МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МАКЕЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ОТРАСЛЕВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Утверждаю
Заместитель министра
угольной промышленности УССР
П. И. Маросин
12 ноября 1984 г.

РУКОВОДСТВО

ПО ПРИМЕНЕНИЮ КРЕПЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ УПРОЧНЕННОГО МАССИВА

МАКЕЕВКА • 1984

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МАКЕЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ОТРАСЛЕВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРИМЕНЕНИЮ КРЕПЕЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ УПРОЧНЕННОГО МАССИВА

Макеевка-1984

А Н Н О Т А Ц И Я

Настоящее "Руководство" содержит основные положения по выбору конструкции, расчету параметров и применению крепей, использующих несущую способность заинъектированного массива.

"Руководство" предназначено проектировщикам и производственникам, занимающимся вопросами сооружения горных выработок в условиях Донбасса.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование величин, размерность	Обозначения
1	2
Глубина заложения выработки, м	H
Предел прочности пород на одноосное сжатие, МПа	R
Коэффициент крепости пород по шкале профессора М.М.Протодьяконова	f
Объемный вес пород, 0,025 МН/м^3	γ
Время начала инъекционных работ	$t_в$
Грузонесущая способность временной крепи, кПа, МПа	$q_{вр}$
Податливость временной крепи, мм	$U_{вр}$
Ширина выработки вчерне, м	b
Высота выработки вчерне, м	h
Толщина упрочненной оболочки, м	$B_у$
Безразмерный радиус зоны разрушенных пород	n_1
Предел прочности закинъектированных пород на одноосное сжатие, МПа	$R_у$
Функция снижения прочности пород во времени	f_{nt}
Объем песка, м^3	$V_п$
Объем цемента, м^3	$V_ц$
Объем щебня, м^3	$V_щ$
Необходимое количество цемента (расход), кг	$Q_ц$
Необходимое количество песка (расход), кг	$Q_п$
Необходимое количество воды (расход), кг	$Q_в$
Число частей цемента по весу	Ц
Число частей песка по весу	П
Число частей воды по весу	В

1	2
Плотность цемента, кг/м^3	$\rho_ц$
Плотность песка, кг/м^3	$\rho_п$
Плотность воды, кг/м^3	$\rho_в$

В В Е Д Е Н И Е

Предусматриваемый планом развития народного хозяйства СССР рост добычи угля требует больших объемов проведения горных выработок при строительстве, реконструкции и эксплуатации угольных шахт. При этом с каждым годом систематически увеличивается глубина разработки, в связи с чем повышается горное давление и значительно затрудняется поддержание горных выработок.

В настоящее время основным способом обеспечения устойчивости подземных сооружений является их крепление. Однако, применяемые на практике крепи, не могут существенным образом повлиять на напряженно-деформированное состояние массива, являясь лишь подпорно-ограждающими конструкциями, предотвращающими обрушение пород.

Опыт строительства глубоких шахт в Донбассе показывает, что даже мощные металлобетонные крепи не обеспечивают безремонтного поддержания выработок и их зачастую приходится перекреплять еще до сдачи шахты в эксплуатацию.

Одним из эффективных путей решения проблемы безремонтного поддержания подземных магистралей в сложных горно-геологических условиях является повышение устойчивости породных обнажений упрочнением вмещающего горного массива с помощью инъекции в него скрепляющих растворов.

Руководство составлено на основании комплекса научно-исследовательских работ, выполненных в течение 1976-1984 г.г. в отраслевой лаборатории подземных сооружений Минуглепрома УССР при Макеевском инженерно-строительном институте в рамках головной темы № 1504 темплана 1976-1980 г.г. и темы № 81-15 "Разработать и внедрить конструкции крепи, работающие с использованием несущей способности упрочненного массива" темплана 1981-1985 г.г. Минуглепрома УССР.

При составлении "Руководства" использованы результаты апроба-

ции "Указаний по упрочнению пород с целью повышения устойчивости горных выработок", Макеевка, 1978, а также некоторые разработки институтов: ВНИИОМШС, КузНИИшахтострой, ИГД им.Скочинского в области технологии набрызгбетонных и тампонажных работ.

В разработке "Руководства..." принимали участие докт.техн.наук, профессор Заславский Ю.З., канд.техн.наук, доцент Дружко Е.Б., канд. техн.наук Качан И.В., инженеры Ковшов В.В., Чересло И.Я., Шатохин М.А., Шарабарин А.Г., Пирогов Е.П., Портман И.А.

I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНЪЕКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД

I.I. Инъекционное упрочнение пород - это комплекс работ по нагнетанию в трещиноватые и разрушенные породы скрепляющих растворов (цементных, химических и др.) для связывания в монолит отдельных кусков и блоков вмещающего выработку горного массива. В настоящем "Руководстве..." рассматриваются вопросы инъекционного упрочнения пород, выполняемого с целью повышения устойчивости вновь проводимых и эксплуатирующихся горных выработок.

I.2. В зависимости от степени вовлечения в работу породного массива и технологии производства работ различают два этапа инъекционного упрочнения пород. 2-й этап - "тампонаж закрепного пространства" производится под давлением 0,2÷0,3 МПа с целью заполнения пустот закрепного пространства. При этом происходит проникновение раствора в крупные трещины на глубину 0,5÷0,8 м и омоноличивание приконтурного массива. В результате выполнения работ первого этапа улучшаются условия нагружения первоначально возведенной крепи и кроме того в работу дополнительно вовлекается породобетонная оболочка толщиной 0,5÷0,8 м.

Второй этап - "глубинное упрочнение" производится путем нагнетания скрепляющих растворов под давлением 0,7÷I МПа через инъекционные скважины на глубину I,5-3,0 м от контура выработки. В результате вокруг выработки образуется оболочка упрочненных пород, представляющая мощную конструкцию, способную воспринимать значительные нагрузки со стороны деформирующегося массива, т.е. выполнять функции несущей крепи.

I.3. Инъекционное упрочнение пород, как способ повышения устойчивости выработок, характеризуется геомеханическими и технологическими параметрами. К первым относятся параметры, определяющие ус-

ловия равновесия системы "крепь-оболочка упрочненных пород-массив" в течение всего периода существования выработки, ко вторым - обеспечивающие процесс создания упрочненной оболочки с заданными геомеханическими параметрами.

Основными геомеханическими параметрами являются:

- глубина упрочнения пород;

- требуемая степень упрочнения пород (отношение прочности зацементированных пород к прочности ненарушенного массива);

- время отставания производства инъекционных работ от проходческих;

- параметры временной крепи, поддерживающей выработку до создания оболочки из упрочненных пород.

Технологическими параметрами являются:

- радиус распространения раствора;

- количество инъекционных скважин на метр выработки;

- давление нагнетания;

- время инъектирования;

- параметры инъектируемого раствора.

I.4. Для нахождения геомеханических параметров способа поддержания горных выработок инъекционным упрочнением пород применен комплексный аналитико-экспериментальный подход, в основе которого лежит получение аналитических зависимостей, отражающих общий характер исследуемого процесса, и последующая корректировка и проверка их по данным шахтных инструментальных наблюдений. Апробация такого подхода к решению подобных задач в горной практике показала его эффективность и надежность.

I.5. Рекомендуемые зависимости получены для горизонтальных и наклонных выработок шахт Донбасса, расположенных вне зоны активного влияния очистных работ в условиях, где параметр $\frac{\gamma H}{R} \leq 0{,}8$. Од-

нако предлагаемая методика расчета геомеханических параметров крепи с использованием упрочнения пород может быть применена в любом другом бассейне. В этом случае вид полученных зависимостей остается таким же, а численные коэффициенты уравнений должны быть скорректированы по результатам новых инструментальных наблюдений. Есть основания полагать, что для пород среднего карбона эти коэффициенты в других районах не будут существенно отличаться от принятых в настоящей методике.

I.6. Рассчитанные по "Руководству..." геомеханические параметры способа поддержания горных выработок инъекционным упрочнением пород справедливы для любых скрепляющих растворов, при условии возможности нагнетания их в трещиноватые породы приконтурной зоны и обеспечения требуемой степени их упрочнения.

I.7. Разделы "Руководства...", касающиеся свойств затампонированных пород, подбора состава и приготовления растворов, технологии работ по упрочнению, регламентируют применение только цементных и цементно-песчаных растворов, а также растворов на базе магнезиального вяжущего.

2. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

2.I. Настоящее "Руководство..." применяется при проектировании, сооружении и эксплуатации горизонтальных и наклонных (до 30^{0}) горных выработок шахт Донбасса, расположенных вне зоны активного влияния очистных работ на глубинах до I500 м в породах с диапазоном изменения прочности от 20 МПа (200 кгс/см^2) до 100 МПа (I000 кгс/см^2).

2.2. Областью применения способа повышения устойчивости выработок упрочнением вмещающих пород являются:

- вновь проводимые выработки в горно-геологических условиях,

где параметр $\frac{\gamma H}{R}$ находится в пределах 0,3÷0,8;

- выработки, проводимые в зоне геологических нарушений;

- эксплуатируемые выработки, крепь которых деформируется из-за непрекращающихся сдвижений горного массива.

2.3. Область действия "Руководства..." распространяется на протяжные выработки, узлы сопряжений и камеры, сечением до 40 м^2.

2.4. Во всех случаях область применения "Руководства..." ограничивается условиями выполнения "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах" и технологических требований по ведению горно-подготовительных работ.

2.5. В случае принятия решений, отличных от регламентируемых настоящим "Руководством...", они должны быть соответствующим образом обоснованы и согласованы с МакИСИ или технологическими бассейновыми НИИ Минуглепрома СССР.

2.6. При проектировании и сооружении горных выработок, в условиях, отличающихся от указанных в п.п. 2.1-2.3, целесообразность применения упрочнения пород и его параметры определяются конкретными рекомендациями компетентных организаций.

3. КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ

3.1. Принципиальная схема крепи, использующей несущую способность упрочненного массива, представляет собой комбинацию традиционных крепей или их элементов, с оболочкой заинъектированных (упрочненных) пород, выполняющих основную несущую функцию.

Поскольку для таких крепей важна не только конструктивная увязка отдельных элементов, но и технологическая последовательность их возведения, следует говорить о конструктивно-технологических схемах крепления выработок.

3.2. В регламентируемом п.2.2 диапазоне горно-геологических условий рекомендуются к применению пять конструктивно-технологических схем крепи выработок, отличающихся, в основном, решением вопроса их поддержания до создания оболочки из упрочненных пород.

3.3. Схема I (рис.I): анкера-инъекторы-набрызг-бетон + оболочка заинъектированных пород, предполагает следующую технологическую последовательность возведения конструктивных элементов. После обнажения очередной заходки в кровле выработки бурятся скважины из расчета один шпур на I-2 $м^2$ поверхности, в которые устанавливаются анкера-инъекторы (рис.6), выполняющие одновременно функции анкерной крепи и инъектора для выполнения в последующем инъекционных работ. С отставанием в 3-5 заходок по периметру выработки наносится слой набрызгбетона толщиной до 5 см. Через 20-40 суток после проведения выработки (конкретное время отставания тампонажных работ от проходческих рассчитывается в соответствии с указаниями п.4.3.2) производится нагнетание скрепляющего раствора в трещиноватые породы приконтурной зоны через анкеры-инъекторы. Если к моменту проведения инъекционных работ в набрызгбетонном покрытии появятся трещины, то необходимо произвести их замоноличивание повторным набрызгом.

Схема П (рис.2): анкера-инъекторы с металлической сеткой + набрызгбетон + оболочка заинъектированных пород. После обнажения очередной заходки последняя крепится металлической сеткой, подвешиваемой на анкерах-инъекторах. В зависимости от горногеологических условий и технологической увязки оборудования набрызгбетонное покрытие может наноситься на различном удалении от забоя. Процесс создания оболочки из заинъектированных пород остается таким же, как и в первой схеме.

Необходимым условием применения схем I и П является обеспечение качественного оконтуривания выработки, которое может быть достигнуто при буровзрывном способе проходки с помощью контурного вз-

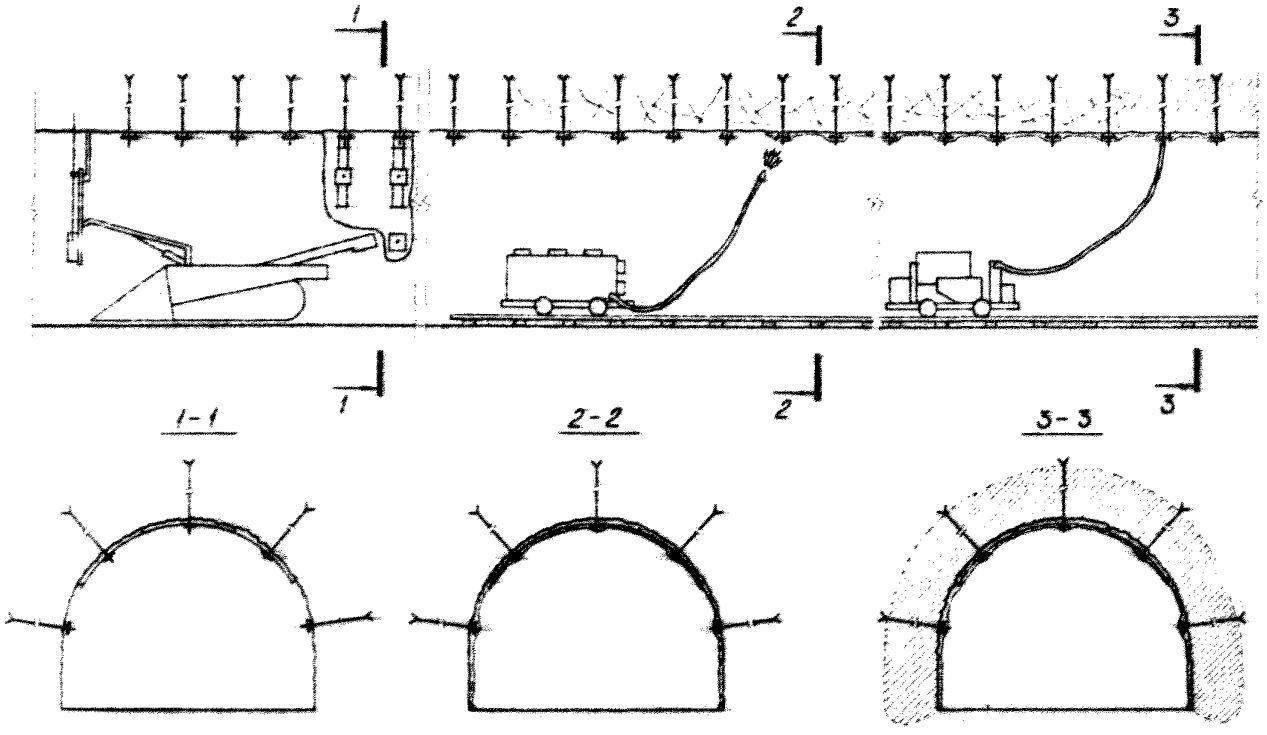

Рис.I Конструктивно-технологическая схема I

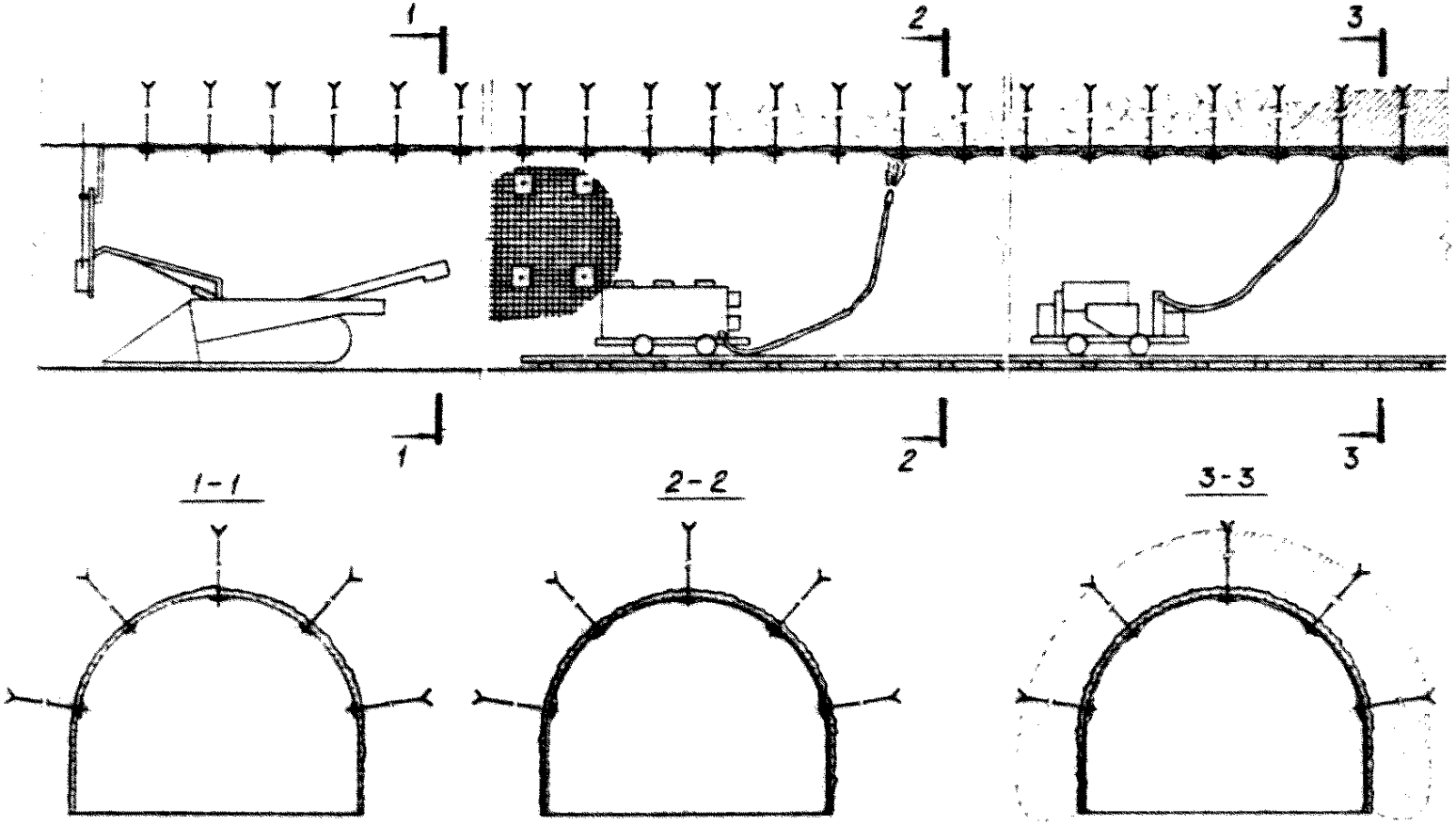

Рис.2 Конструктивно-технологическая схема II

рывания.

Не рекомендуется применять вышеуказанные схемы в зонах геологических нарушений, при наличии в кровле легкообрушающихся пород.

Схема Ш (рис.3): арочная податливая крепь с м/бетонной затяжкой + изоляционный слой набрызг-бетона + породобетонная оболочка, получаемая за счет тампонажа закрепного пространства.

Схема IУ (рис.4): арочная податливая крепь с м/бетонной затяжкой + изоляционный слой набрызгбетона + породобетонная оболочка, получаемая за счет тампонажа закрепного пространства и инъекционного упрочнения трещиноватых пород приконтурной зоны.

Ш и IУ-я схемы применяются вместо металлобетонных крепей в выработках околоствольных дворов строящихся и реконструируемых шахт, а также для крепления других основных выработок, сооружаемых в неустойчивых породах или зонах геологических нарушений. После проведения выработка крепится арочной податливой крепью с м/бетонной затяжкой, а затем с расчетным отставанием производится тампонаж закрепного пространства (схема Ш) или тампонаж закрепного пространства с последующим инъекционным упрочнением пород (схема IУ). Перед выполнением инъекционных работ производится изоляция крепи набрызгом бетона.

Схема У (рис.5): металлическая арочная крепь с сетчатой затяжкой + набрызгбетон + инъекционное упрочнение пород, рекомендуется для выработок, проводимых с минимальными неровностями породного контура (комбайновая проходка, контурное взрывание, при расширении выработок на отбойный молоток). При проведении выработка крепится арочной податливой крепью с затяжкой из рулонной сетки или сетчатых матов. Затем, с отставанием от проходческого забоя, зависящим от ожидаемых смещений породного контура и возможности размещения технологического оборудования, по сетке наносится слой набрызгбетона выполняющий ограждающие и изолирующие функции. Через расчетное время

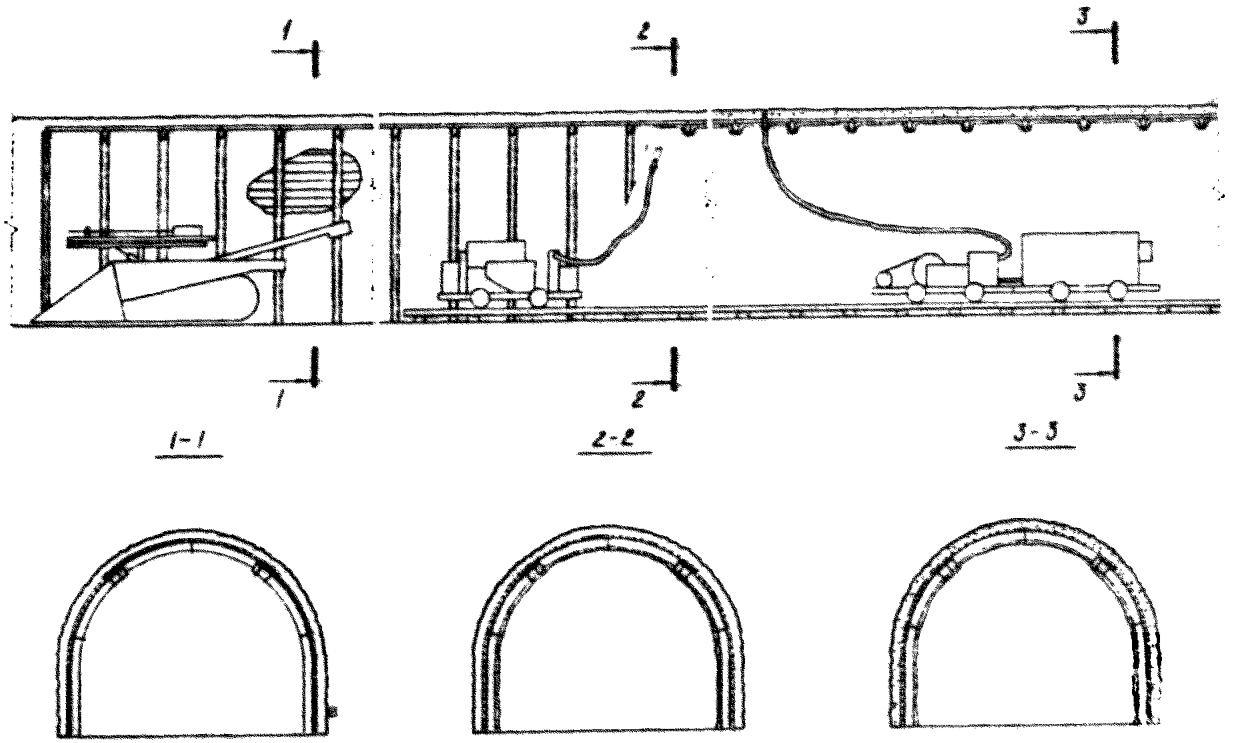

Рис.3 Конструктивно-технологическая схема Ш

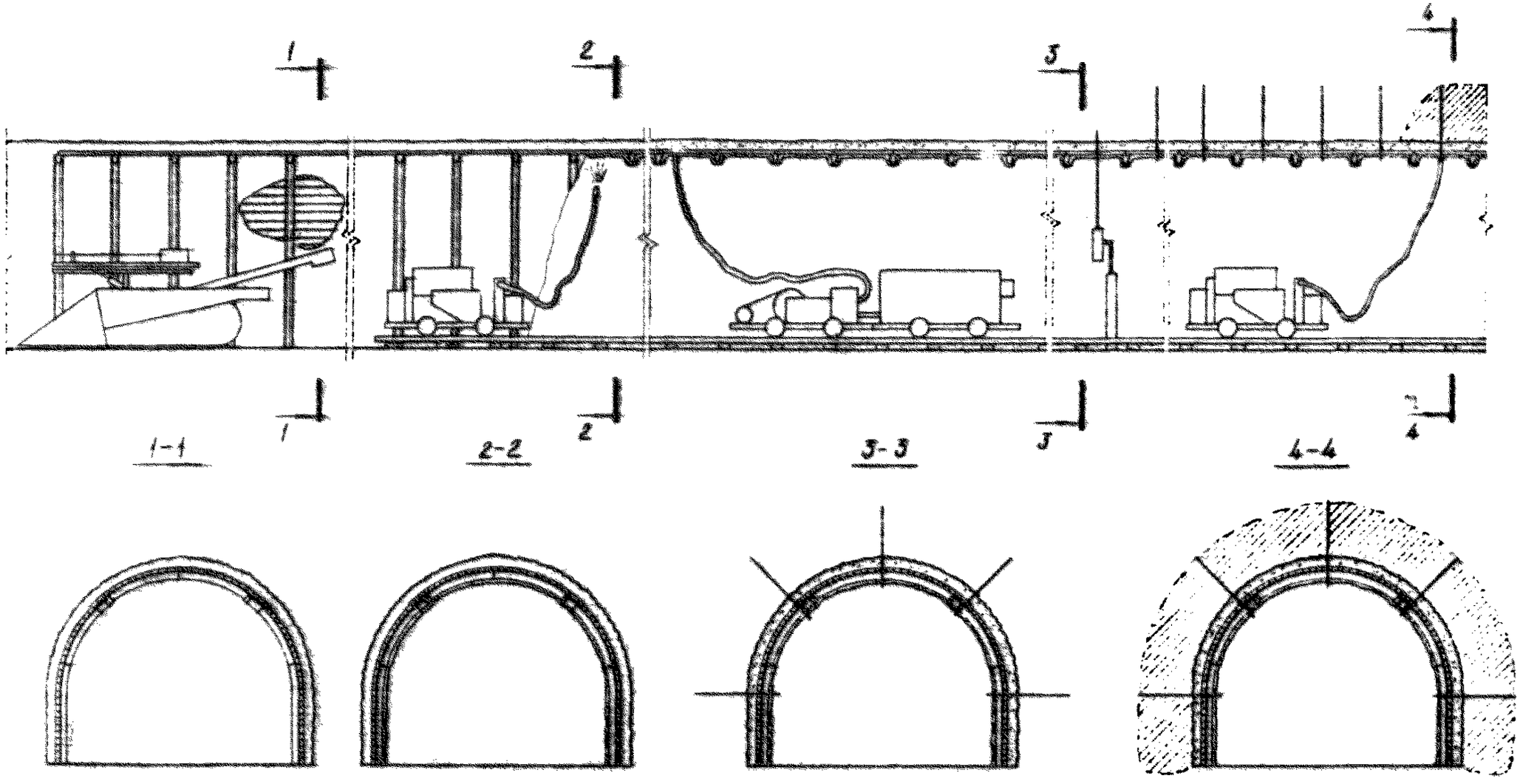

Рис.4 Конструктивно-технологическая схема ЦУ

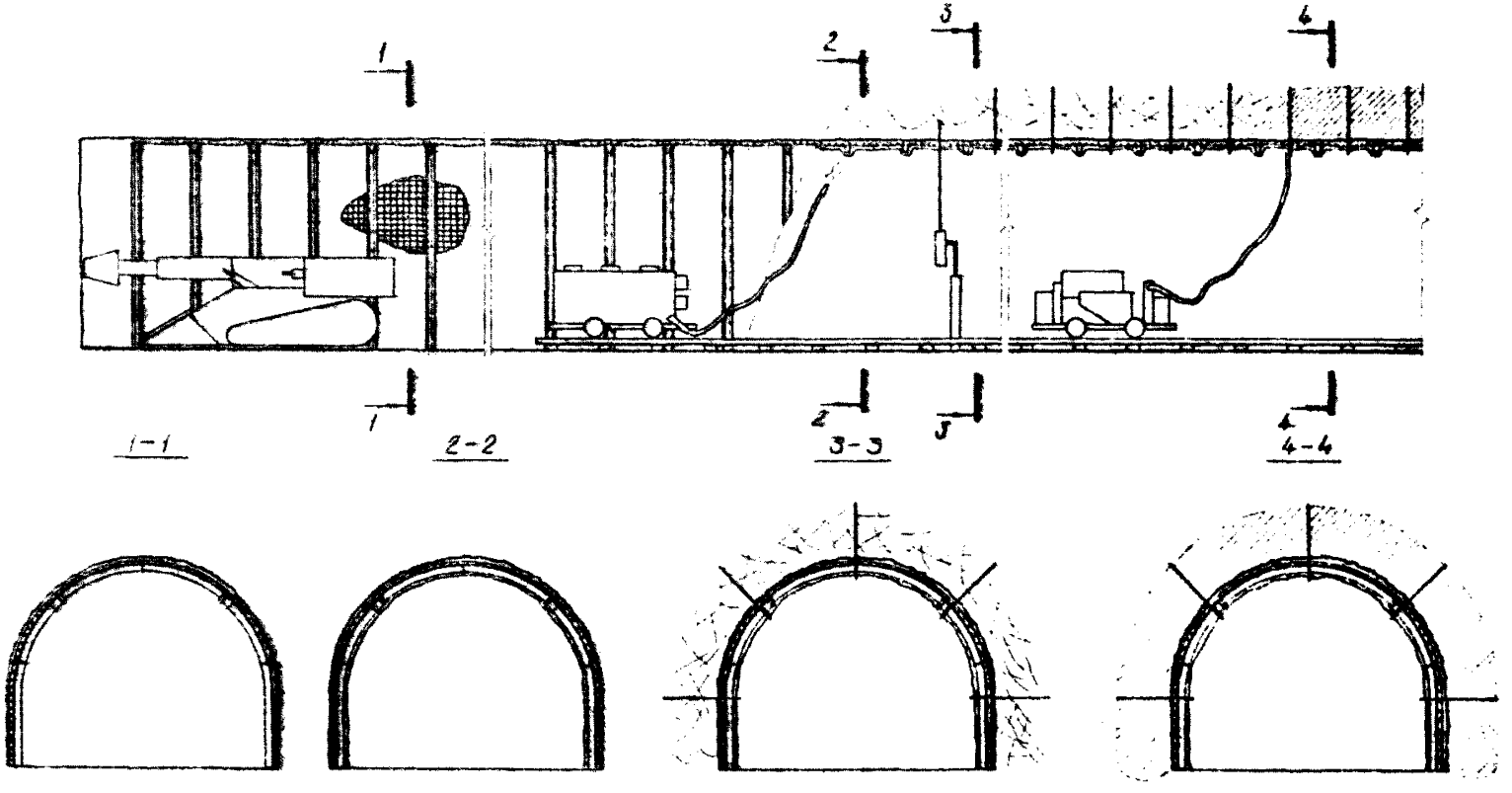

Рис.5 Конструктивно-технологическая схема У

производится инъекционное упрочнение пород, для чего по периметру выработки бурятся инъекционные скважины и оборудуются кондукторами. В случае появления трещин в набрызгбетонном покрытии выполняется повторный набрызг.

3.4. Толщина набрызгбетонного покрытия, используемого в качестве ограждающего элемента, - 3-5 см. При нанесении набрызгбетона по сетке толщина защитного слоя бетона должна быть не менее 3 см.

При использовании набрызгбетонного покрытия в качестве изолирующего элемента его толщина не превышает 2 см.

3.5. Возможная конструкция анкеров-инъекторов для реализации I-й и П-й конструктивно-технологических схем показаны на рис.6. Замок анкера должен обеспечивать усилие натяжения не менее 40 кН.

3.6. Металлическая сетка в схемах П и У применяется рулонная или в виде матов с размером ячейки не менее 80х80 мм.

3.7. Для обеспечения более плотного прилегания сетки к контуру выработки и повышения надежности анкерной крепи рекомендуется применять опорные плитки с распределительной арматурой (рис.7).

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРЕПЕЙ

4.1. Общие положения

4.1.1. Проектирование крепи горных выработок состоит из следующих основных этапов:

- оценка горно-геологических условий сооружения выработки и выбор типа крепи;

- расчет параметров взаимодействия крепи с горным массивом (геомеханических параметров упрочненной оболочки, требуемой податливости и несущей способности временной крепи);

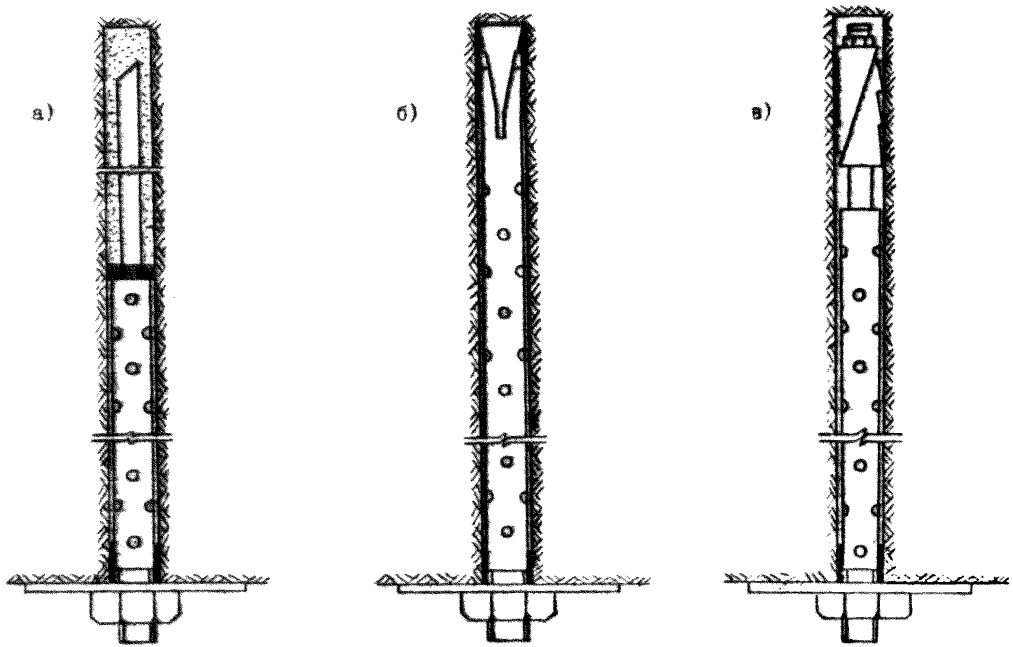

Рис.6 Конструкции анкеров-инъекторов:
а) со сталеполимерным замком;
б) с замком клиноцелевого типа;
в) с замком конструкции ДонУГИ

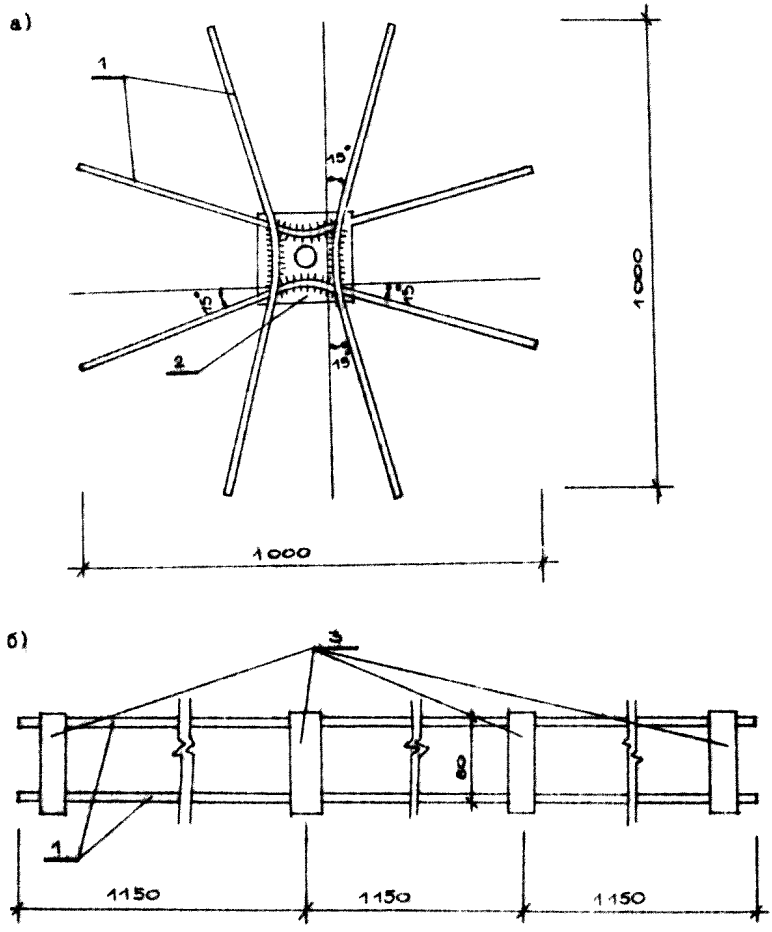

Рис.7 Поддерживающие элементы:

а) опорная плитка с распределительной арматурой;

б) гибкий подхват.

1. Арматурная сталь периодического профиля ∅ 10 мм.
2. Металлическая пластина 200x200x10.
3. Соединительная планка

- конструктивный расчет крепи;

- технико-экономическая оценка возможных вариантов крепления и выбор оптимального.

4.I.2. "Руководство..." регламентирует выполнение первых двух этапов проектирования крепи, зависящих от специфики инъекционного упрочнения пород. Методы конструктивного расчета и технико-экономической оценки крепей изложены в работах / I,3 /.

4.I.3. Исходными данными для проектирования крепи являются: назначение выработки, размеры поперечного сечения; глубина заложения, геологический разрез по сечению с указанием прочности всех слоев на высоту в кровле до I,5 ширины выработки и в почве на глубину, равную ее ширине (п.2.I8 СНиП II-94-80 "Подземные горные выработки").

4.I.4. Выработки, проведенные вкрест простирания, более устойчивы, чем выработки, проведенные по простиранию. Методика прогнозирования геомеханических параметров разработана для последнего случая, и использование ее для выработок квершлажного типа идет в запас надежности.

4.I.5. Горный массив характеризуется сопротивлением пород в образце одноосному сжатию, устанавливаемым экспериментально по результатам испытаний образцов пород. В случае отсутствия данных о сопротивлении пород сжатию для ориентировочных расчетов можно пользоваться коэффициентом крепости f по шкале М.М.Протодьяконова (при $f \geq 3$) по формуле

$$R = 10f \quad (\text{МПа}), \qquad (1)$$

4.I.6. Для смежных слоев, залегающих по контуру поперечного сечения выработки, с изменчивостью R в пределах до 30% следует

принимать усредненное значение расчетного сопротивления пород сжатию, определяемое по формуле

$$R_{ср} = \frac{R_1 m_1 + R_2 m_2 + \ldots + R_n m_n}{m_1 + m_2 + \ldots + m_n} \qquad (2)$$

где $R_1, \ldots, R_n$ - расчетное сопротивление сжатию пород в каждом слое пород;

$m_1, \ldots, m_n$ - мощность слоя.

При изменчивости сопротивления пород сжатию в кровле, боках или почве выработки свыше 30%, R следует считать по формуле (2) отдельно по элементам выработки (кровле, боках и почве).

4.2. Выбор конструктивно-технологической схемы крепи

4.2.1. Выбор конструктивно-технологической схемы крепи выработки производится в зависимости от характера проявлений горного давления, исходя из оценки горно-геологических условий.

4.2.2. Для оценки горногеологических условий используется параметр $\frac{\gamma H}{R}$, связывающий напряженное состояние массива γH и прочность вмещающих пород R.

4.2.3. Рекомендации по выбору конструктивно-технологической схемы крепления выработки приведены в табл.1.

Таблица 1

Значение параметра $\frac{\gamma H}{R}$	Характеристика проявлений горного давления	Рекомендуемая конструктивно-технологическая схема крепи
1	2	3
$\frac{\gamma H}{R} \leq 0{,}35$	Вокруг выработки образуется зона технологической трещиноватости от буровзрывных работ. Основной формой проявлений горного давления является локальное вывалообразование	I

Продолжение табл.I

I	2	3
$0{,}35 < \frac{\delta H}{R} \leq 0{,}4$	Вокруг выработки начинает формироваться зона неупругих деформаций. Возможно вывалообразование по всему контуру. Смещения за 30 суток не превышают 100 мм	П
$0{,}4 < \frac{\delta H}{R} \leq 0{,}5$	Вокруг выработки формируется зона неупругих деформаций. Крепь работает в режиме взаимовлияющей деформации. Смещения контура за 30 суток не превышают 200 мм.	Ш
$0{,}5 < \frac{\delta H}{R} \leq 0{,}8$	Вокруг выработки формируется зона неупругих деформаций и зона интенсивной трещиноватости размером до 3-х метров. Крепь работает в режиме взаимовлияющей деформации. Смещения за 30 суток превышают 200 мм	IУ У

4.3. Методика расчета геомеханических параметров крепи

4.3.I. Основными геомеханическими параметрами крепей, использующих несущую способность заинъектированного массива являются:

- время отставания инъекционных работ от проходческих;
- податливость и грузонесущая способность крепи первого этапа (поддерживающей выработку до создания оболочки из упрочненных пород);
- глубина инъекционного упрочнения пород;
- требуемая степень упрочнения пород.

4.3.2. Время отставания тампонажных работ от проходческих определяется по номограмме рис. 8, исходя из условия, чтобы оболочка заинъектированных пород могла выполнять функцию постоянной крепи (обладала необходимой деформативностью и несущей способностью).

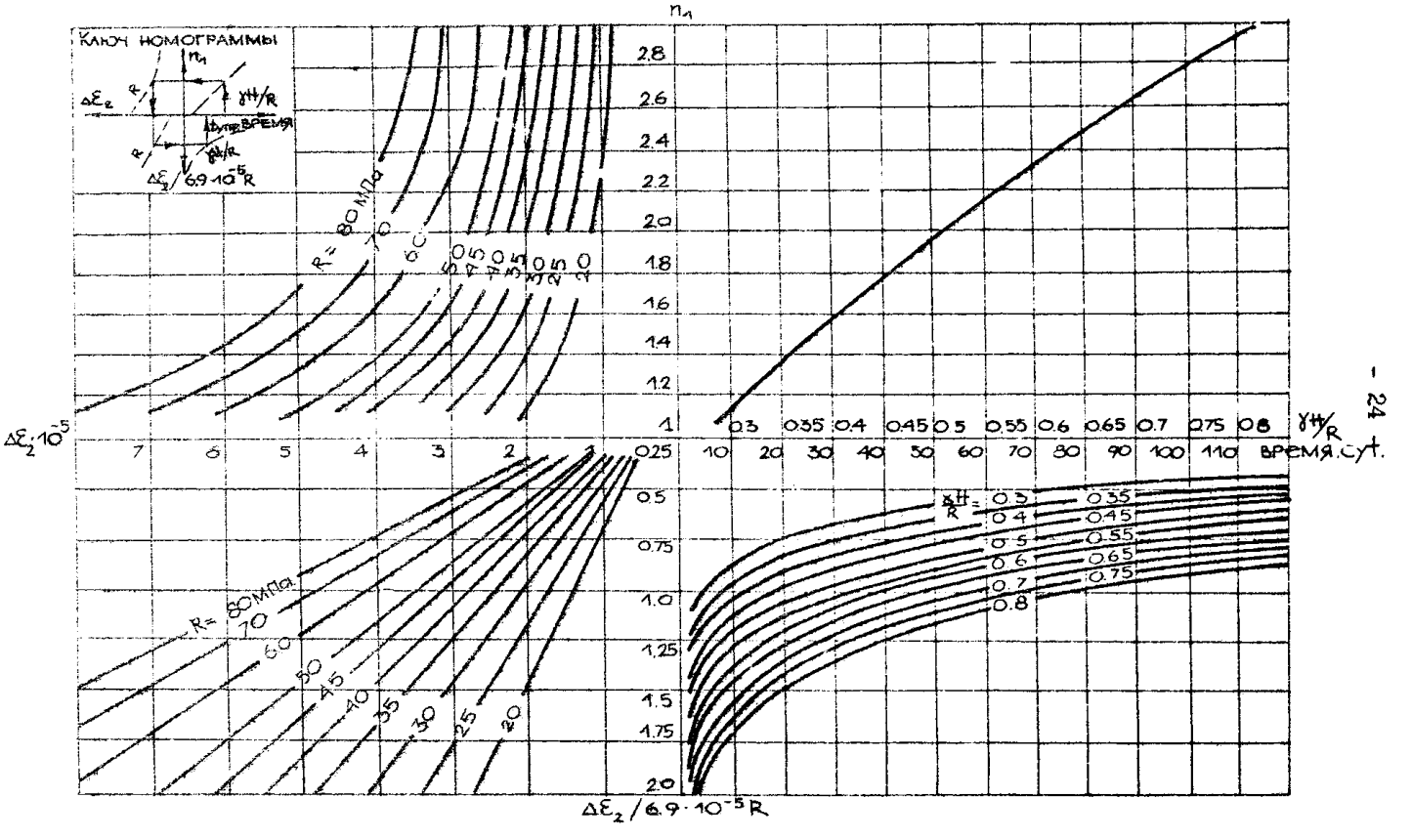

Рис.8 Номограмма для определения времени начала инъекционных работ

4.3.3. Параметры временной крепи, поддерживающей выработку до создания оболочки из упрочненных пород (требуемая податливость и грузонесущая способность), определяются соответственно по номограммам рис.9 и рис.10.

4.3.4. Глубина нагнетания скрепляющих растворов (толщина упрочненной оболочки) определяется по номограмме рис.11.

4.3.5. Выбор типа и состава скрепляющего раствора осуществляется на основании расчета требуемой степени упрочнения пород (коэффициента упрочнения):

$$K_y = \frac{R_y}{R} = 0{,}7 f_{nt} - 0{,}09$$

где f_{nt} - функция снижения прочности, значения которой определяются по графику рис.12.

4.3.6. При использовании раствора на базе портландцемента марки 400, состав его может быть подобран по графику рис.13.

5. МЕХАНИЗАЦИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ

5.1. Для бурения скважин под анкера и инъекторы используются ручные и колонковые электро- и пневмосверла, ручные и телескопические перфораторы, специальные станки для анкерования. Технические характеристики вышеуказанных средств бурения приведены в приложении 2. Кроме того для бурения скважин под анкеры могут быть использованы бурильные установки БУА-1С и БУА-3.

5.2. Выбор бурильного оборудования осуществляется исходя из крепости пород и размеров выработки, в соответствии с рекомендациями табл.2.

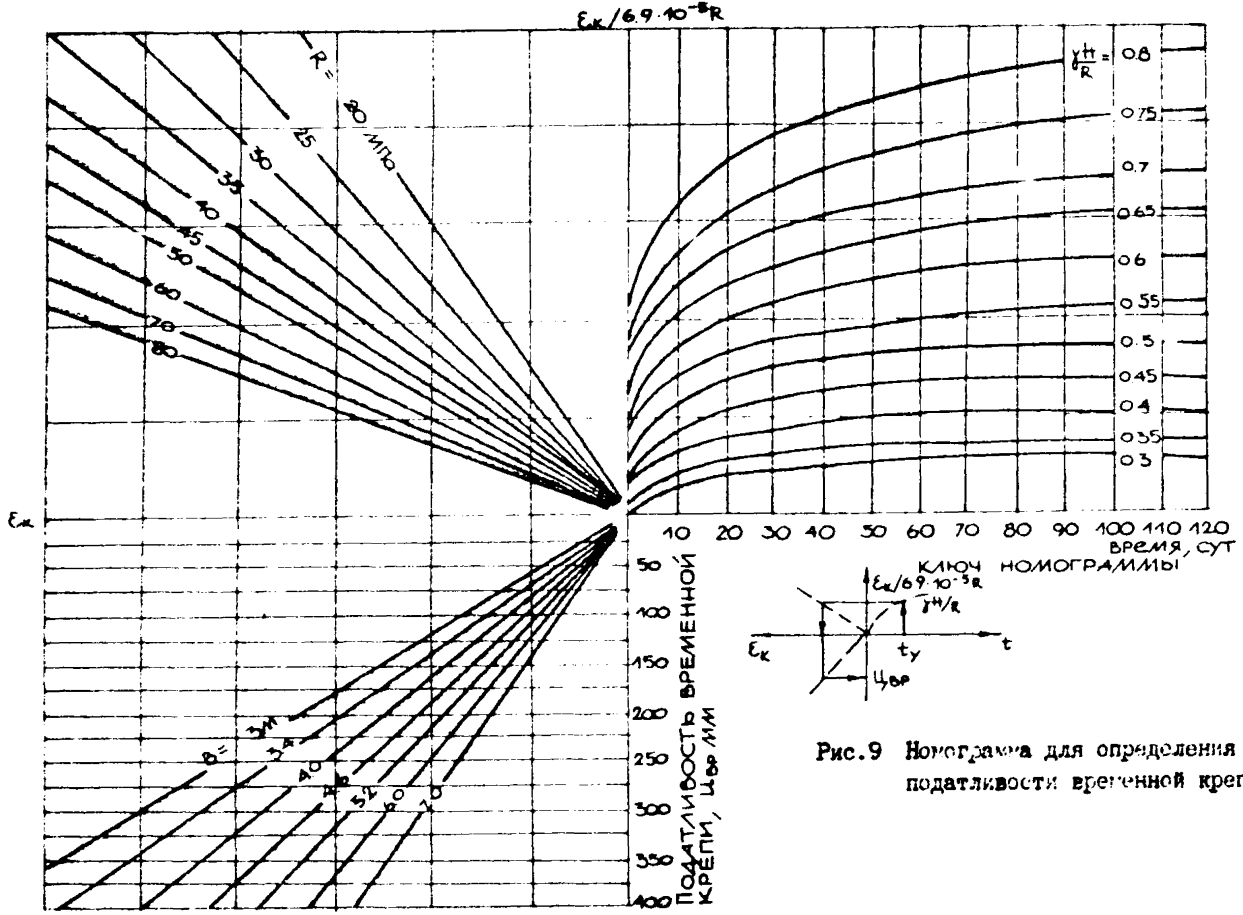

Рис.9 Номограмма для определения податливости временной крепи

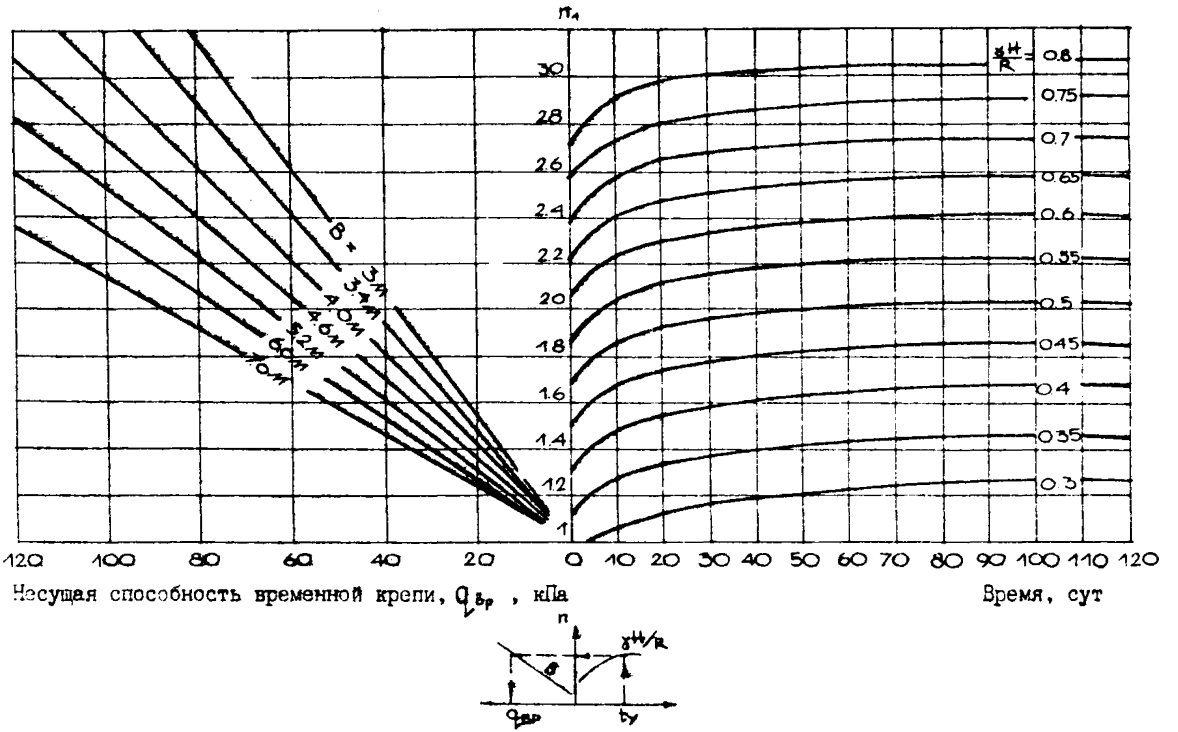

Рис.10 Номограмма для определения несущей способности временной крепи

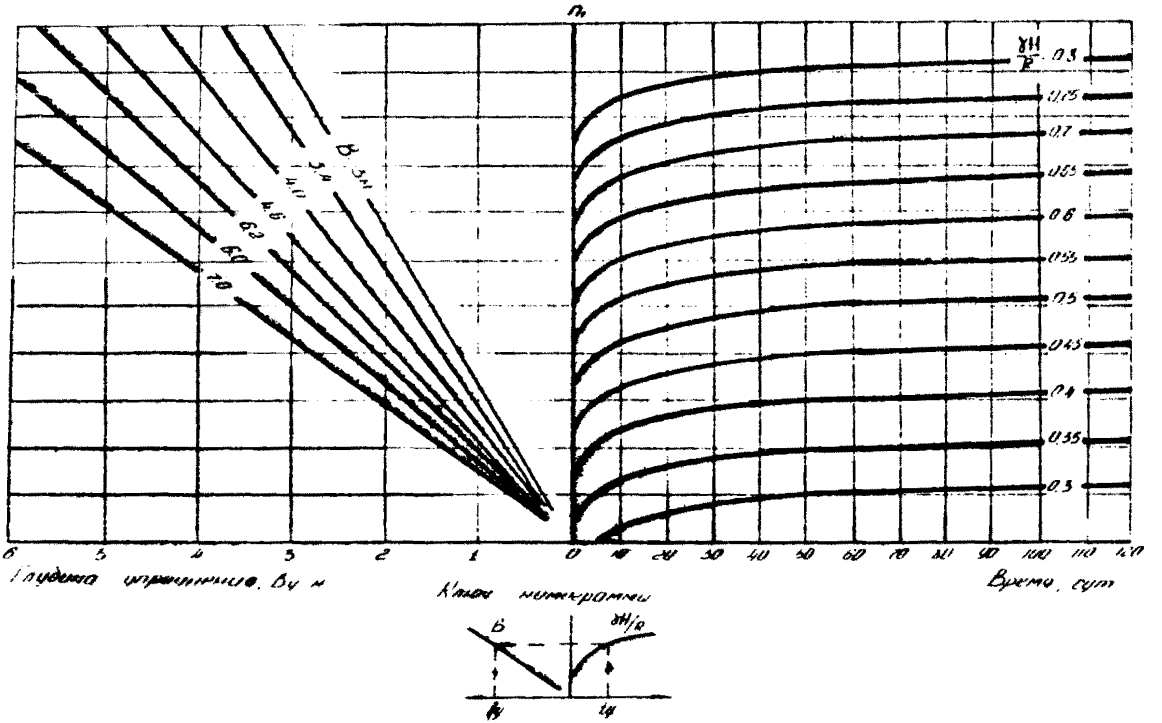

Рис.II Номограмма для определения глубины упрочнения

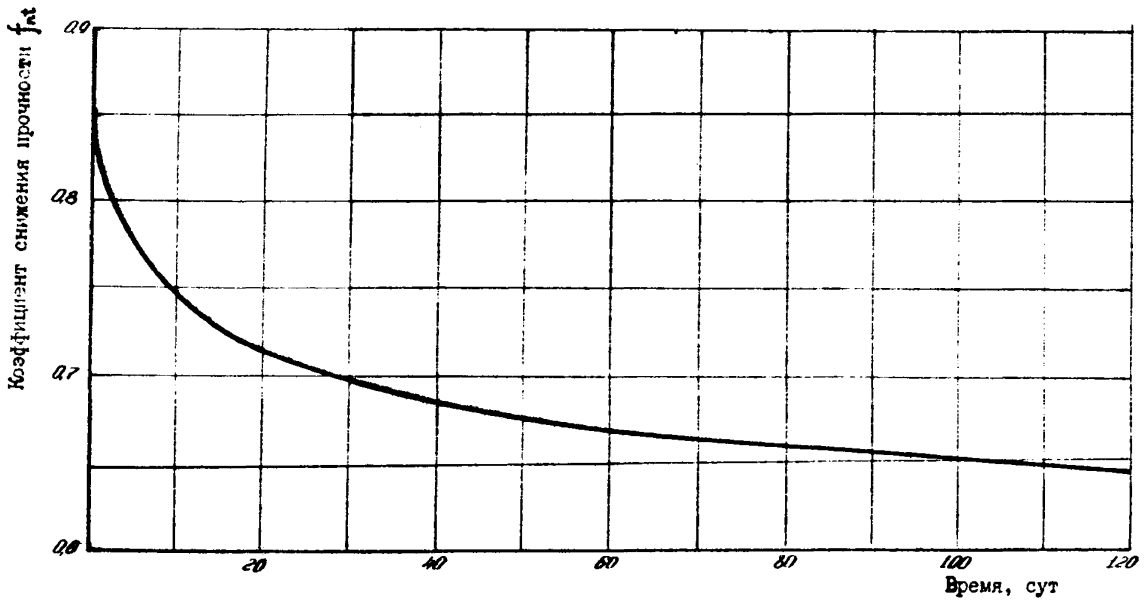

Рис.12 График функции снижения прочности вмещающих пород во времени

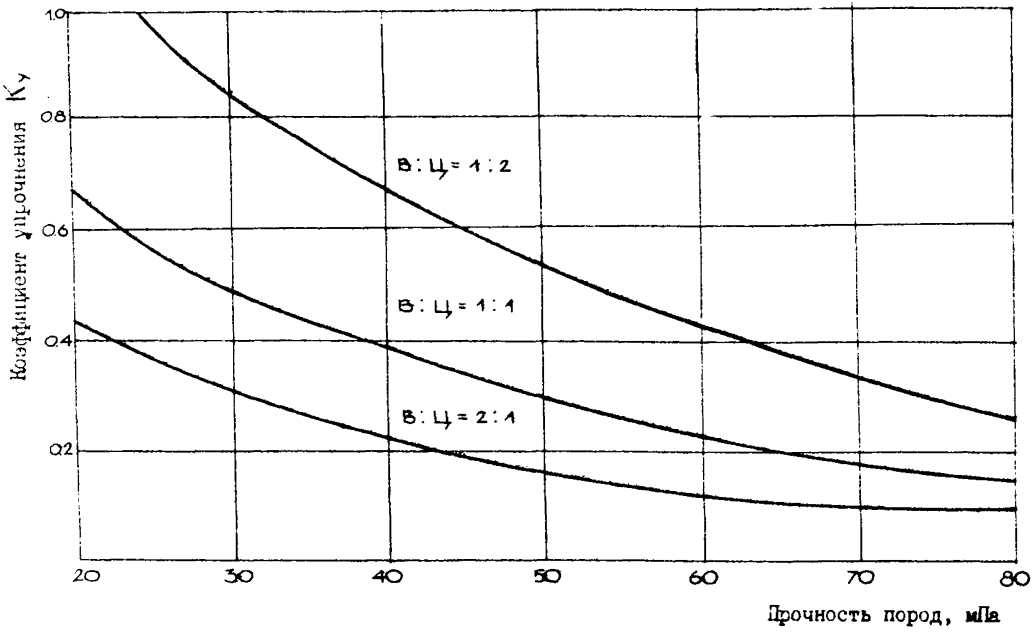

Рис.13 График для подбора состава инъекционного раствора на основе портландцемента марки 400

Таблица 2

Коэффициент крепости по шкале проф. М.М.Протодьяконова	Высота выработки в проходке, м	
	≤ 3,0	> 3,0
$f \leq 4$	УНАК ПА-I	СР-3[*] СЭР-I9 м[*] БУА-Iс
$4 < f \leq 8$	МАП-I ПР-25 л[*] ПР-30[*]	ЭРП-I8 ДМ ПР-25 л[*] ПР-30[*]
$f > 8$	ПР-25 л[*] ПР-30[*]	БУА-3 БУЭ-I А ПР-30[*]

[*] с использованием пневмоподдержек П-8, П-II, П-I3

5.3. Для создания изолирующих и несущих набрызгбетонных покрытий применяются машины "сухого" и "мокрого" набрызга.

При "сухом" способе по трубопроводу транспортируется сухая смесь, а затворение ее водой происходит в сопле-смесителе перед самым нанесением бетона.

При "мокром" способе по трубопроводу к месту производства работ транспортируется готовая (затворенная водой) смесь, которая наносится за счет кинетической энергии сжатого воздуха, подводимого к соплу смесителя.

Следует иметь в виду, что покрытие, нанесенное "сухим" способом, имеет большую прочность, чем такое же покрытие, нанесенное "мокрым" способом. В то же время при "мокром" способе отсутствует запыленность воздуха и снижается отскок материала.

Прочность "мокрого" набрызга можно приблизить к прочности "сухого", используя активированные растворы.

5.4. Технические характеристики набрызгмашин, работающих на сухих и мокрых смесях приведены в табл.4,5 (приложение 2).

5.5. Отраслевой лабораторией подземных сооружений Минуглепрома УССР при Макеевском инженерно-строительном институте разработана установка для выполнения набрызгбетонных ("мокрый" способ) и инъекционных работ, которую легко изготовить в шахтных электромеханических мастерских[*]. Она представляет собой (рис.I4) платформу от шахтной вагонетки, на которой размещено серийно выпускаемое смесительное и нагнетательное оборудование.

Технические характеристики установки

Тип платформы шахтной вагонетки	ВГ-3,3
Тип смесителя	Собственной конструкции (типа СБ-97)
Производительность смесителя, $м^3/ч$	8 - I0
Тип насоса	С0-I0
Производительность насоса, $м^3/ч$	4 - 6
Емкость смесителя, $м^3$	0,25
Емкость приемного резервуара, $м^3$	0,25

Производительность агрегата:

В режиме набрызгбетонирования, $м^2/ч$	80-I20
В режиме нагнетания раствора, $м^3/ч$	4 - 6
Максимальное давление нагнетания, МПа	I,5
Мощность привода насоса, кВт	7,5
Мощность привода смесителя, кВт	5,0

Габариты агрегата:

Длина, мм	3450
Ширина, мм	I800
Высота, мм	I550

---

[*] Рабочие чертежи установки можно получить в отраслевой лаборатории подземных сооружений МакИСИ

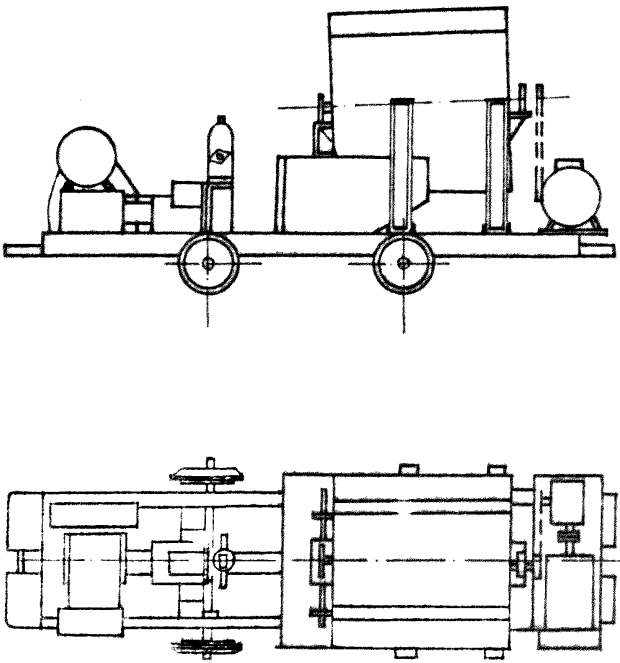

Рис.I4 Установка для выполнения набрызгбетонных и инъекционных работ конструкции МакИСИ

5.6. Для выполнения тампонажа закрепного пространства и инъекционного упрочнения пород применяются либо специальные установки (типа УЗТ-139, конструкции показанной на рис.14 или подобные установки конструкции ВНИИОМШСа, ИГТМ АН УССР и др.), либо отдельно выпускаемые растворомешалки и насосы.

5.7. Для приготовления качественных цементных, цементно-песчаных растворов, а также растворов на магнезиальных вяжущих, применяются лопастные или турбулентные растворосмесители, техническая характеристика которых приведена в табл.6 (приложение 2).

5.8. При отсутствии серийно-выпускаемого оборудования приготовление раствора может осуществляться в обычной вагонетке с глухим дном, оборудованной лопастным или шнековым смесителем с приводом от пневмо- или электродвигателя (рис.15). Кроме того, перемешивание раствора можно осуществлять сжатым воздухом, для чего на дно вагонетки укладывается конструкция из металлических перфорированных труб, к которым подводится сжатый воздух (рис.16).

5.9. Для нагнетания растворов следует применять буровые геолого-разведочные насосы типа НБЗ-120/40, НВ-32, НВ-50 и строительные насосы типа СО (табл. 7 и 8 приложение 2).

6. РАСТВОРЫ ДЛЯ НАБРЫЗГБЕТОННЫХ И ИНЪЕКЦИОННЫХ РАБОТ

6.1. В набрызгбетонных смесях в качестве вяжущего рекомендуется применять портланд, шлакопортланд, гипсоглиноземистые и водонепроницаемые расширяющиеся цементы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 310-60, 10178-62. Вяжущие должны иметь марку не ниже 300. При наличии агрессивных вод, для повышения долговечности цементного камня используют агрессивно-устойчивые цементы. При нагнетании

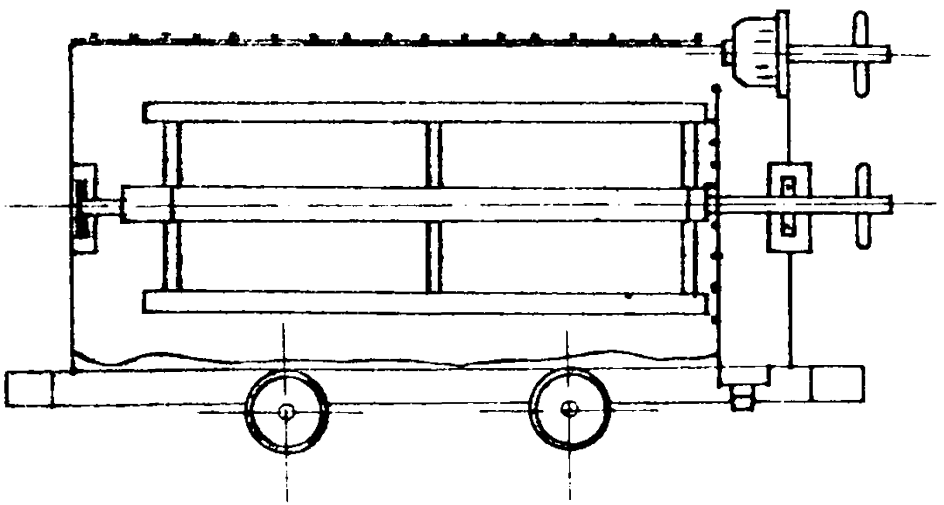

Рис.I5 Смеситель на базе шахтной вагонетки со шнеком

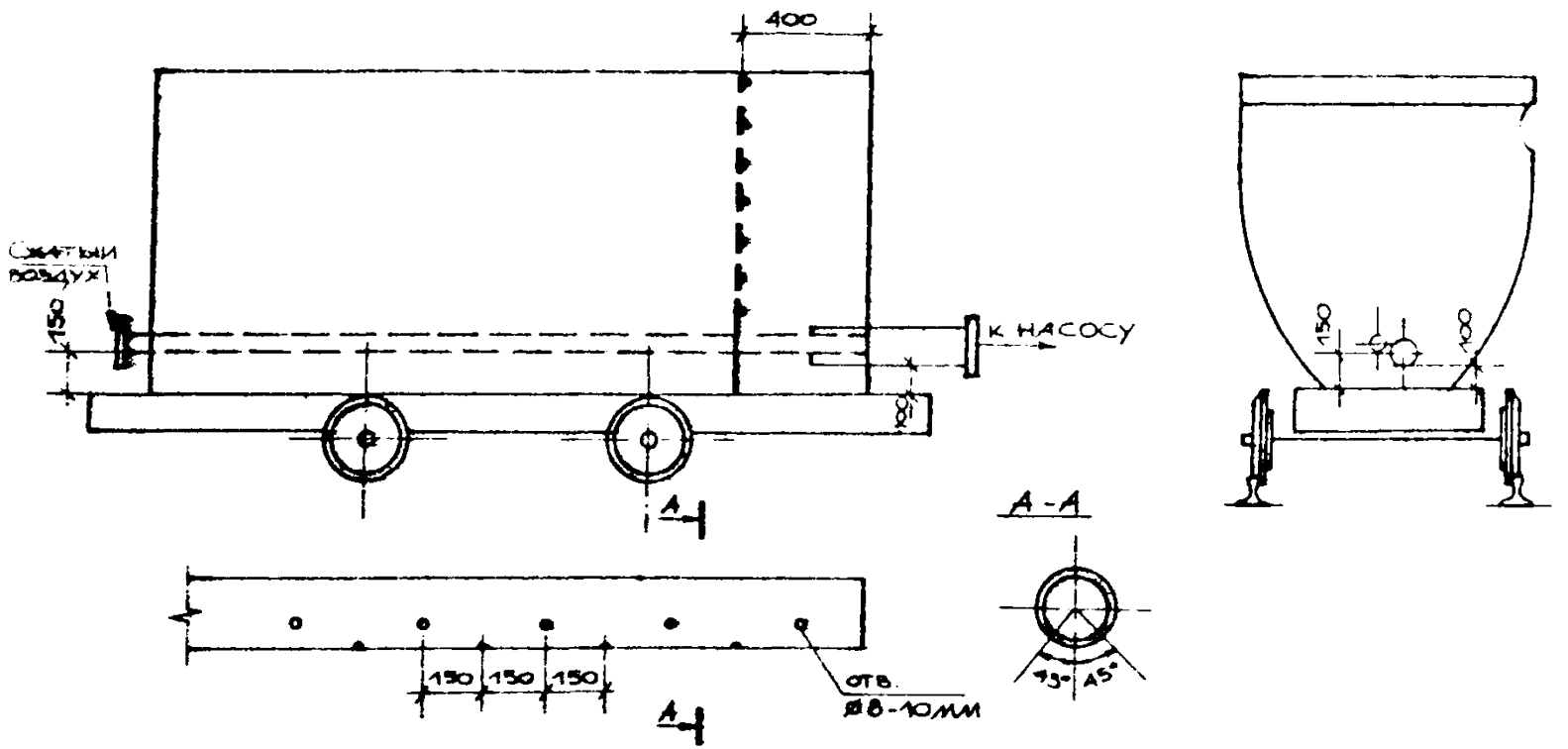

Рис.I6 Смеситель, работающий на сжатом воздухе

углекислотной и кислотной агрессивности рекомендуется применять пуццолановый цемент или шлакопортландцемент, при наличии сульфатной агрессивности - сульфатостойкий портландцемент и сульфатостойкий пуццолановый портландцемент.

6.2. С целью уменьшения сроков схватывания и твердения растворов применяются ускоряющие добавки (табл.3).

Добавки-ускорители вводятся или с водой затворения или добавляются в виде порошков в сухую смесь. При "мокром" способе производства набрызга добавки можно подавать к соплу с потоком сжатого воздуха.

Таблица 3

Добавки	Химический состав	Физическое состояние	Кол-во от веса цемента,%	Продолжительность схватывания,мин.
ОФС	$(2Na_2O \cdot Al_2O_3)$ $(Fe_2O_3 \cdot Na_2O)$	порошок	3 - 4	I - 5
Фтористый натрий	NaF	порошок	3 - 4	2 - 4
Хлористый кальций	$CaCl_2$	порошок или жидкость	3 - 5	I0 -I2
Силикат натрия (растворимое жидкое стекло)	$Na_2O \cdot SiO_2$	жидкость	3 -I0	I -I5
Алюминат натрия	$Al_2O_3 \cdot Na_2O$	жидкость	2 - 3	7 -I5
Хлористое железо	$FeCl_3$	водный раствор	2 - 6	3 - 5
НКА-I (смесь в соотношении I:0,6 по весу)	$NaAlO_2 + K_2CO_3$	растворимая паста	2 - 6	I - 5
НКА-2 (смесь в соотношении I:0,6:0,8 по весу)	$NaAlO_2 + K_2CO_3 + H_2SO_4$	водорастворимая паста	2 - 4	I - 3

Щебень должен соответствовать требованиям СНиП Ш-15-76, ГОСТ 8267-75, 8268-74, 10268-70.

При использовании песка в качестве заполнителя надо руководствоваться ГОСТ 8736-77 и 10268-70.

Влажность песка при "сухом" способе набрызга должна быть в пределах 3-5%. При "мокром" способе влажность не ограничивается.

6.5. Содержание крупного заполнителя должно быть в пределах 20-50%, а максимальный размер его зерен не должен превышать величин, указанных в табл.4.

Таблица 4

Толщина набрызгбетонного покрытия, мм	Максимальный размер частиц заполнителя, мм
менее 30	5
30 - 100	10

6.6. Расход цемента на I $м^3$ сухой смеси зависит от его марки, требуемой прочности бетона, гранулометрического состава заполнителя и ориентировочно может приниматься по табл.5.

Таблица 5

Состав набрызгиваемой смеси	Марка цемента	Расход цемента на I $м^3$ сухой смеси (кг) при проектной марке набрызгбетона				
		300	350	400	450	500
цемент +	400	540	580	625	-	-
песок	500	-	515	555	590	625
	600	-	460	500	540	570
цемент +	400	250	300	350	-	-
песок +	500	-	260	300	350	370
щебень	600	-	230	270	300	350

6.7. Расход остальных компонентов на I м^3 сухой смеси определяется из условия сохранения абсолютного объема смеси после смешения компонентов с учетом коэффициента выхода готовой продукции, равного 0,9.

$$V_п + V_ц + V_щ = 0,9 \text{ м}^3$$

6.8. При применении влажного песка окончательный объем его должен быть увеличен с учетом поправочного коэффициента, представленного в табл.6.

Таблица 6

Влажность песка, %	Поправочный коэффициент	
	Номенклатура песка	
	мелкий	средний и крупный
I	I,05	I,03
2	I,I0	I,04
3	I,I5	I,06
5	I,I7	I,08
7	I,20	I,I2

6.9. Для заполнения пустот закрепного пространства и инъекционного упрочнения вмещающих пород наиболее экономичным на данном этапе следует считать применение цементно-песчаных и цементных растворов. Требования к материалам для их приготовления такие же, как и к материалам для набрызгбетона (п.п6.I-6.4).

6.I0 Для увеличения подвижности растворов и предотвращения их расслаивания применяются пластифицирующие добавки: сульфитнодрожжевая бражка (сульфитно-спиртовая барда ГОСТ 85I8-57) в количестве 0,2-0,3 % от веса цемента или бентонит в количестве I +4 %.

6.II. Расход компонентов для приготовления I м^3 цементно-песчаного раствора определяется по формулам:

$$Q_ц = \frac{Ц \rho_ц \rho_в \rho_п}{Ц \rho_в \rho_п + В \rho_ц \rho_п + П \rho_ц \rho_в};$$

$$Q_п = \frac{П \rho_ц \rho_в \rho_п}{Ц \rho_в \rho_п + В \rho_ц \rho_п + П \rho_ц \rho_в};$$

$$Q_в = \frac{В \rho_ц \rho_в \rho_п}{Ц \rho_в \rho_п + В \rho_ц \rho_п + П \rho_ц \rho_в}.$$

6.I2. Примерные составы цементно-песчаных растворов приведены в табл.7.

Таблица 7

Состав раствора Ц : П : В	Расход компонентов для приготовления I м^3 раствора, кг		
	цемент	песок	вода
I : 2 : I,0	480	960	480
I : 3 : I,08	392	II76	423
I : 3 : 2,00	288	865	576
I : 4 : I,57	292	II68	458
I : 5 : 2,I4	228	II42	488

6.I3. Расход компонентов для приготовления I м^3 цементного раствора определяется по формулам:

$$Q_ц = \frac{Ц \rho_ц \rho_в}{Ц \rho_в + В \rho_ц};$$

$$Q_в = \frac{В \rho_ц \rho_в}{Ц \rho_в + В \rho_ц}.$$

6.14. Примерные составы инъекционных цементных растворов приведены в табл.8.

Таблица 8

Состав раствора Ц : В	Расход компонентов для приготовления 1 м³ раствора, кг	
	цемент	вода
2 : 1	1230	610
1 : 1	760	760
1 : 2	430	840
1 : 3	300	910

6.15. В наиболее сложных горногеологических условиях для инъекционного упрочнения вмещающих пород рекомендуется использовать растворы на магнезиальном вяжущем, которые по сравнению с цементными имеют меньший срок схватывания и дают более прочный тампонажный камень.

6.16. Теоретический расчет магнезиального состава производится по формуле

$$7\,MgO \cdot MgCl_2 \cdot 12\,H_2O$$

Соотношение твердого к жидкому Т:Ж = 1,4-1,5:1 при плотности хлористого магния $\rho_{MgCl_2} = 1{,}24 \cdot 10^3 - 1{,}26 \cdot 10^3$ кг/м³.

6.17. Процентное содержание и расход компонентов на 1 м³ раствора магнезиальных составов приведены в табл.9.

Таблица 9

Наименование компонентов	Состав 1		Состав 2	
	Содержание компонентов, %	Расход компонентов на 1 м³, кг	Содержание компонентов, %	Расход компонентов на 1 м³, кг
1	2	3	4	5
Водный раствор хлористого маг-	40	667	42	661

Продолжение табл.9

I	2	3	4	5
ния плотностью $1,24 \cdot 10^3$ - $1,28 \cdot 10^3$ кг/м^3, ГОСТ 4209-77				
Порошок магнезитовый каустический марки ПМК-75, ГОСТ 1216-75	48	800	-	-
Порошок магнезитовый каустический марки ПМК-83, ГОСТ 1216-75	-	-	50	787
Глина бентонитовая ТУ-39-043-74	12	200	8	126

6.18. Техническая характеристика растворов на магнезиальном вяжущем приведена в табл.10. Для увеличения деформативности магнезиального состава вместо бентонитовой глины применяется латекс СМС-65, ГОСТ 10564-75, в количестве 3+7% от веса магнезитового порошка.

Таблица 10

Наименование показателя	Состав	
	I	2
Срок схватывания, мин при t = 25°С	65	50
Начальная динамическая вязкость при t = 25°С, Па·С	0,35	0,32
Предел прочности на сжатие через 3 суток, МПа	40-50	50-60
Сила сцепления (адгезия) с породой через 3 суток, МПа	5,0-6,0	6,0-7,0

7. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

7.I. Общая технологическая схема возведения рекомендуемых конструкций крепи рассмотрена в п.п.3.I-3.3 и состоит из двух этапов:

- первый этап начинает выполняться в забое выработки и заключается в возведении элементов крепи, поддерживающих выработку до создания оболочки из упрочненных пород;

- второй этап включает в себя работы, связанные с инъекционным упрочнением пород приконтурной зоны, и выполняется с отставанием от проходческого забоя (время отставания является геомеханическим параметром и регламентируется п.4.3.2).

7.2. Технология работ первого этапа - это традиционная технология крепления выработок известными конструкциями, которая регламентируется инструкциями по применению соответствующих видов крепи / I, 3, 2 /.

7.3. Технология работ второго этапа - инъекционного упрочнения пород включает в себя подготовительные работы и непосредственно приготовление и нагнетание тампонажного раствора.

При возведении конструкций, использующих набрызгбетонное покрытие и анкера-инъекторы (схемы I, П, У), подготовительные работы заключаются только в проверке и обеспечении герметичности набрызгбетонного покрытия, а инъекционное упрочнение выполняется в один этап (отсутствует необходимость тампонажа пустот закрепного пространства).

Для конструкций, использующих металлоарочную крепь (схемы Ш,IУ), подготовительные работы заключаются в подготовке участка для тампонажа, герметизации крепи, бурении тампонажных скважин и оборудовании их кондукторами (при применении магнезиальных составов инъекторами многоразового использования*).

---

* Чертежи инъектора многоразового использования можно получить в отраслевой лаборатории подземных сооружений МакНИИ.

7.4. Подготовка тампонажного участка заключается в устройстве по длине выработки герметизирующих перемычек, расстояние между которыми колеблется от 15 до 30 м (в зависимости от тщательности забутовки пустот закрепного пространства) и уточняется в процессе производства тампонажных работ. Перемычки рекомендуется устраивать в процессе возведения крепи в виде бетонной или полубетонной стенки (шириной 0,4÷0,5 м) между породным контуром и крепью. В пройденных выработках перемычки можно устраивать путем заливки бесщебеночного бетона за крепь через шпуры, пробуренные по периметру последней через 0,7÷1,0 м и оборудованные кондукторами.

7.5. Чеканка трещин в монолитной крепи и швов в сборной крепи выполняется густым цементно-песчаным раствором. Для герметизации рамной крепи с железобетонной затяжкой целесообразно по контуру выработки наносить слой набрызгбетона толщиной 2-3 см.

7.6. Для выполнения первого этапа тампонажа посредине тампонажного участка через крепь бурятся три шпура (два в боках и один в кровле) и оборудуются кондукторами.

Заполнение пустот закрепного пространства начинают через кондукторы, установленные в боках, а заканчивают через третий кондуктор в кровле. Вначале нагнетания применяют цементно-песчаный раствор густой консистенции (Ц:П:В=1:3:2), постепенно повышая водоцементное отношение по мере заполнения закрепного пространства. Давление на первом этапе тампонажа можно доводить не более, чем до 0,2 МПа (с учетом несущей способности и состояния крепи).

7.7. Второй этап упрочнения следует начинать через 7-10 суток после заполнения пустот закрепного пространства. Нагнетание раствора в трещиноватый массив производится через скважины, пробуренные на требуемую глубину упрочнения и оборудованные кондукторами. Скважины бурятся по периметру выработки в радиальном направлении и рас-

полагаются в шахматном порядке, исходя из расчета - одна скважина на 2-5 м^2 площади ее поверхности (чем меньше трещиноватость приконтурного массива, тем меньше расстояние между скважинами).

Для нагнетания применяется чисто цементный раствор с водоцементным отношением от I:2 в начале нагнетания до I:I в конце. Давление на втором этапе доводится до 0,7-I,0 МПа.

При применении магнезиальных растворов давление на втором этапе может доводиться до 5 МПа.

7.8. Тампонажное оборудование следует располагать таким образом, чтобы оно не мешало работам проходческого цикла и транспорту. Для этого в выработках устраивают съезды, уширения, размещают оборудование на сбойках, сопряжениях или во временных камерах.

Технические возможности тампонажного оборудования позволяют вести нагнетание на расстоянии 50-I00 м от места его установки. Расстояние между уширениями (нишами) в одноцутевых выработках следует принимать равным I50-200 м.

7.9. Специфика технологии и организации инъекционных работ в наклонных выработках заключается в следующем. Длина тампонажного участка должна приниматься в пределах I0-I2 м. Для выполнения первого этапа - тампонажа закрепного пространства посредине тампонажного участка бурятся три шпура (два в боках и один в кровле) и оборудуются тампонажными трубками, а у верхней границы участка бурится и оборудуется тампонажной трубкой один шпур в кровле.

Заполнение пустот закрепного пространства следует начинать через кондукторы, установленные в боках, затем переходить к кондуктору, установленному в кровле посредине участка и заканчивать через кондуктор, расположенный у верхней границы участка.

Работы по нагнетанию раствора в приконтурный массив в пределах тампонажного участка следует вести через глубинные кондукторы (схе-

ма их расположения такая же, как и для горизонтальных выработок) в направлении снизу вверх.

7.10. Ориентировочный расход нагнетаемого раствора при производстве тампонажных работ в зависимости от величины пустот закрепного пространства и степени трещиноватости приконтурного массива принимается равным 0,2-0,4 $м^3$ на I $м^2$ поверхности крепи выработки. Для условий глубоких шахт Донбасса более точно расход нагнетаемого раствора при тампонаже закрепного пространства и инъекционном упрочнении пород может быть определен по методике, приведенной в приложении IУ.

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

Надежность работы крепи, использующей несущую способность заинъектированного массива, определяется соблюдением технологии ее возведения и качеством выполнения отдельных конструктивных элементов.

8.1. Контроль качества установки анкеров (анкеров-инъекторов) включает контроль натяжения и прочности закрепления анкеров, а также контроль за состоянием и смещением заанкерованной толщи пород.

8.2. Контроль натяжения анкеров осуществляется с помощью динамометрических ключей (КД-I, КДМ-4 и КДМ-6, М-40 и др.) или путем установки термически обработанных пружин шайб Гровера из стали 65 Г. При нормальном натяжении несомкнутые концы шайбы Гровера должны сжиматься.

8.3. Контроль прочности закрепления анкеров в скважинах производится механическими и гидравлическими приборами типа ПКА, ПА-3, УВШ-15/5, МВ-2, ПВ-3, ДГА и др.

8.4. Контроль за состоянием и смещением заанкерованной толщи пород осуществляется инструментальными наблюдениями на контурных и глубинных реперных станциях, нивелированием реперов и визуальным осмотром.

Состояние устойчивости заанкерованной толщи может определяться установкой контрольных глубинных реперов, которые закрепляются вне зоны смещения пород на глубине 3-6 м и выступают в выработку не менее 10 см. В случае, если смещения контура по сравнению с глубинным репером превысят 100 мм, необходимо произвести усиление крепи (применить крепь подпорного типа).

8.5. Контроль качества набрызгбетонного покрытия включает проверку качества исходных компонентов, соблюдение установленных норм расхода материалов в процессе приготовления смеси, испытание образцов бетона на прочность в соответствии с ГОСТом 4800-59, соблюдение параметров покрытия и требований, предъявляемых к нему проектом крепления.

8.6. Испытания цементов и заполнителей производятся согласно требованиям, которые регламентируются стандартными методиками.

8.7. С целью проверки прочностных характеристик набрызгбетонного покрытия изготавливаются образцы 10x10x10 см, которые испытываются на сжатие и изгиб в возрасте 1,3 и 7 ч., а также 1,7 и 28 суток.

Определение прочности уложенного набрызгбетона осуществляется по результатам испытаний образцов из выбуренных кернов, а также с помощью прибора Вольфа или специальных эталонных молотков.

8.8. Толщина набрызгбетонного покрытия замеряется металлическими щупами. Контроль формы покрытия производится с помощью маяков, шаблонов, легких лекал и внешнего осмотра.

8.9. Контроль состояния набрызгбетонного покрытия осуществляется наружным осмотром и простукиванием молотком. Глухой звук при простукивании свидетельствует об отсутствии сцепления нанесенного покрытия к породам. Отслоившееся покрытие должно быть обобрано и восстановлено повторным набрызгом.

Образуемые при некачественном ведении набрызгбетонных работ оплывы, отслоения и выкрашивания должны немедленно удаляться.

8.10. Приемка выполненных работ по нанесению набрызгбетонного покрытия должна производиться в соответствии со СНиП III-15-76.

8.11. Контроль качества работ по тампонажу закрепного пространства и инъекционному упрочнению пород включает соблюдение геомеханических и технологических параметров выполняемых процессов, а также определение степени заполнения тампонажными растворами пустот закрепного пространства и трещин вмещающего выработку массива.

8.12. Геомеханические и технологические параметры инъекционного упрочнения пород регламентируются проектом производства работ. При правильном их соблюдении обеспечивается надежность и долговечность возводимой крепи в течение всего срока ее эксплуатации.

8.13. Контроль качества тампонажных работ может осуществляться по выбуренным кернам затампонированного массива и контрольному перебуриванию упрочненной зоны с последующим осмотром стенок шпура перископическим прибором РВП. По выбуренным кернам определяется качество заполнения трещин раствором и прочностные характеристики упрочненных пород.

8.14. Для приближенной оценки качества работ при тампонаже закрепного пространства в выработках с металлическими арками и железобетонной затяжкой плотность заполнения пустот раствором определяется простукиванием поверхности крепи.

8.I5. Для осуществления контроля качества заполнения трещин на затампонированном участке на расстоянии I м друг от друга бурятся три контрольных шпура длиной, равной глубине упрочнения. Затем в центральный шпур, оборудованный кондуктором, нагнетается раствор той же консистенции и при таком же давлении нагнетания, что и при производстве инъекционных работ. Качество работ считается удовлетворительным, если из соседних контрольных шпуров не будет вытекать раствор.

Оперативный контроль качества выполнения инъекционных работ может производиться с помощью радиоволнового прибора типа КИТ*.

8.I6. Учитывая скрытый характер работ по упрочнению с целью контроля качества заполнения массива инъектируемым раствором, следует вести тщательное документирование всех операций с учетом расхода тампонажного материала. Для этого на участке ведется журнал тампонажных работ, в котором должны быть отражены следующие сведения:

- наименование организации, выполняющей работы;
- объект строительства;
- наименование выработки;
- основные технические характеристики бурового и тампонажного оборудования;
- схемы расположения и нумерация скважин при тампонаже закрепного пространства и глубинном упрочнении пород (в поперечном сечении и на развертке по периметру выработки);
- данные о физико-механических и химических свойствах применяемых материалов и растворов.

Документирование процесса тампонирования пустот закрепного пространства и инъекционного упрочнения пород производится по фор-

---

* Информацию о радиоволновом приборе КИТ можно получить в отраслевой лаборатории подземных сооружений МакИСИ

ме I и П, приведенным в приложении 3. Журнал ведения работ является отчетным документом, который ведется ответственным лицом и предъявляется при приемке работ заказчику.

9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

9.I. Работы по креплению выработок с использованием несущей способности упрочненного массива, связаны с возведением временной крепи, включающей элементы традиционных конструкций (анкера, набрызгбетон, металлическая арочная крепь), и производством инъекционных работ, связанных с созданием высоких давлений и применением различного технологического оборудования, работающего на пневмо- и электроэнергии. Поэтому эти работы должны удовлетворять указаниям мер безопасности по возведению традиционных конструкций крепи, требованиям "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах", а также требованиям настоящего раздела.

9.2. До начала тампонажных работ все рабочие должны пройти техминимум по безопасному ведению работ и обслуживанию используемых машин и механизмов, а также ознакомиться с основными положениями проекта производства работ.

9.3. Рабочие и инженерно-технические работники, занятые на тампонажных работах, должны пользоваться индивидуальными средствами защиты (каской, спецодеждой, обувью, рукавицами, очками и респираторами).

9.4. На рабочих местах должны быть вывешены схемы управления механизмами с указанием очередности их пуска и остановки, а также предупредительные знаки, плакаты и производственные инструкции по технике безопасности. Место работы должно быть освещено и свободно от посторонних предметов и материалов, а также иметь постоянную телефонную связь с забоем выработки.

9.5. Все рабочие места и открытые движущиеся части машин и механизмов должны оборудоваться ограждениями, защитными и предохранительными устройствами, обеспечивающими безопасность работ. Применяемое оборудование должно быть надежно закреплено от возможных перемещений во время эксплуатации, а также обязательно заземлено.

9.6. Работы, связанные с нагнетанием растворов, должны вестись в присутствии горного мастера или лиц, имеющих удостоверение на право ответственного ведения этих работ. Запуск тампонажного оборудования можно производить только по сигналу, известному всему обслуживающему персоналу.

9.7. До начала тампонажных работ необходимо проверить исправность каналов и клапанов насоса, наличие масла в разделителе манометра, смазку движущихся частей насоса, затяжку сальников. Применяемое нагнетательное оборудование и коммуникации должны быть испытаны на давление, превышающее в I,5 раза максимальное. Предохранительный клапан насоса регулируется на расчетное давление.

9.8. К инъекционным работам можно приступать после проверки лицом надзора состояния оборудования, правильности установки запорной арматуры и измерительных приборов.

9.9. При нагнетании тампонажного раствора запрещается:

- производить быстрое перекрывание кранов на коммуникациях раствора (краны должны перекрываться плавно);

- пользоваться неисправными манометрами и шлангами, имеющими вздутие;

- разбирать и ремонтировать раствороподающую систему под давлением;

- включать насос при закрытых вентилях нагнетательной системы;

- продавливать с помощью насоса пробки раствора, образовавшиеся в трубопроводах;

- включать насос после длительных остановок без предварительной проверки трубопроводов;

- соединять концы нагнетательного шланга с насосом, инъектором или между собой, используя штыри, проволоку и скобы (соединения должны выполняться с помощью стандартных устройств или стяжных хомутов).

9.10. При ремонтных работах внутри растворосмесителя и насоса их приводные ремни следует снимать.

9.11. По окончании работ по нагнетанию раствора все оборудование и коммуникации должны тщательно промываться и осматриваться.

Примеры выбора крепи и расчета ее геомеханических параметров

Пример I. Выбрать конструктивно-технологическую схему крепи и рассчитать ее параметры для полевого откаточного штрека сечением в свету II,2 м^2 (с размерами в проходке: высота h = 3,5 м, ширина b = 5,2 м), проходимого буровзрывным способом в следующих горно-геологических условиях: глубина заложения H = 720 м, прочность вмещающих пород R = 40 МПа.

Решение. Находим значение параметра

$$\frac{\gamma H}{R} = \frac{0{,}025 \cdot 720}{40} = 0{,}45$$

В соответствии с п.4.2.3 настоящего руководства для этих условий рекомендуется Ш-я конструктивно-технологическая схема крепи.

Параметры арочной податливой крепи определяем по номограммам (рис.9 и I0) с учетом, что оптимальное время отставания тампонажных работ от проходческих составляет 30 сут. Тогда $U_{вр}$ = I55 мм, $q_{кр}$ = 49 кПа.

На основании п.п.4.50 и 4.56 /I/ производим расчет нагрузки на раму, выбор спецпрофиля и плотность установки рам.

$$P_р = K_п \cdot K_н \cdot m_в \cdot b \cdot q_{кр} = I{,}05 \cdot I{,}I \cdot I \cdot 5{,}2 \cdot 49 =$$
$$= 294{,}3 \text{ кПа} \cdot \text{м} = 294{,}3 \text{ кН/м}$$

Так как для выработок с $S_{св}$ = II,2 м^2 рекомендуется спецпрофиль СВП-27 с несущей способностью NS = 330 кН/раму, то необходимая плотность установки крепи равна

$$n_{кр} = \frac{P_р}{NS} = \frac{294{,}3}{330} = 0{,}892 \approx I \text{ р/м}$$

Пример 2. Магистральный конвейерный штрек шириной в свету 4,6 м проходится комбайном 4ПП-2 на глубине 966 м в породах, представленных алевролитами прочностью 45 МПа. Необходимо выбрать тип крепи и рассчитать ее параметры.

Решение. Для этих условий параметр $\frac{\gamma H}{R}$ равен

$$\frac{\gamma H}{R} = \frac{0{,}025 \cdot 966}{45} = 0{,}548 \approx 0{,}55$$

Руководствуясь п.4.2.3 и принимая во внимание, что выработка проходится комбайном, выбираем У-ю конструктивно-технологическую схему крепи.

Время начала инъекционных работ определяем по номограмме (рис.6) $t_{упр} = 76$ сут.

Параметры арочной крепи для этого времени равны $U_{вс} = 280$ мм, $q_{вр} = 68$ кПа. Аналогично примеру I находим

$$P_p = 1{,}05 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}9 \cdot 4{,}6 \cdot 68 = 325 \text{ кН/м}$$

При $B = 4{,}6$ м применяется СВП-27 с несущей способностью $NS = 330$ кН/раму, тогда

$$n_{кр} = \frac{P_p}{NS} = \frac{325}{330} = 1 \text{ р/м}$$

Необходимая глубина упрочнения определяется по номограмме рис.II

$$\delta_y = 2{,}8 \text{ м}$$

Для выбора скрепляющего раствора по формуле (3) определим требуемую степень упрочнения пород: по графику (рис.I2) находим $f_{nt} = 0{,}6625$

$$K_y = \frac{R_y}{R} = 0{,}7 \cdot 0{,}6625 - 0{,}09 = 0{,}374$$

При использовании раствора на основе портландцемента марки 400 необходимое водоцементное отношение определяется по графику (рис.I3): В : Ц = I : I,5

Так как, в соответствии с принятой конструктивно-технологической схемой, упрочнение пород производится под защитой набрызгбетонного покрытия, наносимого за 7-10 суток до начала нагнетания, начинать набрызгбетонные работы следует через 65-70 суток после проведения выработки. Параметры и состав набрызгбетонного покрытия выбираются согласно п.п. 3.4, 6.1-6.6.

Пример 3. Необходимо запроектировать крепь для выработки $S_{св.} = 9{,}8$ м^2 (размерами в проходке: высота $h = 3{,}5$ м, ширина $B = 4$ м) проводимой на глубине $H = 650$ м в породах с пределом прочности $R = 50$ МПа.

Решение. Значение параметра $\frac{\gamma H}{R}$ равно

$$\frac{\gamma H}{R} = \frac{0{,}025 \cdot 650}{50} = 0{,}325$$

Для этих условий необходимо применять I-ю конструктивно-технологическую схему крепи (см. п.4.2.3). Время начала инъекционных работ определяем по номограмме рис.8. Для ближайшего большего значения $\frac{\gamma H}{R} = 0{,}35$, $t_{упр} = 3$ сут.

Учитывая, что по технологии работы по упрочнению могут выполняться с отставанием от проходки не менее 40-60 м (15-20 сут.) принимаем $t_{упр} = 15$ сут. Тогда $U_{вр} = 55$ мм, $q_{вр} = 0{,}012$ МПа.

Возможная глубина упрочнения (размер зоны разрушенных пород) определяется по номограмме рис.11 $b_y = 0{,}5$ м, а требуемая степень упрочнения пород с учетом $f_{пл} = 0{,}725$

$$K_y = \frac{R_y}{R} = 0{,}7 \cdot 0{,}725 - 0{,}09 \approx 0{,}42$$

Для глубинного нагнетания может быть использован раствор на основе портландцемента марки 400 с водоцементным отношением I : 2.

Параметры анкерной крепи определяем по известным формулам /I/: длина анкеров $l_a = b_y + l_з + l_в = 0{,}50 + 0{,}40 + 0{,}10 = 1$ м;

расстояние между анкерами по квадратной сетке

$$a = \sqrt{\frac{R_a}{b_y \cdot \gamma \cdot K}} = \sqrt{\frac{0,04}{0,5 \cdot 0,025 \cdot 1,2}} \approx 1,6 \text{ м}$$

Несущая способность анкера-инъектора принималась равной величине прочности закрепления замка анкера АД-I (P_a = 0,04 МI).

Таким образом в сечении выработки при периметре кровли и боков $P_в$ = 9,3 м необходимо установить

$$n_a = \frac{P_в}{a} = 5,8 \approx 6 \text{ анкеров-инъекторов.}$$

Учитывая, что набрызгбетон выполняет роль затяжки при анкерной крепи, толщина слоя набрызгбетона рассчитывается из условия предельного состояния бетонной оболочки между анкерами/3/

$$\delta \geq \sqrt{\frac{q_в \cdot F}{\pi \cdot R_и}} = \sqrt{\frac{0,012 \cdot 2,56}{3,14 \cdot 4,1}} = 0,049 \text{ м} \approx 50 \text{ мм}$$

Пример 4. Выбрать конструктивно-технологическую схему крепи и рассчитать ее параметры для выработки с размерами в проходке B = 4,6 м; h = 3,8 м, проходимой на глубине H = 620 м в породах прочностью R = 40 МПа.

Решение. Параметр $\frac{\gamma H}{R}$ равен

$$\frac{\gamma H}{R} = \frac{0,025 \cdot 620}{40} = 0,387$$

Для этих условий (см. п.4.2.3) принимается П-я конструктивно-технологическая схема крепи. Аналогично примеру 3 находим параметры этой схемы:

$t_{упр}$ = I0 сут. (принимаем I5 сут.); $U_{вр}$ = 80 мм;

$q_{вр}$ = 0,0255 МПа; b_y = I,I м; $K_y = \frac{R_y}{R}$ = 0,42

l_a = I,I + 0,4 + 0,I = I,6 м

$$a = \sqrt{\frac{0,04}{I,I \cdot 0,025 \cdot I,2}} = I,I \text{ м}$$

Таким образом в кровле устанавливается

$$n_a = \frac{P_в}{a} = \frac{7,2}{I,I} = 6,5 \approx 7 \text{ анкеров-инъекторов,}$$

а в боках по одному анкеру-инъектору.

Для упрочнения принимается раствор на основе портландцемента марки 400 с водоцементным отношением I : I,5.

Приложение 2

Технические характеристики средств механизации возведения крепи

Таблица I

Техническая характеристика сверл

Тип сверла	Электрические		Пневматические	
	СЭР-I9м	ЭРП-I8ДМ	СР-3	СР-3Б
Диаметр шпуров, мм	36-43	36-43	36-52	36-52
Скорость вращения шпинделя, $С^{-I}$	II,66/5,66	5,00	5,58/6,06	II,66
Мощность получасовая, кВт	I,2	I,4	-	-
Напряжение, В	I27	I27	-	-
Эффективная мощность, л.с.	-	-	2,6/3,5	3,5
Удельный расход воздуха, $м^3$/мин	-	-	I,05-I	I
Основные размеры, мм:				
длина	390	468	345	325
ширина	320	316	445	445
высота	300	230	280	280
Масса, кг	I8	24	I3,5	I7,5

Таблица 2

Техническая характеристика перфораторов

Тип перфоратора	ПР-25л	ПР-30	ПР-30п
Длина перфоратора, мм	735	860	860
Число ударов в минуту	I600, 2000	2600	-
Расход свободного воздуха, $м^3$/мин	2,8	3,5	3,5
Диаметр коронки, мм	32-46	40-52	40-52
Масса перфоратора, кг	20	29,5	30

Таблица 3

Техническая характеристика установок для бурения шпуров под анкеры

Тип станка	УВАК	ПА-I	МАП-I
Электросверло:			
тип электросверла	ЭРП-I8дМ	ЭРП-I8дМ	ЭВПП-I
мощность	I,4	I,4	3,5
Скорость вращения шпинделя, об/мин ($с^{-1}$)	300 (5,0)	300 (5,0)	I75; 320(2,9; 5,3)
Скорость подачи, мм/мин	600	600	I400
Усилие подачи, кН	до 3	до 3	I5
Ход подачи, мм		I070; I600; I800	960
Основные размеры, мм:			
длина	2500-3660	I700; 2330; 2430	I825-3250
ширина	330	320	660
высота	250	470	870
Масса, кг	55	67; 73; 76	250

Таблица 4

Техническая характеристика машин сухого набрызга

Тип агрегата	ПБМ-2	БМ-60	БМ-68		БМ-70
Производительность по сухой смеси, $м^3/ч$	6	3-4	5-6	I3-I4	5-I0
Максимальная крупность заполнителя, мм	30	25	25	40	20;40
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,2-0,3	0,I5-0,5	0,4-0,5 0,4-0,5		0,5
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	6	8-I4	9	I5	I0-I2

Продолжение табл. 4

I	2	3	4	5
Мощность двигателя, кВт	I7,7	2,2	5,5 5,5	8-I0
Основные размеры, мм:				
длина	4350	I740	I450 I450	3225
ширина	I350	II00	850 850	I080
высота	I780	I600	I690 I690	2065-23I5
Масса, кг	5500	I000	I900 I900	4200

Таблица 5

Техническая характеристика машин мокрого набрызга

Тип агрегата	МНБ-I	USI *- I39 (ФРГ)
Производительность, $м^3$/ч	4	6
Вместимость бункера, л	220	-
Крупность заполнителя, мм	до 8	до I2
Мощность двигателя растворонасоса, кВт	7,5	-
Мощность двигателя смесителя, кВт	7,5	-
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4-0,5	0,4-0,6
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	2I	-
в т.ч. на набрызг	5	8
Габариты, мм:		
длина	3450	2600
ширина	II50	800
высота	I820	I600
Масса машины, кг	2200	780 (без массы платформы)

* Машина USI -I39 может работать и в режиме инъектирования раствора в скважины

Таблица 6

Техническая характеристика растворосмесителей

Тип растворосмесителя	СО-46А	СБ-43
Производительность, $м^3/ч$	2	2-2,6
Вместимость при загрузке, $м^3$	0,080	0,080
Объем готового замеса, $м^3$	0,065	0,065
Частота вращения смесительного органа, $с^{-1}$	0,53	9,2
Продолжительность перемешивания, с	60-120	10-30
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	3
Основные размеры, мм:		
длина	1600	1470
ширина	710	585
высота	1130	895
Масса, кг	210	160

Таблица 7

Техническая характеристика растворонасосов

Тип растворонасоса	СО-30	СО-48	СО-49	СО-50	СО-58	С-263
Подача, $м^3/ч$	4	2	4	6	6	3
Дальность подачи раствора, м:						
по горизонтали	100	50	150	200	200	150
по вертикали	30	15	30	40	40	35
Электродвигатель:						
мощность, кВт	4,0	2,0	4,5	7,0	4,5	2,8
частота вращения, $с^{-1}$	24,3	23,8	24	24	24	23,7
Основные размеры, мм:						
длина	1470	1160	1260	1200	1020	1160
ширина	520	470	480	560	570	470
высота	900	760	800	1000	890	760
Масса (без бункера), кг	254	195	254	450	650	198

Примечание: Максимальное рабочее давление равно 1,5 МПа для всех типов растворонасосов.

Таблица 8

Техническая характеристика буровых насосов

Марка насоса	НБЗ-I20/40	НБ-32	НБ-50
Тип насоса	Горизонтальный, трехплунжерный, одинарного действия		
Диаметр цилиндров, мм	63	80; 90; I00; II0	90; I00; II0
Число двойных ходов в минуту		I05	I05
Подача, $м^3$/мин	0,0I5; 0,0I9; 0,040; 0,070; 0,I20	0,294; 0,384; 0,486; 0,594	0,360; 0,460; 0,590
Давление, МПа	4	4; 4; 3,2; 2,6	6,3; 5; 4,I
Размеры, мм:			
длина	I970	I860	I860
ширина	990	740	740
высота	980	I455	I455
Масса агрегата без рамы и двигателя, кг	430	I040	I040
Внутренний диаметр рукава, мм	50/36	II3/50	II3/50
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	32	40
Частота вращения, $с^{-I}$	24,2	6,6	-

Приложение 3

Образцы документов, регистрирующих качество тампонажных и инъекционных работ

Форма I

Журнал ведения тампонажных работ

Дата смена	Номер пикета выработки	Номер кондуктора	Длина тампонируемого участка, м	Состав раствора, Ц:Л:В	Время нагнетания раствора час-мин		Давление нагнетания, МПа	Расход раствора и материалов				Предварительная оценка пустотности закрепленного пространства (по данным маркшейдерской службы)	Причины остановки процесса нагнетания
					начало	окончание		раствор, м³	материалы: цемент, т	песок, т	добавки, т		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4

Форма 2

Журнал ведения инъекционных работ

Дата смена	Номер пикета выработки	Номер ряда, заходки	Номер скважины	Длина тампонируемого участка	Состав раствора Б:Ц	Давление нагнетания, МПа		Давление нагнетания раствора, час-мин		Расход раствора и материалов			Причины остановки процесса нагнетания	Примечание
						начало	окончание	начало	окончание	раствор, м	материалы: цемент, т	добавки, т		

Приложение 4

Расчет расхода нагнетаемого раствора при производстве тампонажных и инъекционных работ для условий глубоких шахт Донбасса

I. Расход цементно-песчаного раствора при тампонаже закрепного пространства I м выработки определяется по формуле:

$$V_{ц.п} = \left[S_{в.ч} (K_{п} - I)\, K_{заб} + P \cdot B_{у} \cdot K_{тр} \cdot K_{зап} \right] K_{ф} \cdot K_{н} + V_{сп},\ м^3$$

где $S_{в.ч}$ - площадь поперечного сечения выработки вчерне, $м^2$;

$K_{п}$ - коэффициент, учитывающий увеличение поперечного сечения выработки за счет переборов и вывалообразований пород для условий глубоких шахт Донбасса, определяется в зависимости от сечения выработки

Сечение выработки вчерне, $м^2$	$K_{п}$
до 8	I,2I
от 8 до I5	I,2
более I5	I,I9

$K_{заб} = 0{,}5\text{-}0{,}7$ - коэффициент, учитывающий степень забутовки породой пустот закрепного пространства;

P - периметр крепи выработки, м;

$B_{у}$ - размер зоны интенсивной трещиноватости, образующейся вокруг выработки, равен глубине упрочнения пород. Размер этой зоны изменяется в пределах от I,5 до 2,5 м, а более точно может быть определен на основании п.4.3.4 настоящего "Руководства ..."

$K_{тр}$ = 0,05 - коэффициент трещиноватости массива (изменяется от 0,02 до 0,08);

$K_{зап}$ = 0,5 - коэффициент, учитывающий заполнение крупных трещин приконтурной зоны массива цементно-песчаным раствором;

$K_{ф}$ - коэффициент, учитывающий отфильтровывание и отжим жидкой фазы раствора при нагнетании.

Применяется в зависимости от состава раствора следующим

Ц : П : В	$K_{ф}$
I:3:2	I,33
I:4:2	I,3
I:5:2	I,25
I:6:I,75	I,2

$K_{п}$ = I,I5 - коэффициент, учитывающий неучтенные потери раствора из-за некачественной герметизации поверхности крепи, просачивания его в местах контакта крепи с почвой и др.

$V_{сп}$ - количество раствора, заполняющего желоб спецпрофиля крепи, определяется по формуле:

$$V_{сп} = \omega \cdot P \cdot n \ , \quad м^3$$

ω - объем внутренней части желоба I м спецпрофиля (для спецпрофиля типа СП-22 - 0,0075 $м^3$, СП-27 - 0,0081 $м^3$, СП-33 - 0,0087 $м^3$);

n - плотность установки крепи.

Пример. В выработке, пройденной на глубине 725 м, в породах прочностью R = 40 МПа, сечением I7,2 $м^2$ вчерне, закрепленной металлической арочной крепью из спецпрофиля СП-33, плотностью 2 рамы на I м выработки, производится тампонаж закрепного пространства цементно-песчаным раствором состава Ц:П:В = I:3:2. Определить расход тампонажного раствора на I м выработки.

Ориентировочный расход цементно-песчаного раствора определяется по формуле

$$V_{ц.п.} = \left[S_{вч} \cdot (K_п - 1)\, K_{заб.} + P \cdot B\ K_{тр} \cdot K_{зап} \right] K_ф \cdot K_н + V_{сп};$$

Размер зоны интенсивной трещиноватости B определяется на основании п.4.3.4 настоящего "Руководства ..." по известным $\frac{\Delta H}{R} = \frac{0,025 \cdot 725}{40} \approx 0,45$ и ширине выработки B = 5,2 м; $B_у$ = 1,8 м.

В соответствии с конструкцией крепи определяется периметр ее поверхности P = 10 м, а также расход раствора, идущий на заполнение желоба спецпрофиля

$$V_{сп} = \omega \cdot P \cdot n = 0,0087 \cdot 10 \cdot 2 \approx 0,174\ м^3$$

Для принятого сечения выработки $K_п$ принимается равным 1,19

$$V_{ц.п.} = \left[17,2(1,19 - 1) \cdot 0,5 + 10 \cdot 1,8 \cdot 0,05 \cdot 0,5 \right] \cdot$$

$$\cdot\ 1,33 \cdot 1,15 + 0,17 = 3,36\ м^3$$

2. Расход цементного раствора при глубинам упрочнении вмещающих пород 1 м выработки определяется по формуле:

$$V_ц = P \cdot B \cdot K_{тр}(1 - K_{зап}) \cdot K_ф \cdot K_н \cdot K_{п.с.}, \quad м^3$$

где P - периметр крепи выработки, м;

$B_у$ - глубина упрочнения пород, м;

$K_{тр}$ = 0,05 - коэффициент трещиноватости массива;

$K_{зап}$ - коэффициент, учитывающий заполнение крупных трещин приконтурной зоны массива цементно-песчаным раствором. $K_{зап}$ = 0,5 при выполнении предварительного тампонажа закрепного пространства. $K_{зап}$ = 0,3 - при герметизации породного контура набрызгбетоном.

$K_ф$ - коэффициент, учитывающий процесс фильтрации жидкой фазы раствора и выход тампонажного камня. Принимается в зависимости от водоцементного отношения раствора

В:Ц	$K_{ц}$
I:I	I,7
2:I	2,5

$K_{н}$ – коэффициент неучтенных расходов, учитывающий изливание раствора из-за некачественной герметизации инъектора в скважине и дренирования раствора из соседних скважин в конце нагнетания. При выполнении предварительного тампонажа закрепного пространства $K_{н}$ = I,I, при герметизации породного контура набрызгбетоном $K_{н}$ = I,I5;

$K_{п.с.}$ = 0,5 – 0,8 – коэффициент учитывающий проникающую способность инъектируемого цементного раствора, зависит от технологических параметров процесса упрочнения и трещиноватости массива.

Пример. Выработка, пройденная на глубине 650 м, в породах прочностью R = 40 МПа, шириной 5,2 м, закреплена анкерами-инъекторами и набрызгбетоно . Определить расход цементного раствора состава В:Ц = 2:I при производстве глубинного упрочнения пород.

Расход цементного раствора определяется по формуле:

$$V_{ц} = P \cdot B\ K_{тр}(I - K_{зап}) \cdot K_{ф} \cdot K_{н} \cdot K_{п.с.}, \quad м^{3}$$

В соответствии с проектным сечением выработки определяется периметр крепи P = 9 м.

На основании п. 4.3.4 настоящего "Руководства..." определяется глубина упрочнения пород для $\frac{\gamma H}{R} = \frac{0,025 \cdot 650}{40} \approx 0,4$ и ширины выработки B = 5,2 м $B_{у} = I,6$ м

Исходя из степени трещиноватости породного массива, коэффициент, учитывающий проникающую способность раствора принимается равным $K_{п.с.}$ = 0,5

$$V_{ц} = 9 \cdot I,3 \cdot 0,05(I - 0,3)\ 2,5 \cdot I,I5 \cdot 0,5 = 0,72\ м^{3}$$

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи. М., Стройиздат, 1983.
2. Временное руководство по креплению выработок набрызгбетоном в Донбассе. ДонУГИ, ВНИИОМС, Донецк, 1974.
3. Гелескул М.Н., Каретников В.Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок.- М.: Недра, 1982.
4. Указания по упрочнению пород с целью повышения устойчивости горных выработок.- Макеевка, МакИСИ, 1978.
5. Инъекционное упрочнение горных пород. Ю.З.Заславский, Е.А.Лопухин, Е.Б.Дружко, И.В.Качан. М., Недра, 1984.
6. Разработка и внедрение новых способов повышения устойчивости капитальных выработок при строительстве шахт. Отчет МакИСИ по теме 76-7. Макеевка, 1979.
7. Обосновать конструкции облегченных крепей, использующих несущую способность породного массива, и технологии их возведения. Отчет МакИСИ по теме 80-12, Макеевка, 1980.
8. Разработать и внедрить конструкции крепи, работающие с использованием несущей способности упрочненного массива. Отчет МакИСИ по теме 81-15. Макеевка, 1983.
9. Максимов А.П., Евтушенко В.В. Тампонаж горных пород. М., Недра, 1979.
10. Упрочнение горных пород цементацией при сооружении горных выработок. Ю.В.Бурков, Е.Г.Дуда, В.А.Жеребцов, Л.П.Понасенко и др. М., изд. ЦНИЭИуголь, 1981.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Условные обозначения 3

В в е д е н и е 5

I. Основные положения инъекционного упрочнения пород ... 7

2. Область и условия применения способа 9

3. Конструкции крепи I0

4. Проектирование крепи I8

4.I. Общие положения I8

4.2. Выбор конструктивно-технологической схемы крепи.22

4.3. Методика расчета геомеханических параметров крепи 23

5. Механизация возведения крепи 25

6. Растворы для набрызгбетонных и инъекционных работ ...34

7. Технология и организация работ 43

8. Контроль качества работ 46

9. Техника безопасности 50

Приложение I. Примеры выбора крепи и расчета ее геомеханических параметров 53

Приложение 2. Технические характеристики средств механизации возведения крепи 58

Приложение 3. Образцы документов, регистрирующих качество тампонажных и инъекционных работ 63

Приложение 4. Расчет расхода нагнетаемого раствора при производстве тампонажных и инъекционных работ для условий глубоких шахт Донбасса 64

ВП 05097 Подписано в печати 6.12.84
Усл. физич. лист. 4,5 Учетно-изд. лист.
Заказ № 308 Тираж 300

Ротапринт гортипографии № 2.
340002, г. Донецк, пр. В. Хмельницкого, 102

gost.e-ecolog.ru