МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
МАКЕЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

УКАЗАНИЯ

ПО УПРОЧНЕНИЮ ПОРОД С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

МАКЕЕВКА—1978

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

МАКЕЕВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Утверждаю:

Первый заместитель министра
угольной промышленности УССР
_____ А.А.Пшеничный
"14" _____ 1978г.

У К А З А Н И Я

ПО УПРОЧНЕНИЮ ПОРОД С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Макеевка

1978

А Н Н О Т А Ц И Я

Настоящие "Указания" содержат основные положения по расчету параметров и применению способа повышения устойчивости выработок упрочнением вмещающих пород с помощью тампонажа и предназначены для проектировщиков и производственников, занимающихся проектированием и сооружением капитальных горных выработок глубоких шахт Донбасса.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование величин, размерность	Обозначения
1	2
Глубина заложения выработки, м	H
Предел прочности пород на одноосное сжатие, тс/м^2, кгс/см^2	R
Коэффициент крепости пород по шкале профессора М.М.Протодьякова	f
Объемный вес пород, тс/м^3	γ
Грузонесущая способность временной крепи, тс/м^2	$q_{вр}$
Радиус выработки (половина ширины выработки вчерне), м	a
Податливость временной крепи, м	U
Безразмерный радиус зоны интенсивной трещиноватости	n
Смещения пород на границе зоны интенсивной трещиноватости, м	U_l
Радиус зоны интенсивной трещиноватости, м	l
Коэффициент, зависящий от времени отставания тампонажных работ от проходческих	φ
Прочность затампонированных пород на контуре выработки, тс/м^2, кгс/см^2	$R_у$
Коэффициент упрочнения	ξ
Необходимое количество цемента (расход), т	$Q_ц$
Необходимое количество песка (расход), т	$Q_п$
Необходимое количество воды (расход), т	$Q_в$
Число частей цемента по весу	Ц
Число частей песка по весу	П
Число частей воды по весу	В
Плотность цемента, т/м^3	$\gamma_ц$
Плотность песка, т/м^3	$\gamma_п$

I	2
Плотность воды, т/м^3	$\gamma_в$
Периметр поверхности породного обнажения выработки без учета почвы, м	P
Средняя величина ширины закрепного пространства выработки, м	$\Delta h = 0{,}1 \div 0{,}3$
Ориентировочный расход тампонажного раствора на I м выработки, м^3	V

В В Е Д Е Н И Е

Предусматриваемый планами 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 происходит систематическое увеличение глубины разработки, что обусловливает рост горного давления и значительные трудности в поддержании выработок.

В настоящее время основным способом обеспечения устойчивости подземных сооружений является возведение в них крепи. Однако, применяемые на практике крепи не в состоянии существенным образом повлиять на напряженно-деформированное состояние массива и являются подпорно-ограждающими конструкциями, предотвращающими обрушение пород.

Опыт строительства глубоких шахт в Донбассе показывает, что даже мощные металлобетонные крепи не могут обеспечить 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 массива с помощью инъекции в него скрепляющих растворов (цементация, химическое укрепление и др.).

"Указания"составлены в соответствии с пятилетним планом головной темы № 1504 "Исследовать, разработать и внедрить новые прогрессивные решения в области крепления капитальных горных выработок, обеспечивающие комплексную механизацию горнопроходческих работ" Минуглепрома СССР, на основании комплекса научно-исследовательских работ, выполненных Макеевским инженерно-строительным институтом в 1976-1978 гг. При составлении "Указаний" использованы работа ДонУГИ "Руковод-

ство по расчету параметров и выбору конструкций крепи капитальных выработок глубоких шахт Донбасса", Донецк, 1972, а также отечественный и зарубежный опыт применения упрочнения пород.

"Указания" рассмотрены и рекомендованы для использования институтами ВНИИОМШС, Кузнишахтострой, ВНИМИ, ДонУГИ, ДПИ, ЛГИ, Донгипрошахт и комбинатом "Донецкшахтострой".

В разработке "Указания" принимали участие докт.техн.наук, профессор Ю.З.Заславский, канд.техн.наук, доцент Е.Б.Дружко, инженеры И.В.Качан, В.А.Пшеничный, техник С.Р.Харченко.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

I.I. Сущность способа повышения устойчивости выработок упрочнением вмещающих пород заключается в нагнетании в трещиноватые породы приконтурной зоны скрепляющих растворов. После затвердения последних вокруг выработок образуется оболочка упрочненных пород, которая может выдержать значительные нагрузки со стороны деформирующегося массива, т.е. выполнять функции несущей крепи.

I.2. Для нахождения геомеханических параметров упрочнения 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.3. Рекомендуемые зависимости получены для горизонтальных и наклонных выработок шахт Донбасса, расположенных вне зоны активного влияния очистных работ в условиях, где параметр $\frac{\gamma H}{R} < 0,7$. Однако, предлагаемая методика расчета геомеханических параметров упрочнения может быть использована 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 приведенных в настоящих "Указаниях".

I.4. Горный массив характеризуется прочностью пород на одноосное сжатие, определяемой при испытании образцов по общепринятой методике. В случае отсутствия данных о прочности пород для ориентировочных расчетов можно пользоваться коэффициентом крепости по шкале проф. М.М.Протодьяконова, считая что $R = 100 f$ кгс/см^2.

При проведении выработки в слоистом массиве с диапазоном изменения прочности в пределах 20%, в расчетах принимается минимальное значение R . В случае, если диапазон изменения прочности по слоям превышает 20%, то прочность пород определяется как средневзвешенная по слоям : в кровле на высоту, равную 1,5 ширины выработки вверне, в боках - на высоту выработки и в почве - на глубину, равную ширине выработки.

1.5. Рассчитанные по "Указаниям" геомеханические параметры упрочнения справедливы для любых скрепляющих растворов, при условии возможности нагнетания их в трещиноватые породы приконтурной зоны и обеспечения требуемой степени упрочнения последних.

1.6. Разделы "Указаний", касающиеся свойств затампонированных пород, подбора состава и приготовления растворов, технологии работ по упрочнению, регламентируют применение только цементных и цементно-песчаных растворов.

2. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ.

2.1. Настоящие "Указания" применяются при проектировании, сооружении и эксплуатации горизонтальных и наклонных (до 30°) горных выработок шахт Донбасса, расположенных вне зоны активного влияния очистных работ на глубинах до 1500 м в породах с диапазоном изменения прочности от 200 кгс/см^2 до 1000 кгс/см^2.

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

- вновь проводимые выработки в обычных горно-геологических условиях, где параметр $\frac{\gamma H}{R} > 0,3$;

- выработки, проводимые в зоне геологических нарушений;

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

2.3. В капитальных выработках с длительным сроком службы в

условиях, где параметр $\frac{\gamma H}{R} < 0,3$, следует выполнять только первый этап упрочнения - тампонаж пустот закрепного пространства.

2.4. Область действия "Указаний" распространяется на протяженные выработки, узлы сопряжений и камеры, сечением до 40 $м^2$.

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

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

2.7. При проектировании и сооружении горных выработок, в условиях, отличающихся от указанных в пп. 2.1-2.4, целесообразность применения упрочнения пород и его параметры определяются конкретными рекомендациями компетентных организаций.

3. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УПРОЧНЕНИЯ.

3.1. Эффективность упрочнения пород тампонажем в первую очередь зависит от своевременности и тщательности его выполнения. В связи с этим упрочнение следует закладывать в проект проведения выработок и соблюдать его геомеханические и технологические параметры.

3.2. Для эксплуатируемых выработок, крепь которых продолжает деформироваться, необходимо разрабатывать "Проект повышения устойчивости выработки упрочнением вмещающих пород".

3.3. Для вновь проводимой выработки упрочнение является эффективным средством обеспечения ее устойчивости. При этом в процессе проведения выработка крепится временной податливой крепью и поддерживается ею до создания несущей оболочки из упрочненных пород. Параметры

временной крепи определяются по формулам :

грузонесущая способность

$$q_{вр} = \gamma a \left(1{,}55 \frac{\gamma H}{R} - 0{,}06\right), \qquad (1)$$

податливость

$$\begin{cases} U = 0{,}5 a \left[1 - \sqrt{\left(n - \frac{U_\ell}{a}\right)^2 - 1{,}054\left(n^2 - 1\right)}\right], \\ \frac{U_\ell}{a} = 0{,}13 \cdot 10^{-6} n \frac{\left(\gamma H + 0{,}5 R\right)^{2{,}67}}{\left(q n^{1{,}2} + 0{,}14 R\right)^{1{,}67}}, \end{cases} \qquad (2)$$

где :

n – безразмерный радиус зоны трещиноватости, определяемый по графику (рис.1).

Для облегчения расчетов по вышеприведенным формулам в приложении I приведены таблицы значений функций $x^{2{,}67}$, $x^{1{,}2}$, $x^{1{,}67}$ и $1-\sqrt{x}$.

Выбор несущей способности и податливости временной крепи можно производить и по графикам (рис.2 и 3).

3.4. Для вновь проводимых выработок оптимальное отставание тампонажных работ от проходческих составляет 20–30 суток. Оно установлено исходя из того, что вокруг выработки должна сформироваться зона трещиноватости, в которую можно нагнетать скрепляющие растворы, а также чтобы работы по упрочнению не мешали работам проходческого цикла.

3.5. В эксплуатирующихся выработках, состояние которых продолжает ухудшаться, и в выработках, проводимых в зоне геологических нарушений, упрочнение пород следует производить как можно скорее, не допуская такого положения, когда выработка становится непригодной к эксплуатации и требует перекрепления. Но, даже в том случае, если выработку необходимо перекреплять, целесообразно вначале произвести упрочнение вмещающего массива с тем, чтобы избежать выпуска лишней породы при перекреплении и предотвратить деформации вновь возводимой крепи.

3.6. Глубина тампонирования для вновь проводимых выработок (считая от породного контура) принимается равной глубине зоны интен-

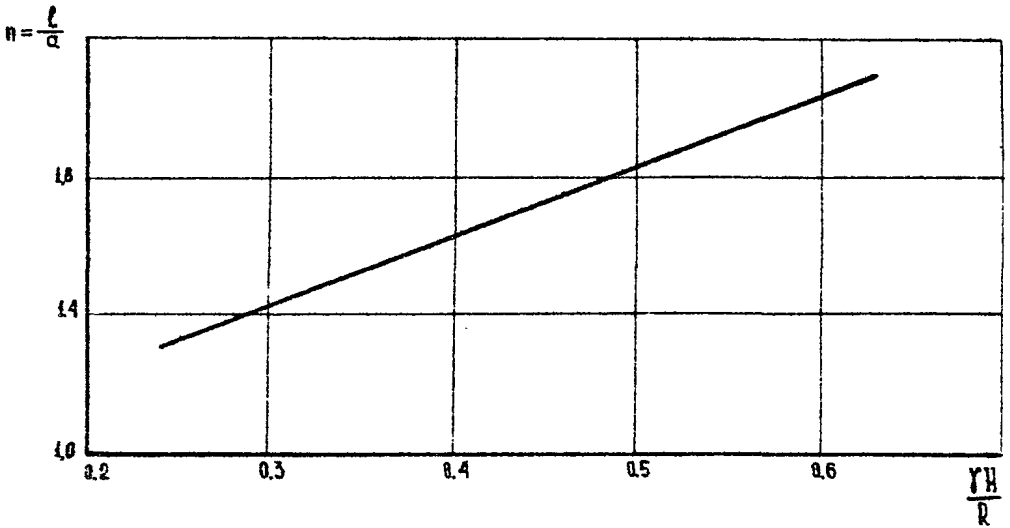

Рис. I ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗРАЗМЕРНОГО РАДИУСА ЗОНЫ ИНТЕНСИВНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ОТ ПАРАМЕТРА $\frac{\gamma H}{R}$

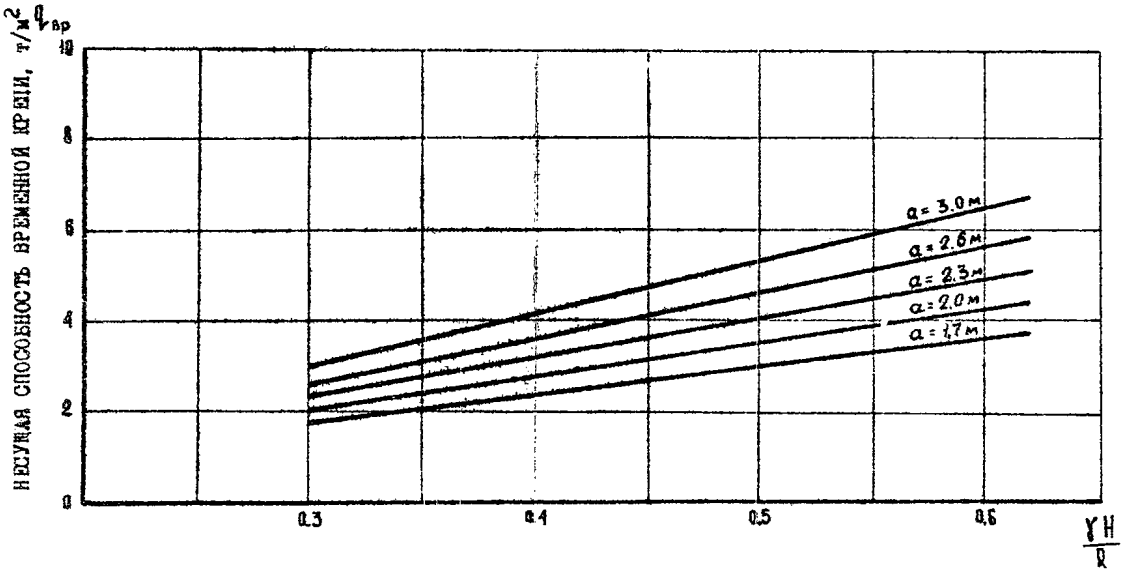

Рис.2 ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРОВ ВЫРАБОТКИ И ПАРАМЕТРА $\frac{\gamma H}{R}$

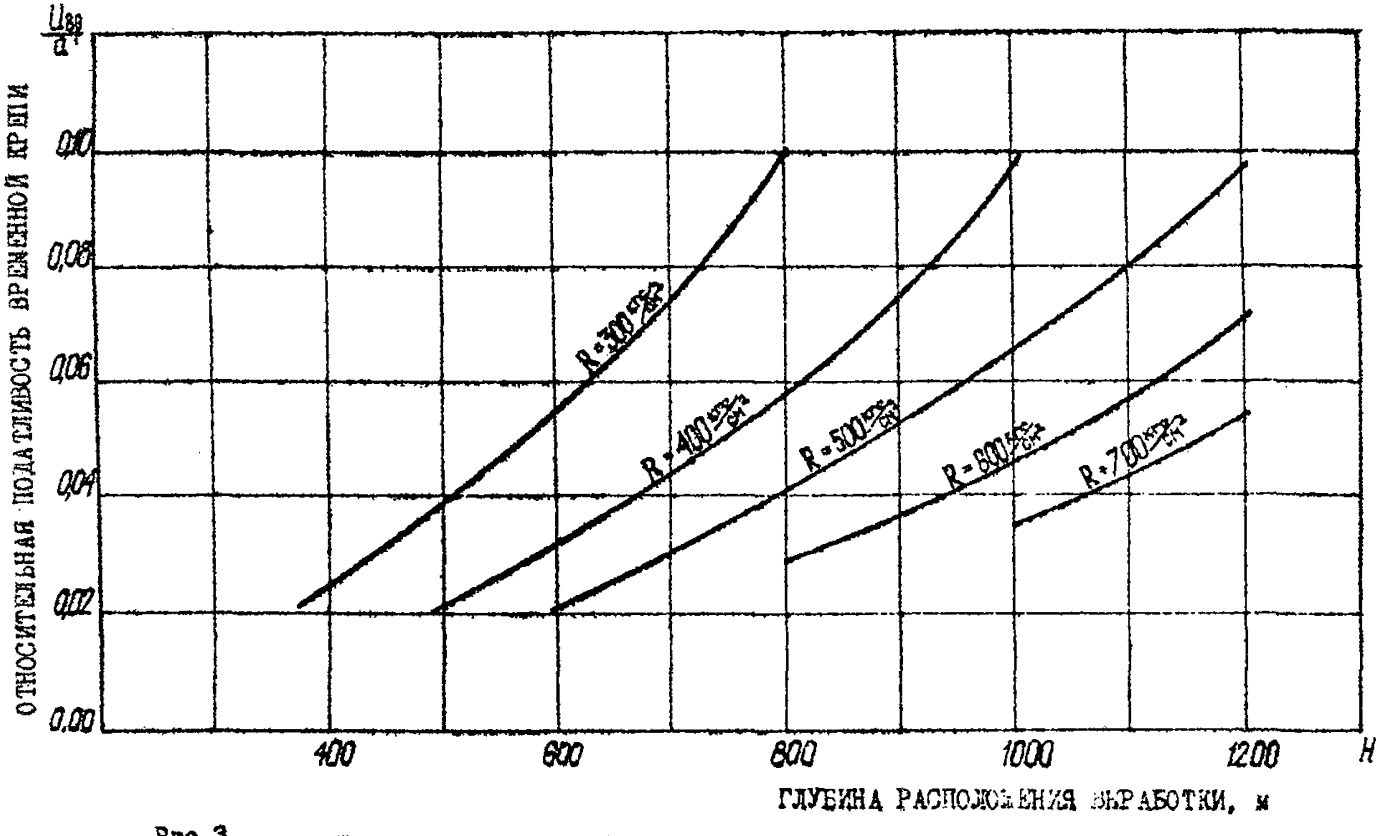

Рис.3 ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

сивной трещиноватости и определяется по графику (рис.4).

3.7. Глубина тампонирования для эксплуатируемых выработок и выработок, проводимых в нарушенных массивах определяется по таблице I.

Таблица I.

Диаметр (ширина) выработки, м	Глубина тампонирования, м	
	Глинистый сланец	Песчаный сланец
3	I,I	0,8
3,5	I,3	I,0
4,0	I,4	I,I
4,5	I,6	I,2
5,0	I,8	I,35
5,5	2,0	I,5
6,0	2,2	I,6
7,0	2,5	I,85

3.8. Требуемая степень восстановления прочности разрушенных пород приконтурной зоны (характеризуемая коэффициентом упрочнения $\xi = \frac{R_y}{R}$ которую должен обеспечить тампонаж, определяется по графику (рис.5).

3.9. На основании требуемого коэффициента упрочнения подбирается необходимый тампонажный раствор. Так, при использовании раствора на базе портландцемента марки 400, состав его может быть подобран по графику (рис.6).

3.10. В том случае, если существующие тампонажные растворы не могут обеспечить требуемого коэффициента упрочнения (п.3.8), следует увеличить разрыв между тампонажными работами и проходческими. Время отставания тампонажных работ определяется по графику (рис.7) в зависимости от параметра φ, рассчитываемого по формуле :

$$\varphi = \frac{(1,3n^2 + 0,7)\xi\left(\xi\frac{n^2-1}{n^2} + 0,28\right)^{1,67}}{1,4n^3\left(\frac{\gamma H}{R} + 0,5\right)^{2,67}} ; \qquad (3)$$

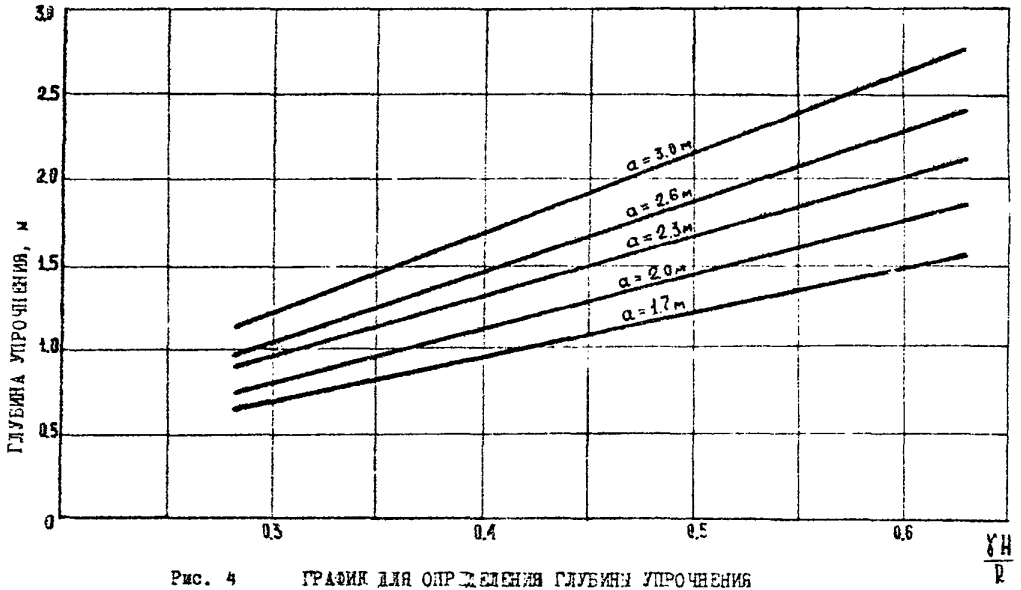

Рис. 4 ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУБИНЫ УПРОЧНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРА $\frac{\gamma H}{R}$

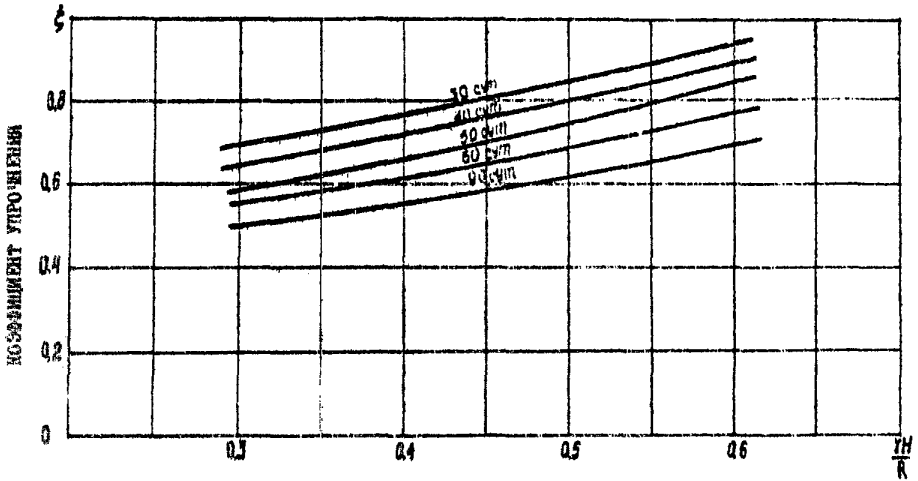

Рис. 5 ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УПРОЧНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРА $\frac{\gamma H}{R}$

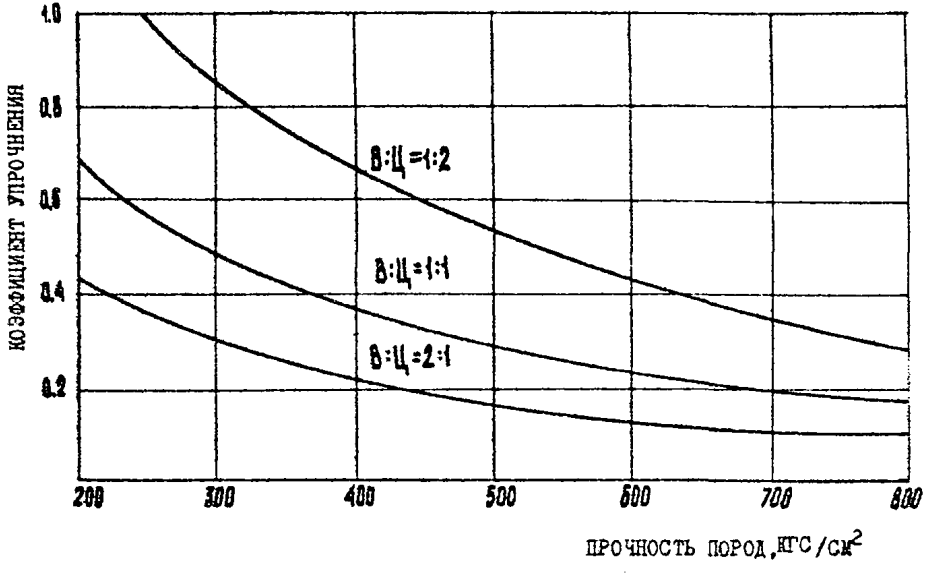

Рис. 6 ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД ОТ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ОТНОШЕНИЯ

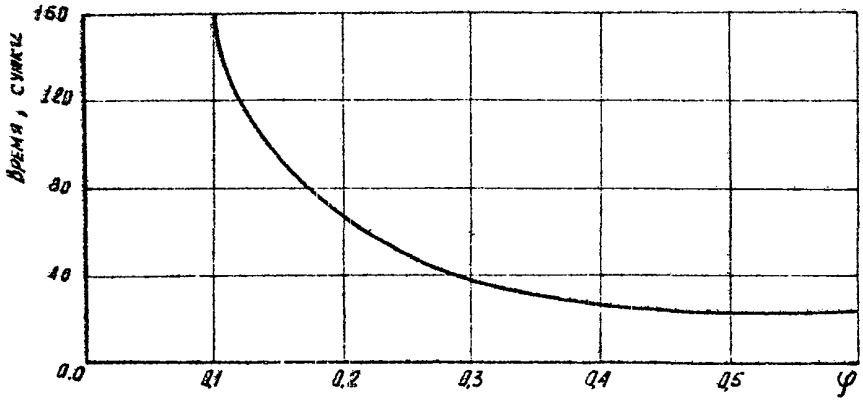

Рис. 7 ГРАФИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ВЕДЕНИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА φ

4. ТАМПОНАЖНЫЕ РАСТВОРЫ.

4.1. Растворы, предназначенные для упрочнения пород, должны обладать достаточной проникающей способностью, после твердения обеспечивать требуемую степень упрочнения массива, быть устойчивыми к агрессивной среде, иметь низкую стоимость. Вышеуказанным требованиям в достаточной степени отвечают цементные и цементно-песчаные растворы.

4.2. Материалами для приготовления цементных и цементно-песчаных растворов являются : цемент, песок, вода, ускорители схватывания и твердения, пластифицирующие добавки, отвечающие требованиям соответствующих ГОСТов.

4.3. В качестве вяжущего применяется портландцемент марки 400 и выше (ГОСТ 10178-76). При наличии агрессивных вод рекомендуется применять сульфатостойкий портландцемент.

4.4. Заполнитель - мелко и среднезернистый песок с содержанием глинистых частиц до 10% - должен соответствовать требованиям ГОСТов 10268-70 и 8736-67.

4.5. Для затворения пригодна любая питьевая вода. Использование природных минерализованных вод допускается, если они соответствуют требованиям ГОСТ 4797-69.

4.6. Для ускорения процесса схватывания и твердения тампонажных растворов в них добавляются хлористый кальций (ГОСТ 450-77), жидкое стекло (ГОСТ 13078-67) в количестве 2-3% от веса цемента, или другие химические добавки (хлористые соединения железа, алюминия, бария).

4.7. Для увеличения подвижности растворов и предотвращения их расслаивания применяются пластифицирующие добавки : сульфитно-дрожжевая бражка (сульфитно-спиртовая барда) в количестве 0,2-0,3% от массы цемента или бентонит в количестве 1-4%.

4.8. Расход компонентов для приготовления 1 $м^3$ песчано-цементного раствора определяется по формулам :

$$Q_ц = \frac{Ц\,\gamma_ц\,\gamma_в\,\gamma_п}{Ц\,\gamma_в\,\gamma_п + В\,\gamma_ц\,\gamma_п + П\,\gamma_ц\,\gamma_в}; \qquad (4)$$

$$Q_п = \frac{П\,\gamma_в\,\gamma_п\,\gamma_ц}{Ц\,\gamma_в\,\gamma_п + В\,\gamma_ц\,\gamma_п + П\,\gamma_ц\,\gamma_в}; \qquad (5)$$

$$Q_в = \frac{В\,\gamma_ц\,\gamma_в\,\gamma_п}{Ц\,\gamma_в\,\gamma_п + В\,\gamma_ц\,\gamma_п + П\,\gamma_ц\,\gamma_в}; \qquad (6)$$

где : Ц, П, В – число частей соответственно цемента, песка и воды по массе;

$\gamma_в, \gamma_ц, \gamma_п$ – плотность воды, цемента и песка, т/м^3.

Расход компонентов для приготовления I м^3 цементно-песчаного раствора приведен в таблице 2.

Таблица 2.

Состав тампонажного раствора Ц : П : В	Расход компонентов для приготовления I м^3 тампонажного раствора, кг		
	цемент	песок	вода
I:3:2	287	862	574
I:4:2	260	1038	519
I:5:2	237	1184	474

4.9. Необходимое количество цемента и воды для приготовления I м^3 чисто цементного раствора определяется по формулам :

$$Q_ц = \frac{Ц\,\gamma_ц\,\gamma_в}{Ц\,\gamma_в + В\,\gamma_ц}, \qquad (7)$$

$$Q_в = \frac{В\,\gamma_ц\,\gamma_в}{Ц\,\gamma_в + В\,\gamma_ц}. \qquad (8)$$

Расход компонентов для приготовления I м^3 цементного раствора приведен в таблице 3.

Таблица 3.

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

4.10. Ориентировочный расход тампонажного раствора на 1 м выработки рассчитывается по формуле

$$V = 1{,}15P(0{,}5\Delta h + 0{,}05 b_y) \qquad (9)$$

где b_y - ширина зоны упрочнения (п.3.6 и 3.7).

5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО УПРОЧНЕНИЮ.

5.1. Технологически процесс упрочнения разрушенных пород приконтурной зоны включает в себя подготовительные работы и непосредственно приготовление и нагнетание тампонажного раствора. Подготовительные работы заключаются в подготовке участка для тампонажа, чеканке швов и трещин в кровле, бурении тампонажных скважин и оборудовании их кондукторами. Нагнетание тампонажного раствора выполняется в две этапа. На первом этапе производится заполнение пустот закрепного пространства и крупных трещин цементно-песчаным раствором. На втором - в трещиноватый породный массив нагнетается цементный раствор.

5.2. 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. Во вновь проводимых выработках перемычки следует

устраивать в процессе возведения крепи в виде бетонной или породобетонной стенки (шириной 0,4÷0,6 м) между породным контуром и крепью. В пройденных выработках перемычки образуются путем заливки безщебёночного бетона за крепь через шпуры, пробуренные по периметру последней через 0,7÷1 м и оборудованные кондукторами.

5.3. Чеканка трещин в монолитной крепи и швов в сборной крепи выполняется густым песчано-цементным раствором. Для герметизации рамной крепи с железобетонной затяжкой целесообразно по контуру выработки наносить слой набрызг-бетона толщиной 2-3 см.

5.4. Для выполнения первого этапа тампонажа посредине тампонажного участка через крепь бурятся три шпура (два в боках и один в кровле) и оборудуются кондукторами (рис.8).

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 2-х ати (с учетом несущей способности и состояния крепи).

5.5. 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 (пп.3.6 и 3.7) и оборудованные кондукторами (рис.9,10). Скважины бурятся по периметру выработки в радиальном направлении и располагаются 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 1:2 вначале нагнетания до 1:1 в конце. Давление на втором этапе доводится до 10 ати.

5.6. Контроль качества тампонажных работ осуществляется :

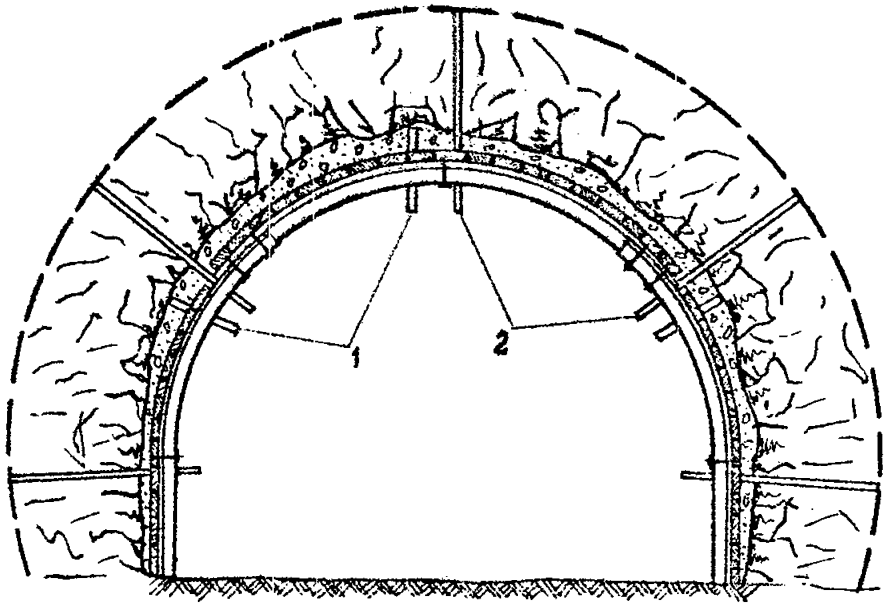

Рис. 8 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ШПУРОВ ДЛЯ ТАМПОНАЖА ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД :

1 - тампонажные трубки для заполнения закрепного пространства;

2 - тампонажные трубки для нагнетания раствора в трещиноватые породы.

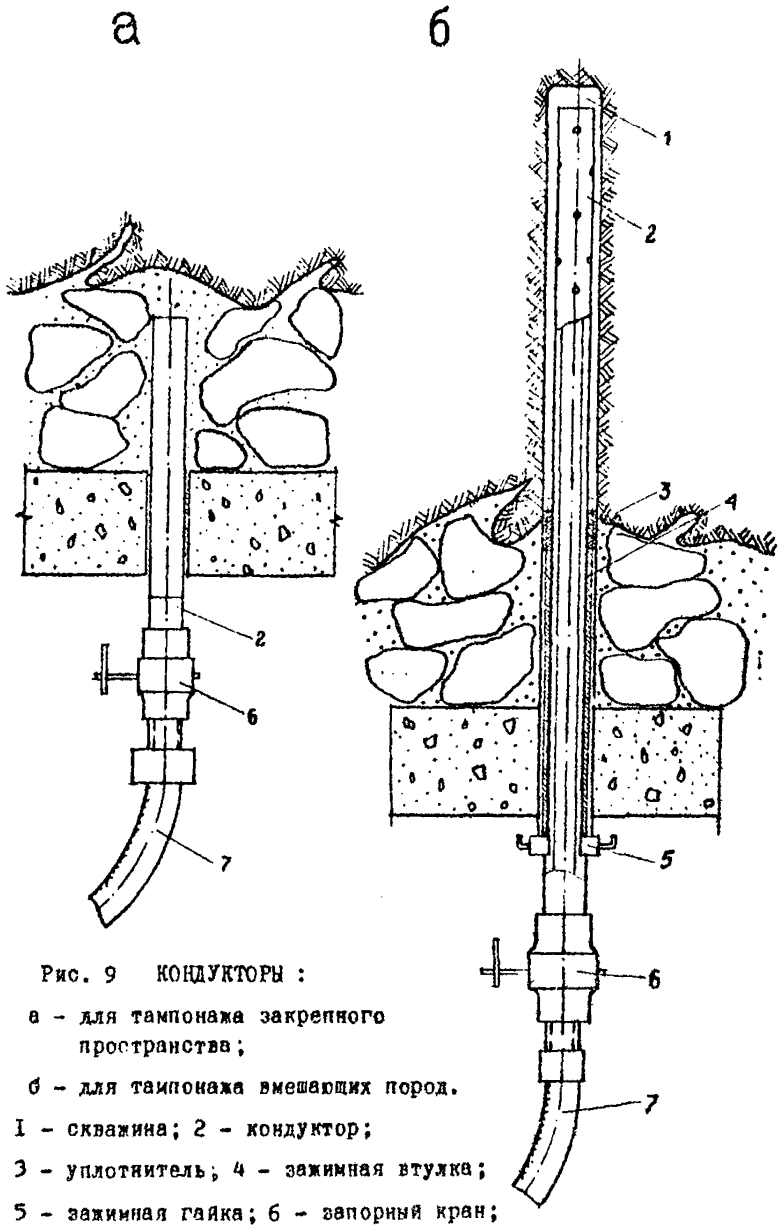

Рис. 9 КОНДУКТОРЫ :

а - для тампонажа закрепного пространства;

б - для тампонажа вмещающих пород.

I - скважина; 2 - кондуктор;

3 - уплотнитель; 4 - зажимная втулка;

5 - зажимная гайка; 6 - запорный кран;

7 - шланг.

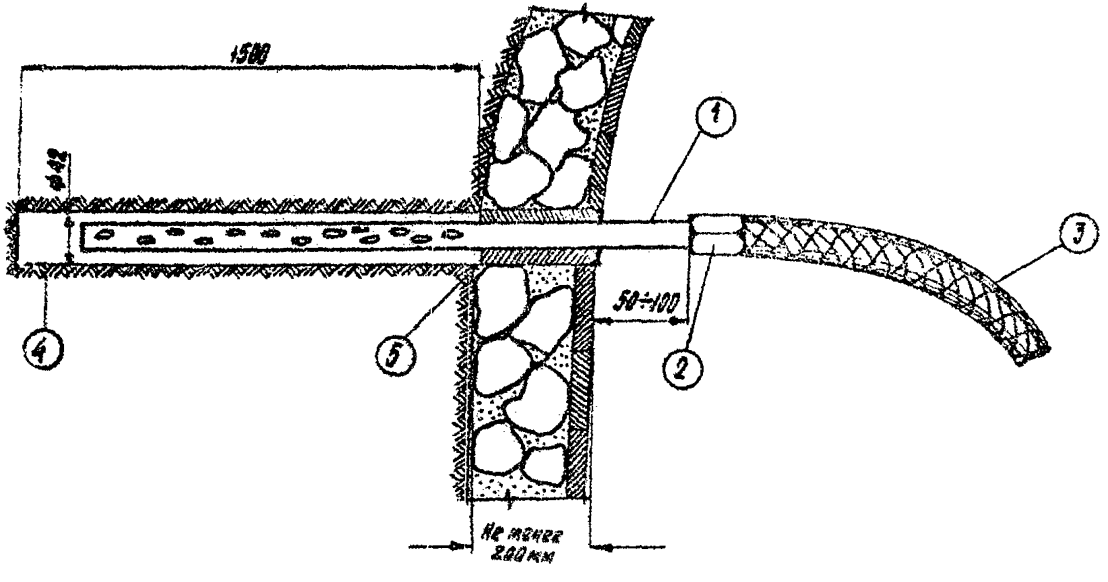

Рис. 10 СХЕМА УСТАНОВКИ ИНЪЕКТОРА ПРИ ТАМПОНАЖЕ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД.

1 - тампонажная трубка (инъектор) ф 1 1/4" ;
2 - накидная гайка; 3 - высоконапорный шланг;
4 - шнур ф 42 мм; 5 - уплотнение из цементно-песчаного растворa.

- соблюдением предельного давления нагнетания;
- контрольным перебуриванием зоны упрочненных пород и осмотром керков;
- в выработках, закрепленных металлической арочной крепью, контроль качества заполнения закрепного пространства осуществляется простукиванием верхних затяжек.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

6.1. Бурение тампонажных скважин производится перфораторами и пневмосверлами с пневмоподдержек, ручными и колонковыми электросверлами, установками для бурения шпуров под анкерную крепь.

6.2. Для приготовления качественных тампонажных растворов следует применять бетоносмесители типа СБ-73 и растворомешалки типа С-868. При отсутствии вышеуказанных механизмов приготовление раствора может осуществляться в обычной вагонетке с глухим дном, оборудованной лопастным или шнековым смесителем с приводом от пневмо- или электродвигателя (рис.11). 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.12).

6.3. Для нагнетания растворов используются растворонасосы типа НГР 250/50, ГР-16/40, СО-10, С-317. Чтобы увеличить срок безремонтной работы насоса НГР-250/50 производят замену быстроизнашивающихся тарельчатых клапанов на шариковые.

6.4. Тампонажное оборудование следует располагать таким образом, чтобы оно не мешало работам проходческого цикла и транспорту. Для этого в выработках устраивают съезды, уширения (рис.13,14), размещают оборудование на сбойках, сопряжениях или во временных камерах.

Технические возможности тампонажного оборудования позволяют вести упрочнение на расстоянии 50-100 м от места его установки. Расстояние между уширениями (нишами) в однопутевых выработках следует

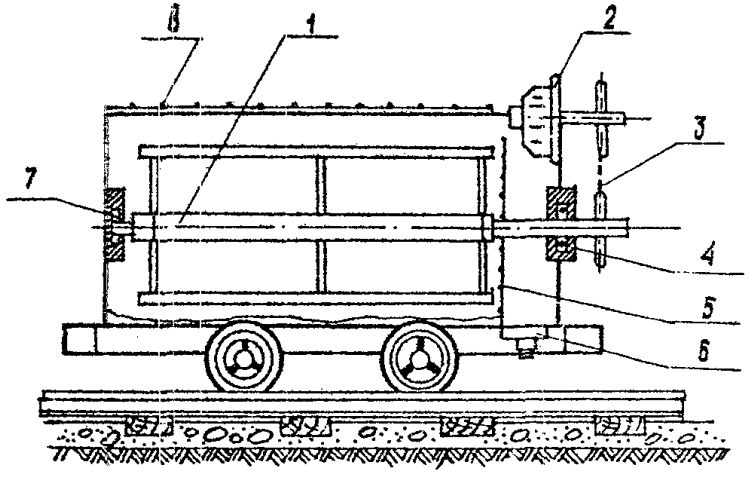

Рис. II ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ВАГОНЕТКИ- СМЕСИТЕЛЯ :

I - вал с лопастями; 2 - двигатель; 3 - ременная передача;

4 - подшипник; 5 решетка; 6 - приямок всаса;

7 - подшипник.

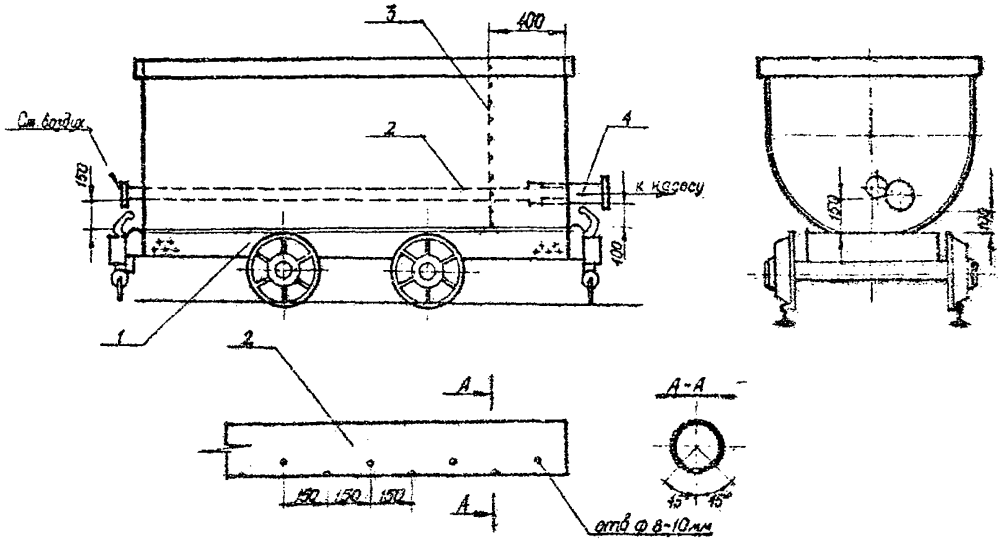

Рис. 12 СХЕМА УСТРОЙСТВА ВАГОНЕТКИ-СМЕСИТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕЙ НА СЖАТОМ ВОЗДУХЕ :

1 - вагонетка; 2 - перфорированная труба ø 2"; 3 - фильтрующая перегородка с отв. ø 4÷5 мм.

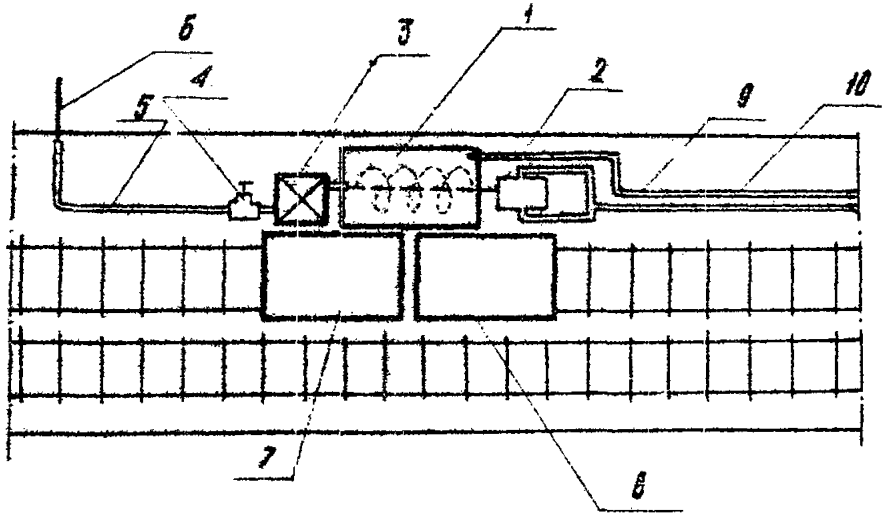

Рис. 13 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ВЫРАБОТКЕ (вид сверху) :

1 - вагонетка-смеситель; 2 - пневматический двигатель ПРМ-10; 3 - насос НГР-250; 4 - запорный кран; 5 - нагнетательный шланг; 6 - тампонажный патрубок; 7 - вагонетка с цементом; 8 - вагонетка с песком; 9 - водяной став; 10- став сжатого воздуха.

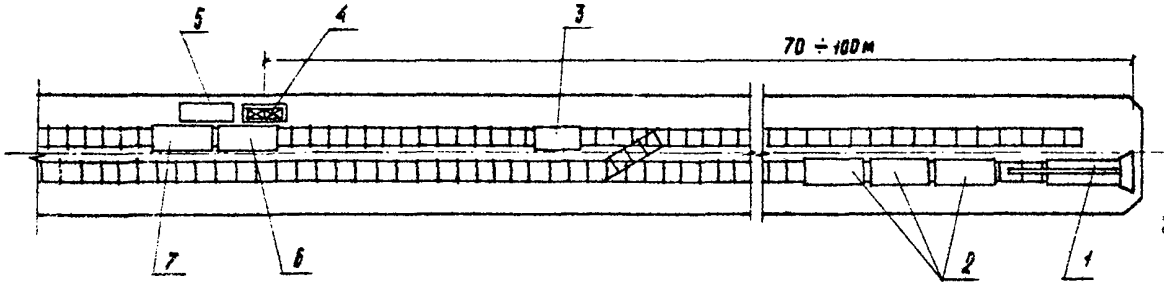

Рис. 14 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ТАМПОНАЖНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1 - породопогрузочная машина; 2 - вагонетка с породой;

3 - набрызгмашина; 4 - насос НТР 250/50;

5 - вагонетка-смеситель; 6 - вагонетка с цементом;

7 - вагонетка с песком.

принимать равным 150-200 м.

7. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УПРОЧНЕНИЯ.

Пример I. Требуется определить целесообразность применения упрочнения пород и его геомеханические параметры для выработки шириной вчерне 4,6 м, проводимой в следующих горно-геологических условиях : глубина расположения от поверхности H=710 м, прочность вмещающих пород R = 450 кгс/см^2. В распоряжении шахты для приготовления тампонажного раствора имеется портландцемент марки 400.

а. Параметр $\frac{\gamma H}{R}$ для данных условий равен:

$\frac{\gamma H}{R} = \frac{2,5 \cdot 710}{4500} = 0,394 > 0,3$, следовательно, в рассматриваемом случае целесообразно применить упрочнение пород для обеспечения устойчивости выработки.

б. Определяем параметры временной крепи, которой должна поддерживаться выработка до создания оболочки из упрочненных пород. Несущую способность временной крепи определяем из графика рис.2.

$q_{вр} = 3$ тс/м^2.

Податливость находим по графику (рис.3). $\frac{U_{вр}}{a} = 0,04$;

$U_{вр} = 0,04 \cdot 2,3 = 0,092$ м $\approx$ 100 мм.

Исходя из найденных параметров, принимаем в качестве временной крепи металлическую арочную податливую крепь типа АП с железобетонной затяжкой. Плотность установки рам I арка на I м выработки.

в. Глубину упрочнения определяем по графику (рис.4) $b_у = 1,3$ м.

г. По графику рис.6 определяем, что тампонажный раствор на базе портландцемента марки 400 с водоцементным отношением I:2 обеспечивает для рассматриваемых пород коэффициент упрочнения $\xi = 0,6$.

д. По графику рис.5 находим, что время отставания создания оболочки из упрочненных пород от проходческих работ при достигаемом коэффициенте упрочнения $\xi = 0,6$ составляет $t = 65$ суток.

е. Упрочнение выполняется насосом НГР-250 в два этапа: на пер-

вом производится заполнение пустот закрепного пространства и крупных трещин приконтурной зоны цементно-песчаным раствором состава Ц:П:В = 1:3:2, на втором - нагнетание чисто цементного раствора в приконтурный массив под давлением до 10 ати.

Учитывая, что отставание второго этапа упрочнения от тампонажа закрепного пространства составляет 10 суток и оболочка из упрочненных пород практически набирает свою прочность через 14 суток, начинать тампонажные работы следует через 65-24=41 сутки после проведения выработки.

ж. Расход раствора на 1 м выработки при толщине пустот закрепного пространства Δh = 0,2 м определяем по формуле 9.

$V = 1,15.10\ (0,5.0,2 + 0,05.1,3) = 1,9\ м^3$.

з. Расход компонентов для приготовления 1 $м^3$ цементно-песчаного раствора состава Ц:П:В = 1:3:2 определяем по таблице 2 : песок 862 кг, цемент 287 кг, вода 574 кг.

Расход компонентов чисто цементного раствора состава В:Ц=1:2 определяем по таблице 3 : цемент 1230 кг, вода 610 кг.

Пример 2. Полевой магистральный штрек пройден на глубине Н-750 м и эксплуатируется в течение года. Горный массив, вмещающий выработку, представлен трещиноватыми песчаными сланцами крепостью f=4÷5 и песчано глинистыми сланцами крепостью f= 3÷4. Штрек закреплен податливой металлической арочной крепью (ширина вчерне 4,5м) и железобетонной затяжкой. На отдельных участках выработки происходит частичная деформация рам крепи и разрушение железобетонной затяжки. На всем протяжении штрека наблюдается интенсивное пучение почвы. Проведение подрывки почвы и замена деформированных рам крепи не сказались на улучшении состояния выработки. Найти техническое решение по улучшению состояния полевого магистрального штрека.

а. Вышеуказанное состояние штрека свидетельствует об образовании вокруг него зоны разрушенных и трещиноватых пород, смещающихся во

внутрь выработки, и приводящих к деформации крепи, разрушению затяжки и пучению почвы. Параметр $\frac{\gamma H}{R}$ для данных условий равен

$$\frac{\gamma H}{R} = \frac{2,5 \cdot 750}{4000} = 0,47 > 0,3.$$

В сложившейся горно-технической обстановке эффективным мероприятием по повышению устойчивости штрека может быть тампонаж закрепного пространства и вмещающих пород песчано-цементным раствором.

б. Глубину упрочнения определяем по таблице I.

$b_y = 1,6$ м.

в. Согласно п.3.5 упрочнение пород следует производить как можно скорее, не допуская такого положения, когда выработка окажется непригодной к эксплуатации и потребует перекрепления.

г. Тампонаж выполняется насосом НГР-250/50 в два этапа : на первом производится заполнение пустот закрепного пространства и крупных трещин приконтурной зоны цементно-песчаным раствором на базе портландцемента марки 400 состава Ц:П:В = I:3:2, на втором - нагнетание вначале цементно-песчаного раствора, а затем чисто цементного раствора в приконтурный массив. В конце нагнетания давление доводится до IO ати.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Приложение I

Значения функции $y=x^{1,2}$

x	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
5	6,89	7,06	7,23	7,40	7,56	7,73	7,90	8,07	8,24	8,4I
6	8,58	8,76	8,93	9,I0	9,28	9,45	9,62	9,80	9,98	I0,I5
7	I0,33	I0,5I	I0,68	I0,86	II,04	II,22	II,40	II,58	II,76	II,94
8	I2,I2	I2,3I	I2,49	I2,67	I2,85	I3,04	I3,22	I3,4I	I3,59	I3,78
9	I3,96	I4,I5	I4,34	I4,53	I4,7I	I4,90	I5,09	I5,28	I5,47	I5,66
I0	I5,85	I6,04	I6,23	I6,42	I6,6I	I6,80	I6,99	I7,I9	I7,38	I7,57
II	I7,77	I7,96	I8,I6	I8,35	I8,55	I8,74	I8,93	I9,I3	I9,33	I9,53
I2	I9,72	I9,92	20,I2	20,32	20,52	20,7I	20,9I	2I,II	2I,3I	2I,5I
I3	2I,7I	2I,9I	22,II	22,32	22,52	22,72	22,92	23,I2	23,32	23,53
I4	23,73	23,93	24,I4	24,34	24,55	24,75	24,96	25,I6	25,37	25,57
I5	25,78	25,99	26,I9	26,40	26,6I	26,8I	27,02	27,23	27,44	27,65
I6	27,86	28,06	28,27	28,48	28,69	28,90	29,II	29,32	29,54	29,75
I7	29,96	30,I7	30,38	30,59	30,8I	3I,02	3I,23	3I,44	3I,66	3I,87

x	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
I8	32,08	32,30	32,5I	32,73	32,94	33,16	33,37	33,59	33,80	34,02
I9	34,23	34,45	34,67	34,88	35,I0	35,32	35,54	35,75	35,97	36,I9
20	36,4I	36,63	36,85	37,06	37,28	37,50	37,72	37,94	38,I6	38,38
2I	38,60	38,82	39,04	39,26	39,49	39,7I	39,93	40,I5	40,37	40,60
22	40,82	4I,04	4I,26	4I,49	4I,7I	4I,94	42,I6	42,38	42,6I	42,83
23	43,05	43,28	43,50	43,73	43,96	44,I8	44,4I	44,63	44,86	45,08
24	45,3I	45,54	45,76	45,99	46,22	46,45	46,67	46,90	47,I3	47,36
25	47,59	47,8I	48,04	48,27	48,50	48,73	48,96	49,I9	49,42	49,65
26	49,88	50,II	50,34	50,57	50,80	5I,03	5I,26	5I,50	5I,73	5I,96
27	52,I9	52,42	52,66	52,89	53,I2	53,35	53,59	53,82	54,05	54,29
28	54,52	54,75	54,99	55,22	55,46	55,69	55,92	56,I6	56,39	56,63
29	56,86	57,I0	57,34	57,57	57,8I	58,04	58,28	58,52	58,75	58,99
30	59,23	59,46	59,70	59,94	60,I7	60,4I	60,65	60,89	6I,I3	6I,37

Приложение 2

Значения функции $y = x^{2,67}$

X	00	100	200	300	400	500	600	700	800	900
2000	651.10^6	742.10^6	840.10^6	946.10^6	1059.10^6	1182.10^6	1312.10^6	1451.10^6	1599.10^6	1756.10^6
3000	1923.10^6	2098.10^6	2284.10^6	2479.10^6	2685.10^6	2902.10^6	3128.10^6	3366.10^6	3614.10^6	3874.10^6
4000	4145.10^6	4427.10^6	4721.10^6	5027.10^6	5346.10^6	5676.10^6	6019.10^6	6375.10^6	6744.10^6	7125.10^6
5000	7520.10^6	7929.10^6	8351.10^6	8786.10^6	9236.10^6	9700.10^6	10178.10^6	10670.10^6	11178.10^6	1170.10^7
6000	1223.10^7	1278.10^7	1335.10^7	1394.10^7	1454.10^7	1515.10^7	1578.10^7	1643.10^7	1709.10^7	1777.10^7
7000	1847.10^7	1918.10^7	1991.10^7	2066.10^7	2142.10^7	2220.10^7	2300.10^7	2382.10^7	2465.10^7	2551.10^7
8000	2637.10^7	2727.10^7	2817.10^7	2910.10^7	3004.10^7	3101.10^7	3199.10^7	$3,3.10^{10}$	3402.10^7	3506.10^7

Приложение 3

Значения функции $y=x^{1,67}$

x	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	13702	14473	15262	16066	16888	17725	18579	19449	20335	21236
400	22153	23086	24034	24997	25976	26969	27977	29000	30038	31090
500	32157	33239	34334	35444	36568	37706	38857	40023	41203	42396
600	43603	44823	46057	47304	48565	49838	51126	52426	53739	55065
700	56404	57756	59121	60499	61889	63292	64708	66136	67577	69030
800	70495	71973	73463	74965	76480	78006	79545	81095	82658	84233
900	85819	87417	89028	90649	92283	93928	95585	97254	98934	100626
1000	102329	104044	105769	107507	109256	111016	112787	114570	116363	118168
1100	119984	121811	123649	125499	127359	129230	131112	133005	134909	136824
1200	138749	140686	142633	144590	146559	148538	150528	152528	154539	156561

Приложение 4

Значения функции $y = 1 - \sqrt{x}$

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,5	0,2929	0,2858	0,2789	0,2719	0,2651	0,2584	0,2516	0,2450	0,2384	0,2319
0,6	0,2254	0,2189	0,2126	0,2063	0,2000	0,1938	0,1876	0,1815	0,1754	0,1693
0,7	0,1633	0,1574	0,1515	0,1456	0,1398	0,1339	0,1282	0,1225	0,1169	0,1112
0,8	0,1056	0,1000	0,0945	0,0889	0,0835	0,0780	0,0726	0,0672	0,0619	0,0566
0,9	0,0513	0,0461	0,0408	0,0356	0,0305	0,0253	0,0202	0,0151	0,0100	0,0050

ОГЛАВЛЕНИЕ

Принятые обозначения 3
Введение 5
1. Общие положения 7
2. Область и условия применения 8
3. Геомеханические параметры упрочнения . . 9
4. Тампонажные растворы 19
5. Технология и организация работ по упрочнению . 21
6. Технологическое оборудование 26
7. Примеры расчета параметров упрочнения . . 31
Приложения 34

БП 03236 Подписано к печати 14.09.1978 г.
Формат 60×84 1/16. Печ. л. 2,5. Заказ № 4402. Тираж 150 экз.

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