнейшего развития «Положения...», наиболее полно отвечающего горно-геологическим условиям Урупского месторождения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] ФНиП "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых". Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.12.2020 № 505.
- [2] Руководство по выбору типа и параметров крепления подземных горных выработок на рудниках ЗАО «Урупский ГОК», Екатеринбург: ОАО "Уралмеханобр", 2016.
- [3] Инструкция по креплению подземных горных выработок на рудниках ЗАО «Урупский ГОК», Екатеринбург: ОАО "Уралмеханобр", 2016.
- [4] Технический проект разработки Урупского медноколчеданного месторождения (5857-12-ПЗ.2), Екатеринбург: Институт "Уралгипроруда", 2017.
- [5] Руководство по применению типовых сечений горных выработок для рудников цветной металлургии СССР, Москва: МЦМ СССР, 1987.
- [6] З. Т. Беняевски, Управление горным давлением, Москва: Мир, 1990.
- [7] E. Hoek, Practical rock engineering, Balkema, 2000.
- [8] СП 102.13330.2012 ТунNELи гидротехнические. Актуализированная редакция СНиП 2.06.09-84.
- [9] В. К. Шехурдин, Задачник по горным работам, проведению и креплению горных выработок, Москва: Недра, 1985.
- [10] В. К. Шехурдин, Проведение подземных горных выработок, Москва: Недра, 1991.
- [11] Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок, Санкт-Петербург: ВНИМИ, 1991.
- [12] Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчёту крепи., Москва: Стройиздат, 1983.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Геологическое описание горного массива Урупского медно-колчеданного месторождения

Класс устойчивости «1»:

Кварцевые альбитофиры серо-зеленого цвета; относятся к подрудной толще лежачего бока. Средне-, тонкозернистые, умеренно рассланцовые, умеренно трещиноватые; в составе породы главное участие принимают альбит, серицит, хлорит, кварц. Возможна бедная сульфидная минерализация, представленная вкраплением единичных зерен пирита и халькопирита.

Породы подверглись умеренной гидротермальной проработке в виде окварцевания, серицитизации и хлоритизации.

Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 10 \div 12$.

Класс устойчивости «2»:

Кварцевые альбитофиры, серо-зеленого цвета. Средне-, тонкозернистые, интенсивно рассланцовые, интенсивно трещиноватые. Структура пород плитчатая, размеры плиток варьируют от нескольких сантиметров до первых миллиметров, плитки выклинивающиеся, скользкие с глянцевым блеском. Заполнитель трещин представлен серицитом и тальком, которые при контакте с водой склонны к размягчению и набуханию. В составе породы главное участие принимают альбит, серицит, хлорит, кварц. Возможна бедная сульфидная минерализация, представленная вкраплением единичных зерен пирита и халькопирита. Рудная минерализация представлена вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией пирита и халькопирита, от бортового до балансового содержания меди в руде.

Породы подверглись интенсивной оклорудной гидротермальной проработке в виде окварцевания, серицитизации, хлоритизации и пиритизации. Интенсивность гидротермальных изменений увеличивается по мере приближения к рудной залежи.

Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 6 \div 8 / 8 \div 10$.

Класс устойчивости «3»:

Туфы кварцевых альбитофиров представляют собой массивные или слаборассланцовые породы темно-зеленого, зеленого и зеленовато-серого цвета, реже с тонкими линзовидными включениями гематитизированных кремнистых сланцев сургучно-красного цвета и туффитов; относятся к надрудной толще висячего бока. Породы мелкообломочные, реже среднеобломочной структуры. Обломочная часть породы представлена зернами измененного полевого шпата и реже кварца. Иногда наблюдается угловатые обломки кремнистых сланцев, туффитов и других пород. Цементирующая часть нацело изменена и представлена хлоритом, кварцем, альбитом, эпидотом, гематитом.

Возможна сульфидная минерализация, представленная вкраплением единичных зерен пирита, халькопирита. Рудная минерализация представлена вкрапленной и прожилково-вкрапленной минерализацией пирита и халькопирита, от бортового до балансового содержания меди в руде.

Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 6 \div 8$.

Класс устойчивости «4»:

Туфы кварцевых альбитофиров представляют собой чередующуюся толщу массивных или слаборассланцеванных пород темно-зеленого, зеленого и зеленовато-серого цвета, иногда сургучно-красного цвета и туффитов; относятся к надрудной толще висячего бока. В толще встречаются как пачки тонкозернистые, так и обломочные, реже среднеобломочной структуры. Обломочная часть породы представлена зернами измененного полевого шпата и реже кварца. Иногда наблюдается угловатые обломки кремнистых сланцев, туффитов и других пород. Цементирующая часть нацело изменена и представлена: хлоритом, кварцем, альбитом, эпидотом, гематитом. Возможна сульфидная минерализация, представленная вкраплением единичных зерен пирита, халькопирита. С удалением от рудного тела отмечено уменьшение степени рассланцевания в среднем 20 – 40 шт./пог.м.

Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 10 \div 12$.

Класс устойчивости «5»:

Массивные руды подразделяются на медно-колчеданные, медно-цинково-колчеданные и борнитсодержащие; приурочены, в основном, к надрудной кварцитовидной породе и подрудным кварцевым альбитофиром. Медно-колчеданные и медно-цинковые руды залегают выше серноколчеданных или непосредственно на кварцевых альбитофирах. Количество халькопирита составляет 8 \div 9 %, достигая 15 \div 18 %. Медно-колчеданная руда макроскопически отличается от серно-колчеданной более яркой, желтой окраской и тонкой зернистостью. Структура руд – гранобластическая, участками субграфическая и катакластическая. Нерудные минералы имеют незначительное распространение и их содержания редко превышают 5 %. Они представлены кварцем, хлоритом, карбонатом.

Руды колкие, хрупкие. Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 10 \div 12$.

Класс устойчивости «6»:

Серно-колчеданные руды имеют массивную текстуру и состоят обычно на 80 \div 95 % из зернистого агрегата пирита, иногда с примесями халькопирита, сфалерита, кварца, серицита, хлорита. Наиболее характерными структурами являются гранобластические, катакластическая и порфировидная.

Руды вязкие, прочные. Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 10 \div 12$.

Тектонические разрывные и сбросовые нарушения внутри контура рудного тела:

Нарушения характеризуются зоной интенсивно ослабленного массива медно-колчеданных, медно-цинковых и серно-колчеданных руд, в которой наблюдается множество трещин как вдоль слоистости руд, так и поперечные трещины, возможно заполненные кварцем, тальком, каолином. В зоне влияния тектонической зоны массив ослаблен дополнительными разно ориентированными оперяющими трещинами.

Коэффициент крепости по шкале проф. Протодьяконова $f = 6 \div 8$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчет крепления горных выработок

Б.1 Расчет крепления горных выработок

Б.1.1 Расчет глубины области деформации

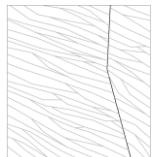
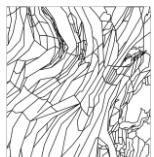
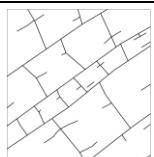
Каждому классу устойчивости горного массива соответствует определенная деформационная модель с различными механизмами деформаций и разрушений. Глубина такой области деформаций характеризуется шириной выработки и структурой массива с учетом технологических факторов:

$$b = B \cdot k_o \quad (\text{Б.1})$$

где b – глубина области деформаций, м;

k_o – коэффициент развития деформаций, определенная натурными наблюдениями на Урупском месторождении (Таблица Б.1).

Таблица Б.1 – Коэффициент развития деформаций

Класс устойчивости массива	Структура массива	Коэффициент развития деформаций
Первый класс. Слоистый массив кварцевых альбитофиров из плоских заклинивающихся плиток		0,1
Второй класс. Слоистый массив кварцевых альбитофиров из тонких продолговатых выклинивающихся плиток		0,2 (0,6 – в зоне тектонических нарушений или области опорного давления)
Третий класс. Интенсивно перемятый массив туфов, пересеченных кварц-карбонатными прожилками		0,4 (0,6 – в зоне тектонических нарушений или области опорного давления)
Четвертый класс. Массив слоистых туфов (кремнистых сланцев)		0,1
Пятый класс. Сплошной массив медной руды. Микротрециноватый, колкий, хрупкий		0,2
Шестой класс. Серная руда. Вязкая, очень прочная		0,2

Б.1.2 Расчет параметров анкерной крепи

Интенсивность нагрузки на крепь со стороны кровли (kH/m^2):

$$q = b \cdot \gamma \quad (\text{Б.2})$$

где: γ – объемный вес породы (руды), kH/m^3

Расчет анкерной крепи производится по схеме, когда анкеры скрепляют различно деформированные зоны, слои или структурные блоки приконтурного массива, формируя упрочненную зону в виде балки или арки. Длина анкера $L_{\text{анк}}$ при глубине области деформаций b назначается:

- при $b > 2,2$ м длина анкера принимается 2,5 м;
- при $b = 2,0 \div 2,2$ м длина анкера принимается 2,2 м;
- при $b = 1,8 \div 2,0$ м длина анкера принимается 2,0 м;
- при $b = 1,6 \div 1,8$ м длина анкера принимается 1,8 м;
- при $b < 1,6$ м длина анкера принимается 1,6 м.

В зависимости от принятой длины анкера, может быть две схемы вовлечения приконтурного массива в работу (Рисунок Б.1): схема «подвешивания» балки (анкеры прикрепляют породу, расположенную в пределах области развития деформаций, к устойчивой зоне за ее пределами и рассчитываются на восприятие нагрузок, вызванных весом пород в пределах всей такой области); схема «сшивания» (анкеры скрепляют различно деформированные зоны, слои или структурные блоки породного массива в области деформаций на длину стержня анкера, формируя упрочненную зону в виде арки и способную воспринять давление оставшейся области деформации).

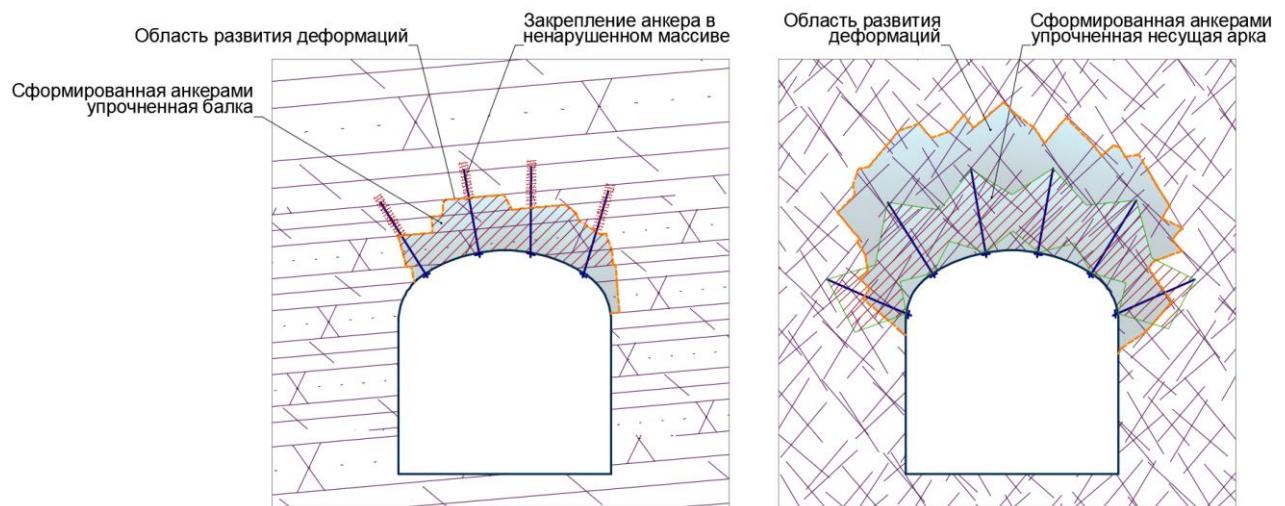


Рисунок Б.1 – Принцип формирования упрочненной зоны

Принятые длины анкеров проверяются по техническим возможностям их установки в габаритах сечения выработки.

Предельное расстояние (м) между анкерами в кровле при расположении их по квадратной сетке устанавливается по несущей способности анкера [6]:

$$a^k = \sqrt{\frac{P}{\gamma \cdot b}} / 1.3 \quad (\text{Б.3})$$

где: γ – объемный вес пород, кН/м³;
 P – несущая способность анкера, кН;
1,3 – коэффициент безопасности конструкции крепи.

Значениями несущей способности анкерной крепи приняты:

- для фрикционных анкеров (ФА) – 50 кН;
- для анкеров с минеральным закреплением ампульным методом (СМА) или с закреплением минеральными составами на цементном вяжущем (ЖБШ) – 80 кН;
- для гидрораспорных анкеров (ГРА) – 90 кН;
- для анкеров с химическим закреплением ампульным методом (СПА) – 100 кН.

После расчета параметров крепления следует выполнить проверку по условию формирования необходимой по мощности упрочненной зоны (Рисунок Б.2) [7]: отношение длины анкера к шагу анкерования должно составлять не менее двух, т.е. $L_{\text{анк.}} / a^k \geq 2,0$. Для сопряжений выработок или условий, когда имеется сейсмическое воздействие, отношение следует увеличить до 2,3 ÷ 2,6.

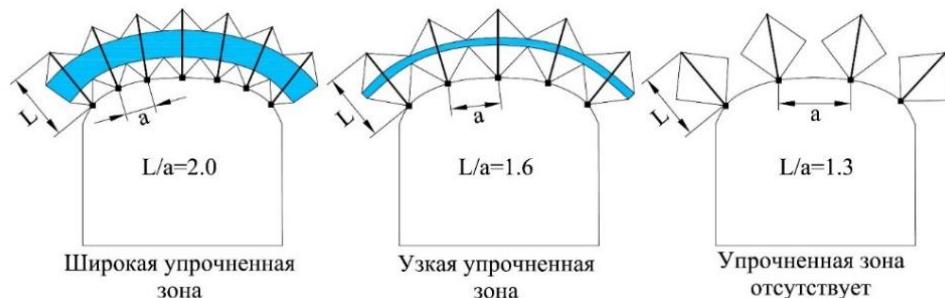


Рисунок А.2 – Принцип формирования упрочненной зоны

Дополнительно, если анкерное крепление работает по схеме «сшивания» (Рисунок А.1), то также требуется проверка по условию образования необходимой несущей способности: общая несущая способность крепи должна быть больше удельного давления пород свода: $P_{\text{кр}} \geq P_y$.

Несущая способность (сопротивление) анкеров (кН/м²) $P_{\text{кр}}$:

$$P_{\text{кр}} = \frac{n \cdot P}{a^k \cdot B} \quad (\text{Б.4})$$

где P – принимаемая несущая способность анкера, кН;
 n – количество анкеров в ряду по кровле, шт.;
 B – ширина выработки, м;
 a^k – принятое расстояние между анкерами, м

Удельное давление пород свода P_y принимается равным интенсивности нагрузки на крепь (kH/m^2) со стороны кровли q и рассчитывается по формуле:

$$P_y = b \cdot \rho \cdot g \quad (\text{A.5})$$

где: b – глубина области деформаций, м;

ρ – плотность породы на контуре выработки t/m^3 ;

g – ускорение свободного падения (ускорение силы тяжести) $9,8 \text{ m/c}^2$.

Если данные условия не выполняются, следует изменить сетку анкерования, использовать анкеры с большей несущей способностью, применять двухуровневое крепление: первый уровень – базовое анкерное крепление, второй – тросовое анкерное крепление (анкеры глубокого заложения) с соответствующим расчетом; либо использовать иной тип крепления (например, рамную металлическую).

Для составления паспорта крепления сетка анкерования устанавливается графическим методом в следующем порядке:

4) Рассчитывается количество анкеров, устанавливаемых в кровле по формуле:

$$n_k = \frac{1,33 \cdot B}{a^k} \quad (\text{Б.6})$$

где: $1,33$ – коэффициент длины свода (при коробовом своде высотой $1/3$ от ширины выработки), м;

B – ширина выработки в проходке, м;

a^k – принятое расстояние между анкерами, м

5) Полученное количество анкеров графическим способом распределяется по кровле выработки, для этого рассматриваются два возможных варианта:

а) установка анкеров в кровле от оси выработки (Рисунок Б.2 а);

б) установка анкеров в кровле с разбежкой шага анкерования по оси выработки на величину $1/2 \cdot a^k$, где a^k – принятое расстояние между анкерами, м (Рисунок Б.2 б).

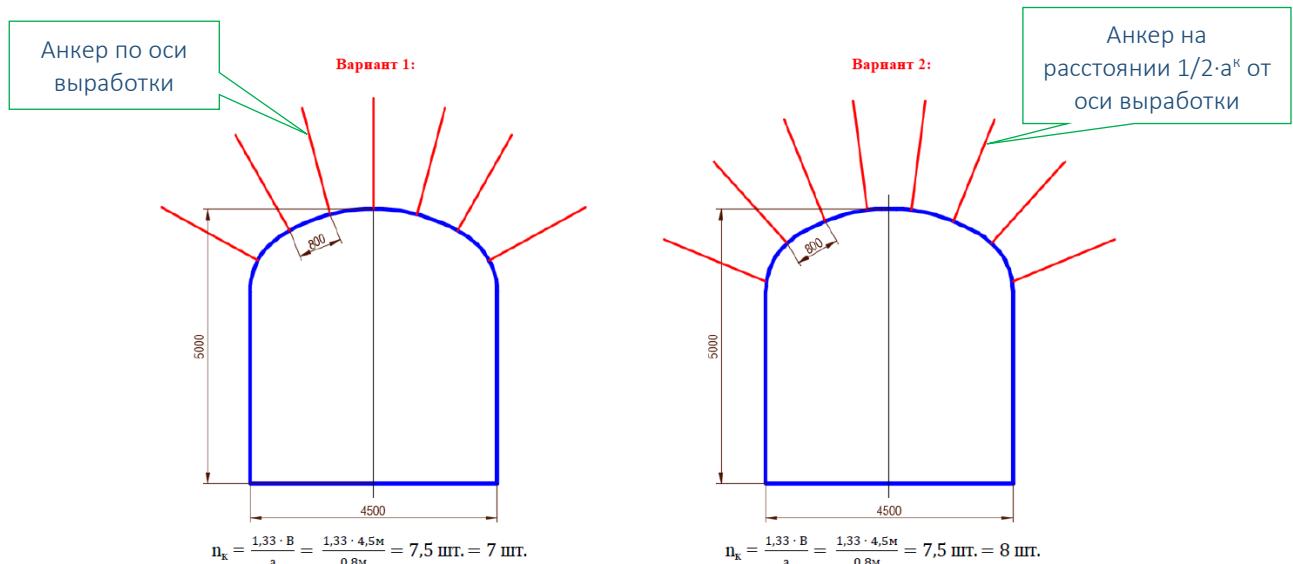


Рисунок Б.2 – Определение сетки анкерования:

а – установка анкера по оси выработки;

б – установка анкера с разбежкой относительно оси выработки

6) В массиве третьего класса устойчивости дополнительно предусматриваются к установке анкеры в боках выработки. Нижний ряд штанг устанавливается на расстоянии от почвы около 1/2 высоты борта.

Расчет затяжки (стальной сетки) в составе анкерной комбинированной крепи выполняется по величине нагрузки от локального вывала, равного объему возможного отслоения между анкерами, которая представляет собой объем правильной четырехугольной пирамиды, в основании которой лежит квадрат, равный принятой сетке анкерования, а грани пирамиды являются равнобедренными треугольниками. На сетку, заключенную между четырьмя анкерами, действует сосредоточенная сила от структурных блоков, находящихся вне некоторой области, примерно соответствующей упрочненной анкерами зоне и стремящихся под действием силы тяжести продавить и разорвать прутки сетки.

Максимальное растягивающее усилие (МН/м) возникает в местах закрепления сетки и определяется по формуле:

$$T_{\max} = \frac{0,125 \cdot q_b \cdot a^2}{f_{\max}} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{4 \cdot f_{\max}}{a}\right)^2} \quad (\text{Б.7})$$

где q_b – расчетная нагрузка на сетку от возможного отслоения породы, кН/м;
 f_{\max} – максимально допустимое провисание сетки под нагрузкой от отслоившейся породы – принимается равным 0,1 м;
 a – сетка анкерования, м

Несущая способность стальной сетки и подбор ее диаметра проверяется по выражению:

$$\frac{T_{\max} \cdot t_c}{S_{\text{пп}}} \leq R_c \quad (\text{Б.8})$$

где $S_{\text{пп}}$ – площадь прутка стальной сетки, м^2 ;
 t_c – размер ячейки стальной сетки, м;
 R_c – расчетное сопротивление растяжению стали сетки, МПа. Для проволочной сетки принимается равным 410 МПа, для арматуры – 350 МПа.

A.1.3 Расчет параметров набрызгбетонной крепи

Расчет толщины набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи (м) выполняется исходя из величины возможного локального вывала, представленного в виде сосредоточенной нагрузки, которая служит продавливающей силой бетонного покрытия [8], [9]:

$$\delta = 0,35 \cdot a \sqrt{\frac{q}{m \cdot R_{bt}}} \quad (\text{Б.9})$$

где a – сетка анкерования, м;
 q – величина нагрузки на крепь со стороны кровли, кН/м²;

R_{bt} – расчетное сопротивление набрызгбетона на осевое растяжение, принимаемое равным. Принимается равным 1,0 МПа для бетона без армирования и 1,2 МПа для бетона с армированием (сетка или армокаркас);

m – коэффициент надежности по нагрузке на бетонное покрытие, принимаемый равным 1,00 для армированного бетона (сетка или армокаркас) и 0,85 для неармированного.

A.1.4 Расчет металлической рамной податливой крепи

Определение необходимого шага установки рам крепи выполняется в следующей последовательности [9], [10]:

1) Нагрузка на крепь выработки (кН) определяется по формуле:

$$Q = B \cdot q \quad (\text{Б.10})$$

где B – ширина выработки, м;

q – интенсивность нагрузки со стороны кровли на крепь, кН/м².

2) Расстояние между рамами крепи (м) определяется по формуле:

$$L_p = \frac{P}{n_p \cdot Q} \quad (\text{Б.11})$$

где P – паспортная или расчетная несущая способность одной рамы крепи, кН;

$n_p = 1,2$ – коэффициент перегрузки рамы.

Расчетную несущую способность рамы крепи принимать по паспорту крепи завода-производителя, либо согласно рекомендаций ВНИМИ и ДонУГИ (Таблица Б.2).

Паспортную плотность установки рам крепи принимать по ближайшему значению [11]: 0,8; 1,0; 1,1; 1,25; 1,33; 1,43; 1,67; 2,0; 2,25; 2,5; 2,67; 3,0 и 4,0. Предельной плотностью установки рам крепи следует считать три рамы на один погонный метр выработки.

Таблица Б.2 – Несущая способность одной рамы арочной крепи

Номер профиля СВП	При работе крепи в податливом режиме, кН	При работе крепи в жестком режиме (после исчерпания податливости), кН
17	140 ÷ 150	300
19	160 ÷ 170	330
22	180 ÷ 190	330
27	200 ÷ 220	400
33	230 ÷ 250	500

Спецпрофиль рам крепи следует выбирать исходя из размеров выработок [12]:

- для выработок шириной до 3,3 м – СВП 17, СВП 19;
- для выработок шириной до 4,2 м – СВП 22;
- для выработок шириной свыше 4,2 м – СВП 27, СВП 33.

В соответствии с указанным расчетом получены сводные таблицы параметров крепления выработок и их сопряжений для рассматриваемых классов устойчивости Урупского месторождения (Таблица Б.3, Таблица Б.4).

Таблица Б.3 – Параметры крепи горных выработок для условий Урупского месторождения

Таблица Б.4 – Параметры крепи сопряжений горных выработок для условий Урупского месторождения

Окончание таблицы Б.4

Класс устойчивости	5 АБВ					6 АБВ					5, 6 АБВГ							
Пролет сопряжения, м	4,00	2,70	5,80	5,00	7,60	4,00	2,70	5,80	5,00	7,60	7,60	4,00	2,70	7,60	5,80	7,00	5,00	7,60
Тип сопряжения	T-2	T-3	T-5	X-1	X-2	T-2	T-3	T-5	X-1	X-2	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	У-1	X-1	X-2
Тип крепления	АКК					АКК					КМП							
Объемная плотность породы, т/м ³	4,35					4,35					2,70							
Коэф. развития деформаций	0,20					0,20					0,60							
Глубина области деформаций, м	0,80	0,54	1,16	1,00	1,52	0,80	0,54	1,16	1,00	1,52	4,56	2,40	1,62	4,56	3,48	4,20	3,00	4,56
Расчетная нагрузка на крепь, кН/м ² (кПа)	34,1	23,0	49,5	42,6	64,8	34,1	23,0	49,5	42,6	64,8	120,7	63,5	42,9	120,7	92,1	111,1	79,4	120,7
Расчетная длина анкера, м	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60								
Принимаемая длина анкера, м	1,80																	
Расчетная сетка анкерования СПА, ГРА, м	1,33	1,61	1,10	1,19	0,96	1,33	1,61	1,10	1,19	0,96								
Расчетная сетка анкерования ЖБШ, СМА, м	1,19	1,44	0,99	1,06	0,86	1,19	1,44	0,99	1,06	0,86								
Расчетная сетка анкерования ФА, м	1,11	1,35	0,92	0,99	0,81	1,11	1,35	0,92	0,99	0,81								
Принимаемый шаг анкерования, м	0,7																	
Условие образования упрочненной арки	вып.																	
	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6								
Растягивающее усилие стальной сетки, МН/м	0,027	0,027	0,027	0,000	0,027	0,027	0,027	0,027	0,000	0,000								
Диаметр прутков сетки, мм	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4								
Ячейа сетки, мм	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100								
Условие несущей способности стальной сетки	вып.																	
Нагрузка на крепь выработки, кН/м											917	254	116	917	534	778	397	917
Несущая способность рамы СВП, кН											330	330	300	330	330	330	330	330
Профиль СВП											22	17	22					
Расстояние между рамами крепи, м											0,30	1,08	2,16	0,30	0,51	0,35	0,69	0,30
Принимаемый шаг крепления, м											0,50	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Паспорт крепления

СОСТАВИЛ:

Начальник производственного участка

_____ Фамилия И.О.

«____» _____ 20 ____ г.

УТВЕРЖДАЮ:

Технический руководитель Объекта

_____ Фамилия И.О.

«____» _____ 20 ____ г.

Паспорт крепления № _____

Название выработки

Привязка (горизонт, отметка и др.)

1. Расположение горной выработки:

в плане

в поперечном разрезе

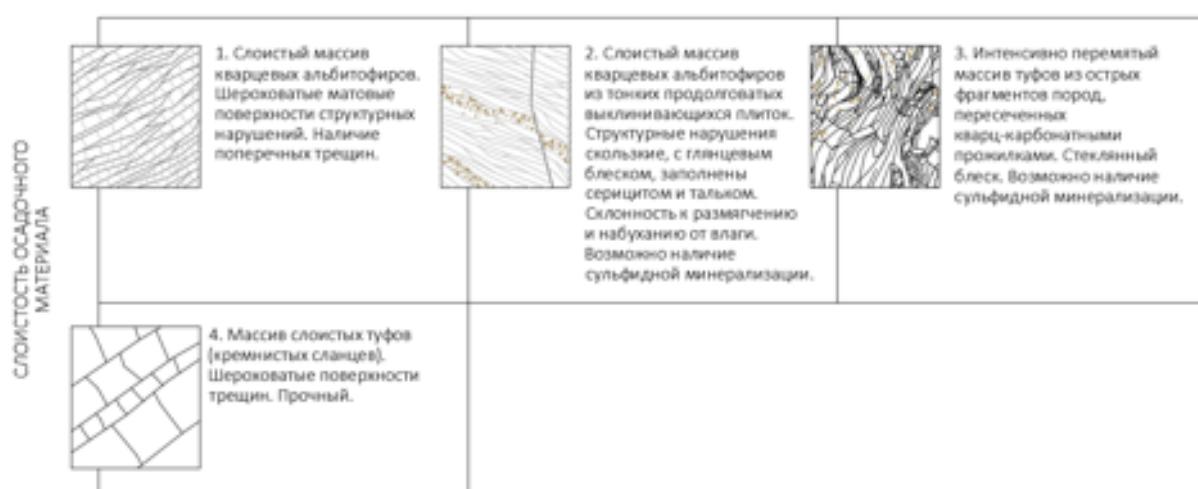
в продольном разрезе

2. Обоснование способов крепления, вида и конструкции крепи

Геологическая характеристика горного массива

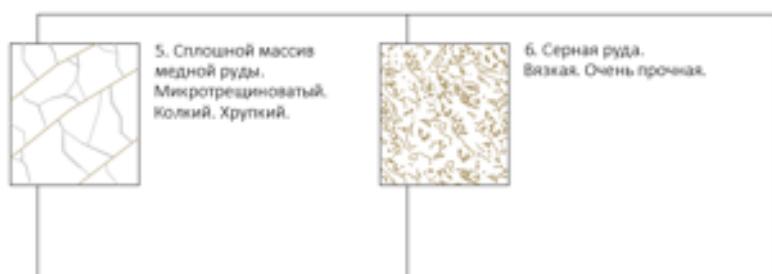
Класс устойчивости _____

**НОМЕРНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССОВ УСТОЙЧИВОСТИ
ДЛЯ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД**



**НОМЕРНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КЛАССОВ УСТОЙЧИВОСТИ
ДЛЯ РУД**

СОСТАВ И СТРУКТУРА СУЛЬФИДОВ



Участковый геолог

Фамилия И.О.

« ____ » 20 ____ г.

Главный геолог Объекта

Фамилия И.О.

« ____ » 20 ____ г.

3. Конструкция и параметры крепи.

Общий вид конструкции крепи. Типовой паспорт крепления №_____

Конструкция элементов крепи (детали, узлы): _____

4. Крепежные материалы и средства по их установке

4.1 Расчет потребности крепежных материалов

4.2 Средства механизации по установке крепи

5. Способ крепления выработки и последовательность производства работ

Схема установки и возведения крепи

Схема отставания крепи

6. Совмещенные схемы транспортирования горной массы, вентиляции, водоотведения и инженерных коммуникаций

Начальник ПВС

_____ Фамилия И.О.

«_____» _____ 20 ____ г.

7. Суточный график организации работ в забое

8. Меры безопасности

9. Лист ознакомления с паспортом крепления

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Форма журнала осмотра крепи и состояния горных выработок (пример заполнения)

Дата, месяц, год осмотра	Наименование выработки, место обнаружения нарушения (дефекта) крепи (пикет, привязка)	Наименование нарушения	Намеченные мероприятия по исправлению нарушения	Срок устранения нарушения	Должность, подпись лица, выдавшее предписание	Ответственный исполнитель по устранению нарушения	Перечисление выполненных работ, дата исполнения предписания	Должность, подпись ответственного исполнителя по устранению нарушения
01.05.2025	Заезд №1 на подэтаажный штрек +362 м, от МТ 1689 на юг +10,0 м	Разрыв сетки, обыгрывание анкеров по кровле с правой стороны, участок с нарушением крепи по длине около 2,5 м	Поджать шайбы на обыгранные анкеры; Установить дополнительные анкеры, навесить секцию сетки.	до 05.05.2025	Зам. главного инженера ПР по ГР	Нач. участка №1	Поджаты шайбы на обыгранных анкерах, торчащая арматура срезана; установлены пять дополнительных анкеров СМА с навеской сетки 03.05.2025 II смена	Нач. участка №1 Иванов В.А.

Контроль ведения журнала: _____ Гл. инженер рудника

Порядок ведения журнала:

- 1) По результатам осмотра горных выработок, производимым не реже двух раз в месяц, журнал заполняет ответственное лицо технического надзора, назначаемое главным инженером рудника;
- 2) По результатам осмотра горных выработок, производимым ежеквартально, журнал заполняет главный инженер рудника.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Форма журнала испытаний крепи (пример заполнения)

Наименование выработки, интервал в пикетах	Анкерная крепь						Набрызгбетонная (торкретбетонная) крепь					
	Дата, месяц, год испытаний	Вид анкера, длина	Показания манометра прибора	Несущая способность анкера, кН	Результат испытаний	Должность, подпись лица, проводившего испытания	Дата, месяц, год испытаний	Место замера (пикет, привязка)	Результаты замеров	Соответствие толщины крепи	Качество покрытия	Должность, подпись лица, проводившего испытания
Заезд № 2 на подэтажный штрек +362 м, от МТ 1682 на юг +50,0 м	01.05.2025	CMA 1,8 м	№1: 40 МПа №2: 40 МПа №3: 45 МПа №4: 40 МПа	№1: ≥ 90 кН №2: ≥ 90 кН №3: ≥ 100 кН №4: ≥ 90 кН	Смещений анкеров 1 – 4 нет, несущая способность не менее нормативной (80 кН)	Геомеханик ПР, Петров В.П.	---	---	---	---	---	---
Заезд № 1 на подэтажный штрек +362 м, от МТ 1689 на юг +20,0 м	04.05.2025	ФА 1,8 м	№1: 25 МПа №2: 20 МПа №3: 28 МПа	№1: ≥ 56 кН №2: 45 кН №3: ≥ 62 кН	Смещений анкеров 1, 3 нет, несущая способность не менее нормативной (80 кН) Смещение анкера 2, брак установки	Геомеханик ПР, Петров В.П.	04.05.2025 04.05.2025	от МТ 1682 на юг +2,0 м от МТ 1682 на юг +10,0 м	1 замер: 3 см 2 замер: 4 см 3 замер: 6 см 4 замер: 2 см 5 замер: 8 см 6 замер: 3 см 7 замер: 4 см 8 замер: 6 см 9 замер: 9 см 10 замер: 3 см 11 замер: 5 см Средняя: 4,8 см 1 замер: 2 см 2 замер: 5 см 3 замер: 3 см 4 замер: 1 см 5 замер: 4 см 6 замер: 6 см 7 замер: 3 см 8 замер: 4 см 9 замер: 4 см 10 замер: 3 см 11 замер: 5 см Средняя: 3,6 см	Толщина крепи соответствует паспортной (4 см); покрытие выполнено согласно правилам торкретирования	Сцепление т/бетона по всей площади качественное; отслоений, трещин и дефектов нет	Геомеханик ПР, Петров В.П.

Контроль ведения журнала: _____ Гл. инженер рудника

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Определение необходимого количества испытаний набрызгбетонной (торкретбетонной) крепи

В зависимости от геологического строения массива параметры сечения горной выработки будут изменяться в некоторых пределах, а ее контур будет представлен, как неровная поверхность. В процессе крепления при нанесении набрызгбетона его наибольшая толщина приходится на углубления контура горной выработки, меньшая – на выступы.

Если инструментально измерить толщину набрызгбетона в различных точках, будут получены некоторые ее значения $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ (Рисунок Д.1). Среднее арифметическое результатов измерений \bar{t} в точности никогда не будет совпадать с паспортным значением толщины набрызгбетона t .

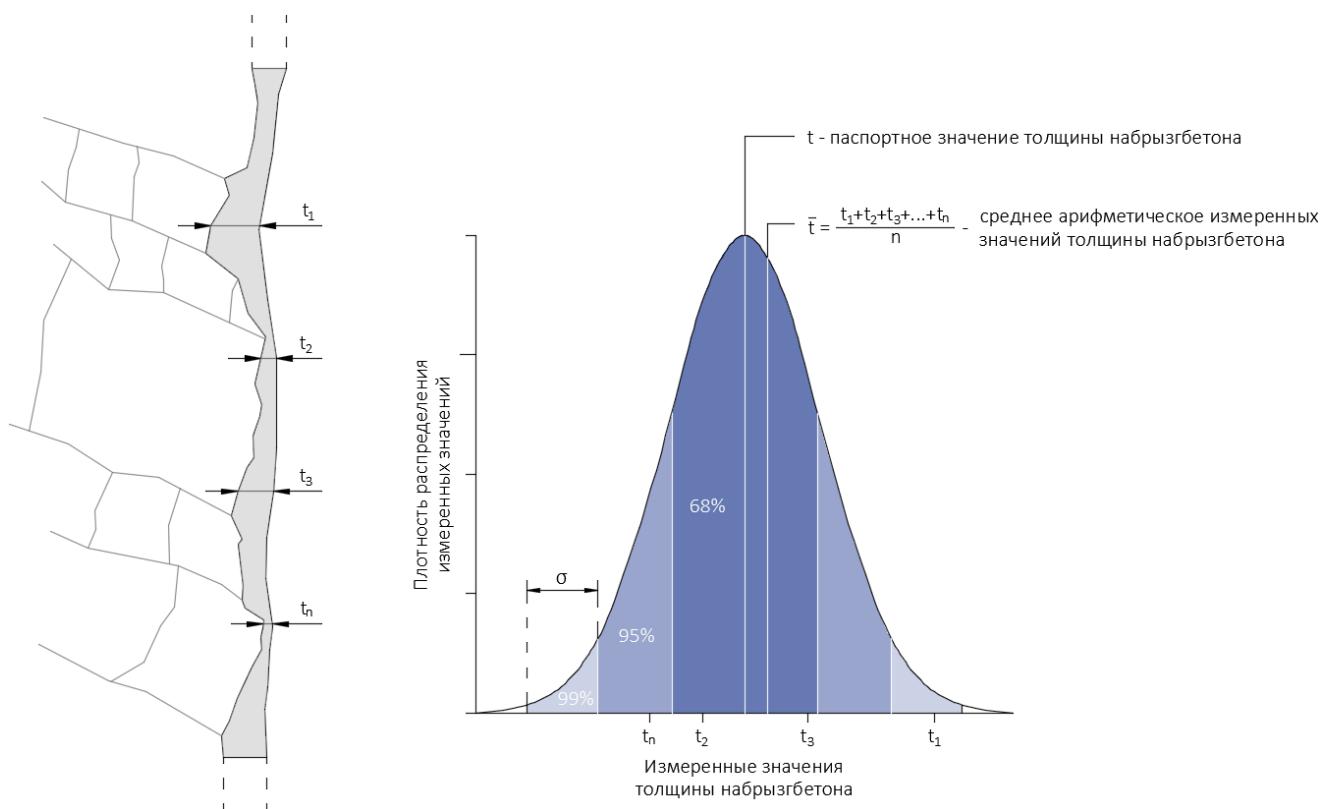


Рисунок Д.1 – Различное значение толщины набрызгбетона по контуру горной выработки

Поскольку контур горной выработки является неровной поверхностью, то слишком малое количество измерений на определенном интервале будет приводить к большому разбросу средних значений для различных серий измерений. Чем больше объем измерений, тем ближе будет среднее значение к паспортной толщине набрызгбетона.

Необходимо определить минимальное количество измерений, для достижения заданной точности и достоверности результатов.

Точность измерений E – это максимальное отклонение среднего значения инструментальных измерений толщины набрызгбетона от паспортного значения с заданной достоверностью.

Достоверность выражается в процентах и показывает, насколько можно утверждать, что паспортное значение толщины набрызгбетона t находится в пределах отклонения от среднего \bar{t} на заданную точность E .

Для определения минимального количества измерений n используем формулу:

$$n = \left(\frac{t\sigma}{E} \right)^2 \quad (\text{Д.1})$$

где t – критическое значение стандартного нормального распределения для заданного уровня достоверности, которое определяют по графику (Рисунок Д.2), которое принято равным 1,645 для достоверности 90 %.

t	Уровень достоверности, %
0,126	10
0,253	20
0,385	30
0,524	40
0,674	50
0,841	60
1,036	70
1,282	80
1,645	90
1,960	95
2,326	98
2,576	99
3,291	99,9

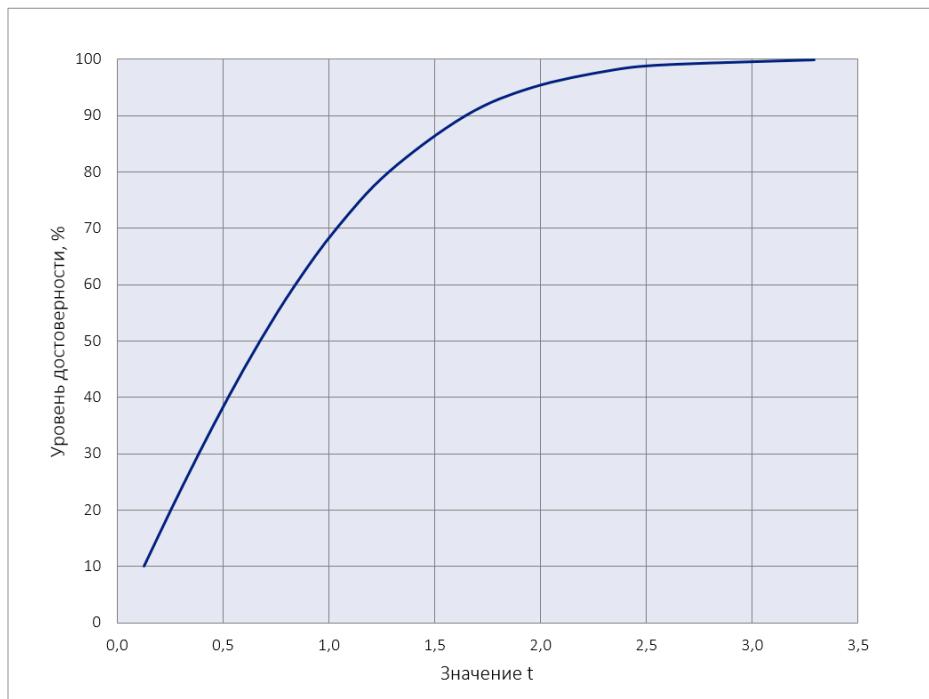


Рисунок Д.2 – Определение значения t по заданной достоверности

E – допустимая точность измерений, которая принята равной 1,0 см.

$\sigma = 2$ см – стандартное отклонение генеральной совокупности, определенное по результатам инструментальных наблюдений на участке горной выработки при соблюдении технологии нанесения набрызгбетонной крепи. В данном случае, это показатель того, насколько сильно меняется толщина набрызгбетона по контуру горной выработки от среднего значения генеральной совокупности. Низкие значения стандартного отклонения говорят о равномерном нанесении набрызгбетона по контуру выработки.

Таким образом, минимальное количество инструментальных измерений толщины набрызгбетона, равно: $n = \left(\frac{1,645 \cdot 2}{1} \right)^2 = 11$.

Это означает, что если после проведения 11 измерений толщины набрызгбетона (торкретбетона) среднее значение полученных результатов отклоняется от паспортного не более, чем на 1 см, то толщину крепи принять удовлетворительной.