

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР
РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "УКРШАХТОСТРОЙ"
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ У С С Р
КОММУНАРСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(КГМИ)

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Первый заместитель министра
угольной промышленности УССР

Н.С.Сургай

17 июня 1985г.

РУКОВОДСТВО
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ
И ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
АКТИВНОЙ РАЗГРУЗКОЙ
И ПОСЛЕДУЮЩИМ УПРОЧНЕНИЕМ ПОРОД
(АРПУ)

г. Коммунарск 1985г.

При добыче угля подземным способом одной из основных причин неудовлетворительного эксплуатационного состояния большинства горных выработок является пучение пород почвы, а существующие способы его предотвращения, требуя больших материальных и трудовых затрат, не способны обеспечить решение этой проблемы.

Для повышения устойчивости капитальных выработок в КГМИ (ныне ДонГТУ) разработан способ предотвращения пучения почвы активной разгрузкой и последующим упрочнением пород (АРПУ). Разработки основаны на НИР и ОКР, выполненных в 1976-1984 гг., в рамках темы № 1504 Минуглепрома СССР. Промышленная проверка и успешное внедрение АРПУ проведены на более чем 10 шахтах различных производственных объединений Донбасса.

Данное руководство составлено на основе выполненных исследований в КГМИ по управлению устойчивостью горных выработок за счет изменения напряженного состояния и прочности горных пород. При его составлении использованы разработки институтов ВНИИОМШС, КузШахтострой, ИГД им. А.А. Скочинского, МакИСИ по упрочнению массива пород.

Основные положения руководства разработаны под научным руководством канд. техн. наук Литвинского Г.Г., в них на разных стадиях работы принимали участие исполнители канд. техн. наук Бабиюк Г.В., канд. техн. наук Курман С.А., инж. Коробкин С.Г., проверка руководства проведена при участии инж. Свирского Ю.И. (Госстрой СССР) и инж. Быкова А.В. (Р.О. "Укршахтострой"). В шахтных исследованиях и внедрении способа участвовали сотрудники КГМИ канд. техн. наук Волошин В.Б., инженеры Мусиенко В.Н., Троян В.Д., Мележик А.И.

Руководство предназначено для использования при проектировании и сооружении капитальных и основных подготовительных горных выработок на угольных шахтах в условиях пучащих пород почвы.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.

1.1. Настоящее руководство распространяется на проектирование и производство работ по предотвращении пучения почвы капитальных и подготовительных горных выработок способом активной разгрузки пород и последующим их упрочнением (АРПУ), который в соответствии с п.4.17 СНиП П-94-80 "Подземные горные выработки" /1/. В капитальных горных выработках способ АРПУ следует предусматривать взамен обратных сводов крепи. Руководство является дополнением к приложению 16 "Руководства по проектированию подземных горных выработок и расчёту крепи" /2/ и соответствует Правилам Безопасности.

1.2. Способ АРПУ относится к активным методам управлений горным давлением в выработке, комплексно воздействующим на напряженное состояние и прочность горных пород.

Геомеханическая сущность способа АРПУ заключается в перераспределении напряжений вокруг выработки путём камуфлетного взрывания пород в почве и использовании раздробленных и разгруженных от напряжений пород в качестве естественного строительного материала для создания в почве выработки мощного грузонесущего обратного свода.

Перераспределение напряжений вокруг выработки достигается за счет изменения ее формы при взрыве в почве камуфлетных зарядов взрывчатого вещества. В результате взрыва в породном массиве создают искусственные трещины и, тем самым, разрушают породы на отдельные блоки и отделяют их от массива. В образованные трещины и пустоты нагнетают упрочняющий раствор, что формирует монолитную породонесущую конструкцию в виде обратного свода, способную оказать высокое сопротивление горному давлению и полностью предотвратить пучение почвы. Снижение напряжений в приконтурном массиве приводит к повышению устойчивости выработки в целом в 2-3 раза.

1.3. Способ АРПУ является высокопроизводительным и экономичным

методом производства работ по предотвращению пучения почвы горных выработок и позволяет:

повысить в целом устойчивость породного контура выработки в 2-3 раза, получить в почве однородную и мощную конструкцию породонесущего обратного свода с несущей способностью до 5 МПа и, тем самым, полностью устранить пучение пород почвы;

механизировать операции по возведению породонесущего обратного свода крепи, снизить трудоёмкость проходческих работ, значительно повысить производительность труда рабочих;

существенно снизить стоимость и материалоёмкость конструкции крепи за счёт исключения применения металлобетонных обратных сводов, устранения необходимости ремонтов и перекреплений выработок в породах, склонных к пучению;

совместить работы по возведению породонесущего обратного свода с проведением выработки, в результате чего увеличить скорость ее сооружения.

2. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

2.1. Способ АРПУ следует применять в капитальных, горизонтальных и наклонных (до 20°) капитальных и подготовительных горных выработках, узлах сопряжений и камерах (сечением до 40 м^2), когда основной причиной пучения являемся горное давление, вызывающее разрушение и выдавливание пород в выработку.

На стадии проектирования согласно СНиП П-94-80 [1] способ следует предусматривать при прогнозируемых смещениях пород почвы более 200 мм.

2.2. Способ можно применять как во вновь сооружаемых выработках при их проходке, так и во время эксплуатации, когда недопустимые смещения почвы обусловлены изменением горнотехнической обстановки (взаимовлияние выработок, влияние очистных работ и пр.), а также после подрывки и перекрепления. Способ технологически хорошо сочетается со всеми известными

конструкциями крепи горных выработок и не требует их изменения.

2.3. Способ не рекомендуется применять в породах, когда отсутствует их сцепление с упрочняющим раствором, а такие в слабо метаморфизованных горных породах, склонных к полному размоканию под действием шахтной воды.

2.4. При проектировании и сооружении горных выработок в условиях, отличающихся от указанных в «Руководстве...», решение о применении способа должно быть согласовано с разработчиком, а его параметры обоснованы соответствующими рекомендациями.

3. ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СПОСОБА

3.1. Геомеханические параметры способа включают: прогнозируемые смещения пород почвы выработки, расчетную нагрузку со стороны горного массива на обратный свод, размеры области разгрузки и упрочнения пород и грузонесущую способность обратного свода.

3.2. Прогнозируемые смещения пород почвы для капитальных и основных подготовительных выработок следует определять в соответствии с действующими нормативными материалами [1, 2]. При наличии в выработке воды расчетное сопротивление пород (массива) сжатию R_c следует определять при полном их влагонасыщении по формуле

$$R_c = R \cdot K_c \cdot K_v \quad (3.1)$$

где R - прочность породы одноосному сжатию (в образце), МПа;

K_c и K_v - коэффициенты, учитывающие соответственно снижение прочности пород за счет нарушенности и обводнения массива, определяемые по рекомендациям прил. 1.

Если величина прогнозируемых смещений пород почвы, рассчитанных по [1, 2] превышает 200 мм, для предупреждения пучения необходимо предусматривать породонесущий обратный свод из разгруженных и упрочненных пород.

3.3. Расчетную нагрузку на обратный свод P необходимо также

определять по [1, 2] с учётом:

смещений пород, произошедших за время с момента разгрузки до их упрочнения, но не более чем за 1 мес.;

величины усадки и ползучести конструкции при твердении, а также смещений за счет обжата незаполненных раствором трещин, которые в сумме следует принимать равными 50 мм для однопутевых выработок и 100 мм для двухпутевых.

3.4. Требуемую минимальную грузонесущую способность обратного свода необходимо определять по формуле

$$[p] = m \cdot p, \quad (3.2)$$

где m - коэффициент условий работы, принимаемый для околоствольных дворов и главных вскрывающих выработок равным 1,2, для остальных 1,1.

Зависимость коэффициента упрочнения пород от их прочности и состава скрепляющего раствора

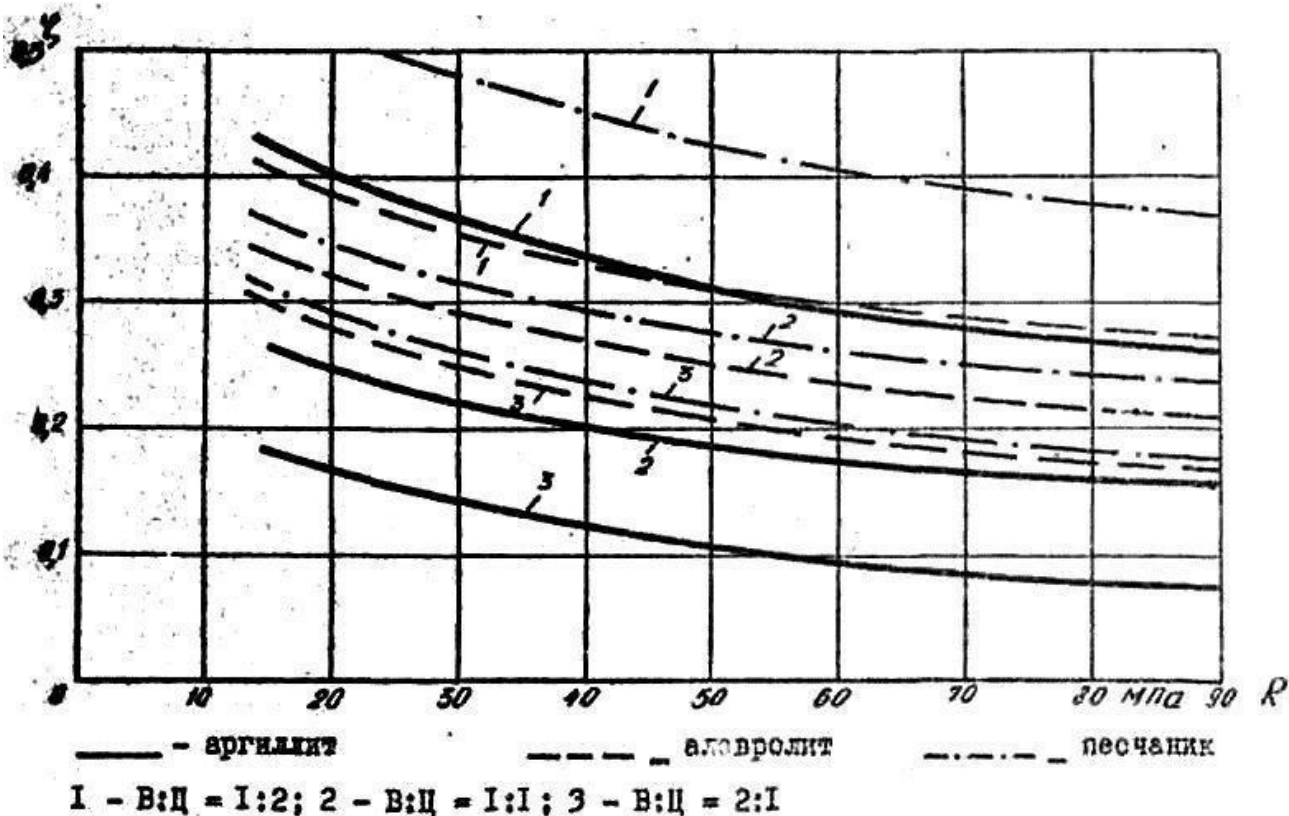


Рис. 3.1

3.5. Прочность пород на одноосное сжатие после их упрочнения R следует определять по данным испытаний, проводимых в специализированных

организациях. Усреднённые коэффициенты упрочнения ζ , определяемые как отношение $\frac{R_y}{R}$, в зависимости от состава раствора для аргиллита, алевролита и песчаника можно найти по графикам (рис. 3.1), построенным по результатам лабораторных испытаний для раствора на портландцементе марки 400 по методике, изложенной в прил. 1.

3.6. Глубину зоны упрочнения следует определять по графикам рис. 3.2,

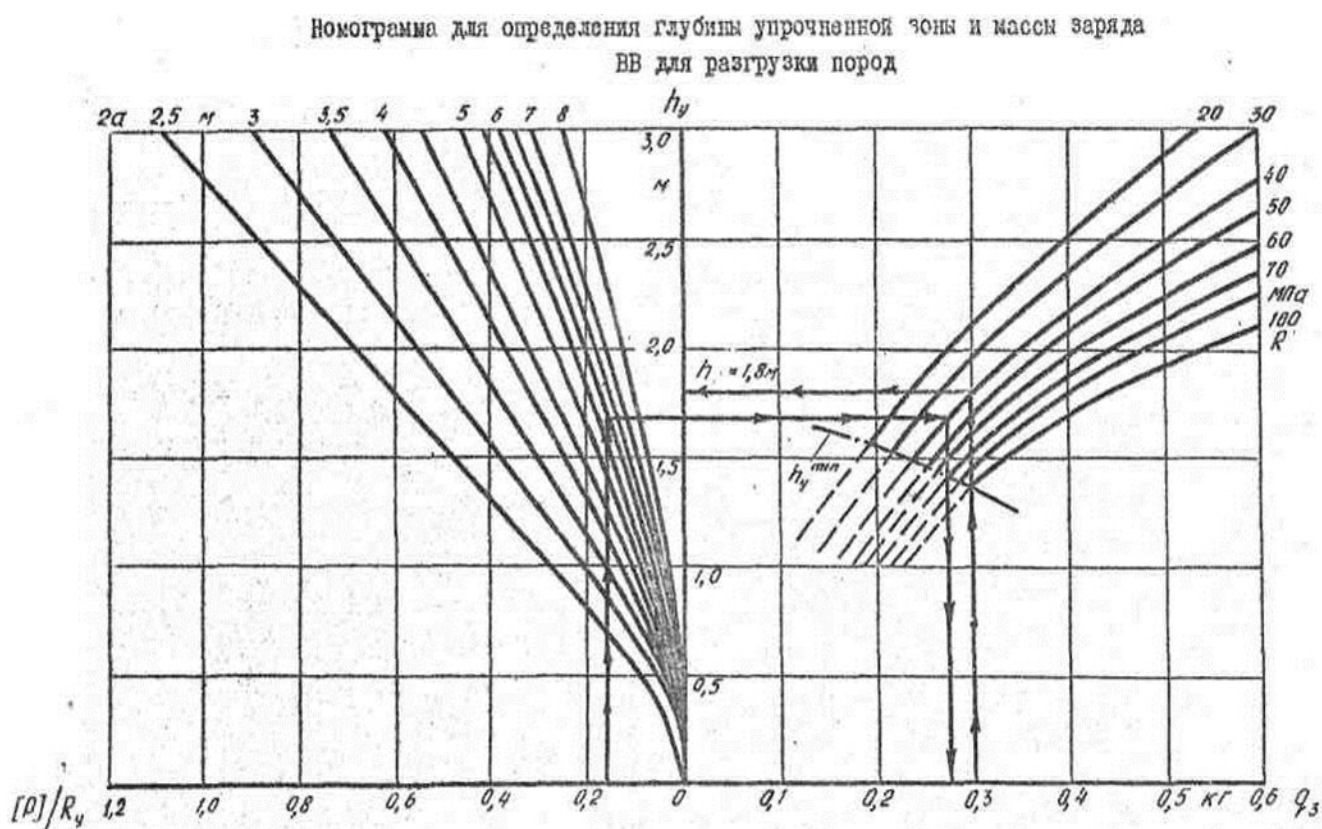


Рис. 3.2

полученным из условия предельного равновесия обратного свода под действием горного давления и на основании обработки опытных данных по разгрузке пород почвы в шахтных условиях. Для этого вначале глубина зоны упрочнения определяется в соответствии с требуемой грузонесущей способностью обратного свода $[p]$ и прочности затампонированных пород R_y для данной ширины выработки $2a$, а затем устанавливается масса заряда ВВ в шпуре для разгрузки пород почвы q_3 , которую необходимо округлить до

ближайшей большей величины, кратной массе патрона и вновь определить глубину зоны упрочнения, соответствующую расчётной массе заряда

3.7. На этом не графике указаны предельные минимальные значения глубины упрочнения $h_y^{\min}$. Если глубина зоны упрочнения из условия предельного равновесия будет меньше $h_y^{\min}$, то необходимо выбирать такую массу заряда, чтобы расчётная глубина зоны упрочнения была больше её минимального значения.

Если глубина упрочнения из условия предельного равновесия превышает 3,0 м, то необходимо повысить прочность затампонированных пород (например, за счёт уменьшения водоцементного отношения раствора).

В случае если в данных горно-геологических условиях требуемую глубину упрочнения невозможно обеспечить, следует предусмотреть разгрузку и упрочнение по всему контуру выработки (крепь "Монолит") [3], либо применять дополнительные специальные способы повышения устойчивости.

3.7. Технологические параметры буровзрывных работ (БВР) для разгрузки пород почвы выработки от напряжения (число, глубина и схема расположения шпуров) определяют из условий требуемого трещинообразования в упрочняемой зоне и соблюдения принципа камуфлетности взрыва по эмпирическим формулам, полученными путём обработки результатов шахтных экспериментов, для усреднённых радиусов зон требуемого дробления r_g и трещиноватости $R_{тр}$ пород от взрыва:

$$r_g = 2,5 \sqrt{\frac{q_3}{R_{cp}}}; \quad r_{тр} = 7 \cdot \sqrt{q_3 / R_{cp}} \quad (3.3)$$

где R_{cp} - усреднённая прочность пород, МПа, определяемая по формуле

$$R_{cp} = \sqrt{R_{\perp} \cdot R_{//}} \quad (3.4)$$

где $R_{\perp}$ и $R_{//}$ - прочность образцов породы на одноосное сжатие соответственно перпендикулярно и параллельно слоистости, МПа (см. прил.1).

При отсутствии сведений о прочностной анизотропии пород в формулы (3.3) и (3.4) следует подставлять значение R.

3.8. Параметры паспорта БВР и глубину зоны разгрузки h_p в соответствии с рис. 3.3 а следует определять по формулам:

глубина шпуров для разгрузки пород

$$\ell_p = h_y - \sqrt{\beta_g} \cdot r_g \quad (3.5)$$

расстояние между зарядами

$$d = \omega \cdot \frac{r_{тр}}{\sqrt{2\beta_{тр}}} \quad (3.6)$$

расстояние между устьями шпуров

$$d_{шт} = d_p - \ell_p \cdot ctg \varphi \quad (3.7)$$

горизонтальное расстояние от стенки выработки до контура зоны разгрузки

$$C_p = \frac{r_{тр}}{\sqrt{\beta_{тр}}} \quad (3.8)$$

количество шпуров в сечении выработки для разгрузки пород

$$n_p = \frac{2a}{d_p} + 1, \quad (3.9)$$

глубина зоны разгрузки

$$h_p = 1,2\ell_p + \sqrt{\beta_{тр}} \cdot r_{тр}$$

где φ - угол наклона крайних шпуров к горизонтали, град;

ω - коэффициент, учитывающий взаимодействие смежных зарядов взрывчатого вещества, определяемый по табл. 3.1;

β_g и $\beta_{тр}$ - коэффициенты, учитывающие анизотропию прочностных свойств пород и соответственно отклонение зон дробления и трещинообразования от окружности и определяемые по табл. 3.1.

Таблица 3.1 .Экспериментальные значения коэффициентов β и ω .

Наименование	β_g	$\beta_{тр}$	ω
Аргиллит	0,5	0,6	1,4
Алевролит	0,6	0,7	1,5
Песчаник	0,7	0,8	1,6

Крайние заряды взрывчатого вещества (ВВ) всегда следует располагать на продолжении линии стенки выработки, т.е. расстояние между ними равно её ширине. Глубину средних шпуров необходимо принимать на 20% больше, рассчитанной по формуле (3.5). Количество шпуров в сечении выработки следует округлять до ближайшего целого значения, а затем по формулам (3.7) и (3.9) уточнить расстояния между зарядами ВВ и устьями шпуров.

3.9. Выбранные параметры БВР следует проверить опытным взрыванием, ориентируясь на отсутствие воронок выброса и поднятие почвы после взрыва, требуемая величина которого приведена в табл. 3,2.

Таблица 3.2 Требуемое поднятие, почвы выработки после взрыва

Глубина зоны разгрузки	1,4-1,8	1,8-25	2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5
Поднятие почвы σ , см	6-7	7-9	9-11	11-13	13-15

3.10. Технологические параметры упрочнения разгруженных от напряжения пород (тип и состав раствора, число, глубина и схема расположения шпуров) следует определять из условия нагнетания раствора зажимным способом по донной схеме в соответствии с рис. 3.3 по формулам, полученным путем обработки результатов шахтных экспериментов:

Схема расположения шпуров в почве выработки

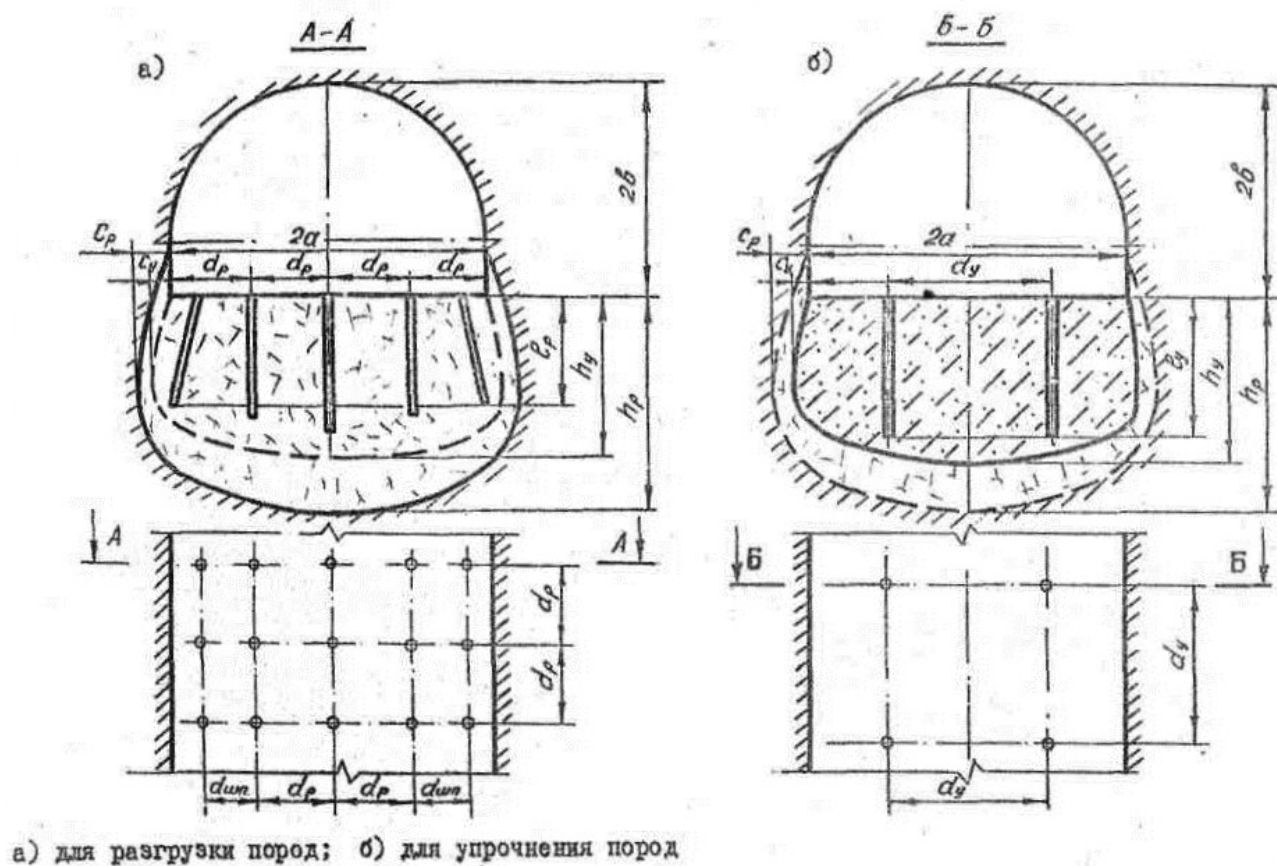


Рис. 3.3

Глубина тампонажных шпуров

$$0,9h_y \leq \ell_y < h_y; \quad (3.11)$$

горизонтальное расстояние от стенки выработки до контура зоны упрочнения

$$C_y = \frac{r_g}{\sqrt{\beta_g}}; \quad (3.12)$$

расстояние между тампонажными шпурами

$$d_y = \eta \cdot \frac{2(a + C_y)}{n_y} \quad (3.13)$$

где η - коэффициент, учитывающий растекание раствора по трещинам и принимаемый для растворов с водоцементным отношением 2:1; 1:1; 1:2 соответственно равным 1,2; 1,0; 0,8.

Число тампонажных шпуров в сечении выработки следует определять по табл. 3.3 в зависимости от относительной глубины зоны упрочнения

$$h = h_y / 2a \quad (3.14)$$

Таблица 3.3 Количество тампонажных шпуров в сечении выработки

Относительная глубина зоны упрочнения, h	Число тампонажных шпуров в сечении выработки
менее 0,5	3
от 0,5 до 1,0	2
свыше 1	1

Размещать тампонажные шпуров в почве выработки следует равномерно, чтобы они не попадали в те ее точки, где находились разгрузочные шпуров.

3.11. Зная среднюю трещиноватость пород в зоне разгрузки, расход тампонажного раствора на 1 метр выработки можно определять по формуле

$$V_p = 3 / h_y (a + C_y) K_{тр} \quad (3.15)$$

Ориентировочно расход раствора можно определить по средней величине поднятия почвы выработки после взрыва по формуле

$$V_p = 3\sigma \cdot a \quad (3.16)$$

4 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗГРУЗКИ И УПРОЧНЕНИЯ ПОРОД

4.1 Выбор взрывчатых веществ и средств инициирования для производства работ по взрывной разгрузке пород почвы необходимо осуществлять в соответствии с требованиями "Единых правил безопасности при взрывных работах".

4.2. Для упрочнения пород следует использовать цементно-песчаные

растворы, а также растворы на магниевом, доломитном и других типах вяжущих, способных набирать прочность в воде. Материалы для приготовления раствора (вяжущие, песок, вода, ускорители схватывания, пластифицирующие и другие добавки) должны удовлетворять требованиям действующих нормативных документов, а также специальным требованиям настоящего руководства.

4.3. Выбор вяжущего необходимо осуществлять в соответствии с рекомендациями отраслевых руководств по приготовлению раствора для последующего тампонажа горных выработок. Из цементов предпочтительно применять обычный и пластифицированный портландцементы марки не ниже 400 (ГОСТ 10178-62). При наличии агрессивных вод рекомендуется применять специальные типы цементов: сульфатостойкий, пуццолановый и шлакопортландцемент.

4.4. Для затворения раствора может быть применена вода, имеющая показатель pH не менее 4 и содержащая сульфатов в пересчете на SO_2 не более 2700 мг/л.

При выборе рецептуры раствора нужно предусматривать минимальное количество воды, необходимое для придания раствору требуемой подвижности, определяемой величиной расплыва стандартного конуса, для применяемых в настоящее время насосов осадка конуса не должна быть менее 20 см.

4.5. В качестве заполнителя рекомендуется использовать мелко- и среднезернистые пески с модулем крупности до 1 мм и содержащие не более 2% примесей глины или пылевидных фракций (ГОСТ 4797-69).

Перед приготовлением раствора песок желательно просеивать. При этом следует учитывать, что тонко измельченный песок положительно влияет на процесс образования качественного раствора, а применение крупнозернистого песка хоть и повышает прочность тампонажного камня, но снижает степень заполнения трещин в породе.

4.6. Для ускорения процесса схватывания и твердения тампонажного раствора, особенно при наличии воды в почве выработки, в него следует

добавлять хлористый кальций (ГОСТ 450-77), жидкое стекло (ГОСТ 13078-67) в количестве 2-3 % от веса цемента или другие стабилизирующие или ускоряющие твердение раствора добавки.

4.7. Стабильность цементно-песчаного раствора, повышение подвижности и уменьшение расслаиваемости следует достигать путём введения добавок-пластификаторов ССБ или СДБ (сульфитно-спиртовой или дрожжевой бражек) в количестве от 0,1 до 0,5% к объёму смеси. Рекомендуется при возможности обеспечить виброактивацию раствора с использованием вибротурбулентных смесителей (например, конструкции КузНИИШахтостроя), что повышает его прочность и водонепроницаемость. Седиментационную устойчивость раствора можно повысить механическим перемешиванием его в процессе нагнетания и добавкой 1-2 % бентонитовых глин.

4.8. Выбор состава тампонажного раствора следует производить исходя из требуемой прочности затампонируемых пород R_y и имеющихся в наличии материалов и оборудования для его приготовления и нагнетания.

Расход компонентов для наиболее, часто используемых составов цементно-песчаного раствора приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1 Расход компонентов тампонажного раствора

Состав тампонажного раствора В:Ц:П	Расход компонентов для приготовления 1 м ³ тампонажного раствора, кг (м ³)		
	Вода	Цемент	Песок
1:1:1	570 (0,57)	570 (0,46)	570 (0,38)
2:1:2	680 (0,68)	340 (0,27)	680 (0,45)
2:1:3	580 (0,58)	290 (0,23)	860 (0,58)

5. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ

5.1. Технология осуществления способа АРПУ для возведения

породонесущего обратного свода из разгруженных и упрочненных пород включает следующие процессы:

- бурение шпуров для разгрузки пород от напряжений;
- взрывание зарядов взрывчатого вещества в почве выработки;
- бурение тампонажных шпуров по разгруженным породам почвы;
- приготовление тампонажного раствора и нагнетание его в разгруженные породы;
- контроль качества и приемку работ.

5.2. Работы по предотвращению пучения пород почвы горных выработок следует выполнять либо непосредственно при сооружении новой выработки либо в уже пройденной выработке.

Процесс сооружения обратного свода хорошо сочетается с операциями проходческого цикла [4,5], а при ремонте выработок поднятие пород почвы после взрыва не сказывается на состоянии рельсового пути.

5.3. Буровзрывные работы по разгрузке пород следует вести согласно паспорту БВР, параметры которого определяют в соответствии с разд. 3.

При сооружении обратного свода во вновь проводимой выработке бурение шпуров и взрывание зарядов ВВ можно проводить одновременно с буровзрывными работами в забое (при отсутствии воды в выработке) или отдельными заходками, длиной 10-15 м вне зоны расположения технологического оборудования, т.е. с отставанием от забоя на 20-30 м.

Шпуры перед заряданием должны быть очищены от буровой мелочи. Забойку следует выполнять глиняными пыжами, а затем засыпать шпур песком, граншлаком или выполнить гидрозабойку путем заливки шпуров водой. Подготовленные к взрыву шпуры и заряды необходимо взрывать в один прием.

После взрывных работ участок почвы должен быть тщательно осмотрен лицом технического надзора (горным мастером) совместно с мастером-взрывником на возможность наличия отказавших зарядов.

Отказавшие заряды определяют по отсутствию регламентированного подъема пород почвы, неразрушенному устью шпура и отсутствию вокруг него

трещин. Ликвидацию отказов зарядов ВВ производить в соответствии с требованиями ЕПБ.

5.4. Работы по упрочнению следует выполнять отдельными заходками по мере разгрузки пород. Технологический разрыв во времени между разгрузкой и упрочнением пород не должен превышать 7 суток.

5.5. Бурение тампонажных шпуров на взорванном участке почвы выработки следует вести в соответствии со схемой, входящей в состав проекта производства работ (см. разд.3). Шпуры очистить от буровой мелочи и закрыть деревянными пробками. Перед упрочнением пород в тампонажные шпуры следует установить иньекторы и уплотнить (герметизировать) их по всей длине.

5.6. К приготовлению раствора следует приступать после проверки исправности оборудования и растворопроводов. Раствор нужно готовить не ранее, чем за 1 час до нагнетания.

Оптимальный состав раствора устанавливают заранее в лабораторных условиях (см. разд. 4). Дозировку составляющих производят по массе или объему. Составляющие для приготовления раствора необходимо заготовить заранее и складировать на месте установки растворомешалки и иньекционной установки. Вяжущее необходимо предохранять от влаги.

Готовить раствор можно централизованно и на месте производства работ. При централизованном способе приготовления его готовят в растворомешалках большой емкости и транспортируют к месту производства работ, где активируют в турбулентном смесителе и после этого нагнетают в почву выработки.

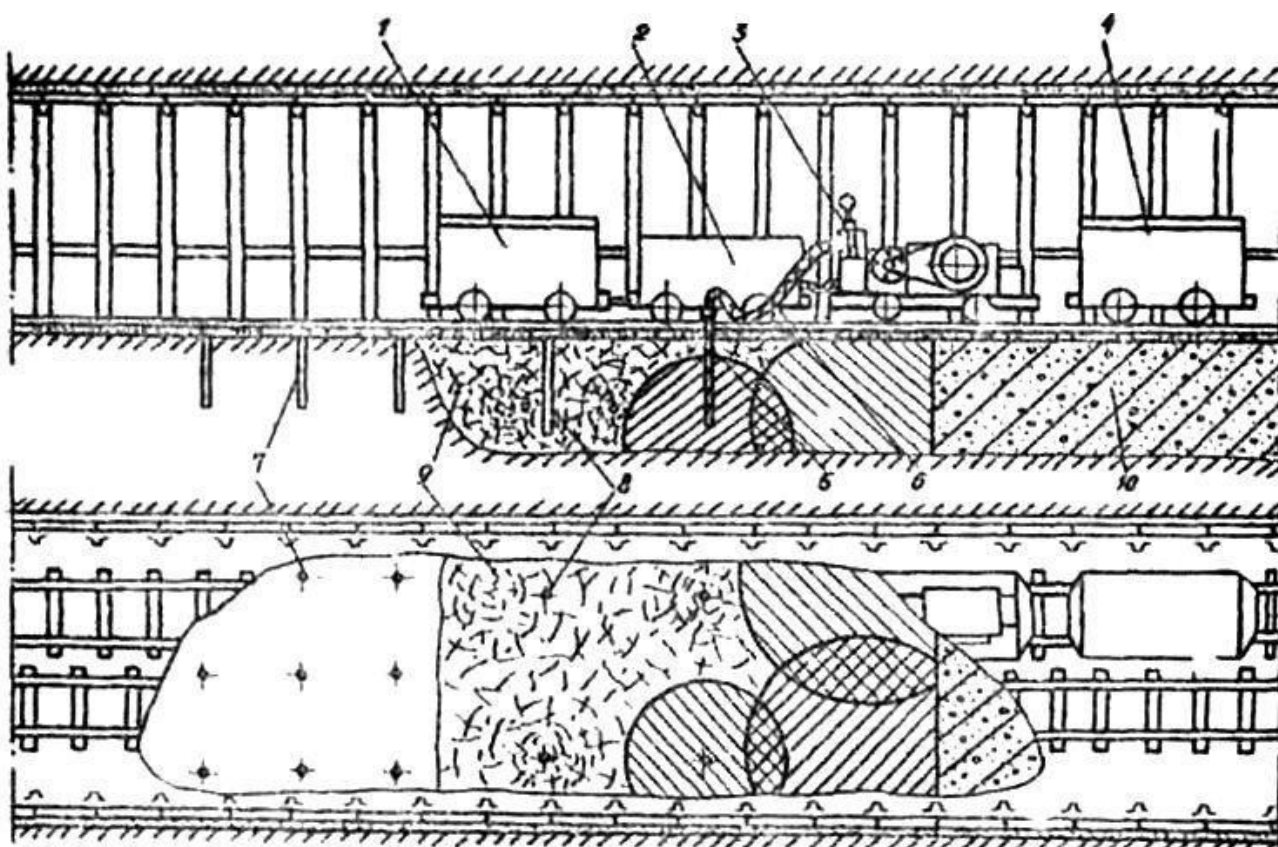
Если раствор готовят на месте производства работ из смеси сухих компонентов или отдельных составляющих, то засыпку их в емкость с небольшим количеством воды производят отдельными порциями при постоянной работе перемешивающего механизма. Для исключения расслоения тампонажного раствора перемешивание его необходимо производить в течение всего периода нагнетания.

5.7. Для упрочнения следует применять зажимной (реже –

полуциркуляционный) способ нагнетания, так как при этом происходит более быстрое заполнение трещин и не требуется сложного оборудования шпуров. Благодаря тому, что породы в почве выработки интенсивно разрушены и не изолированы от выработки крепью, а зона упрочнения имеет достаточно четкие границы, за пределами которых порода не принимают раствор вследствие их низкой проницаемости, давление нагнетания составляет не более 0,3-0,5 МПа.

5.8. Начальную концентрацию упрочняющего раствора следует назначать, исходя из значения коэффициента трещиноватости пород в зоне разгрузки. При значениях $K_{тр}$ от 0,04 до 0,08 начальная концентрация раствора (В:Ц) колеблется соответственно от 2:1 до 1:2.

Нагнетание раствора необходимо вести по донной схеме (пространственный источник), когда тампонажные шпуры бурят на полную



1-вагонетка с цементом; 2- растворомешалка; 3- насос; 4 - вагонетка с песком; 5 - иньектор; 6 - шланг с раствором; 7 - шпуры для разгрузки пород; 8 - тампонажные шпуры; 9 - зона разгрузки; 10 - зона упрочнения

Рис. 5.1. Технология сооружения в выработке породонесущего свода способом АРПУ

глубину зоны упрочнения, а уплотнители иньектора располагают по всей длине шпура (рис. 5.1). При этом используют принцип восходящего потока раствора, при котором отсутствует опасность появления неупрочнённых зон и расслоения смеси под действием сил тяжести. Раствор, куполообразно поднимаясь снизу вверх, вытесняет из трещин и пустот воздух и воду и свободно изливается на поверхность почвы выработки.

5.10. Начинать нагнетание следует с подачи раствора более жидкой консистенции, а затем переходить к оптимальному соотношению, рекомендованному в разд. 4. Если при нагнетании наблюдается перерасход раствора на один шпур, то необходимо сгустить его до максимальной консистенции или сделать перерыв в нагнетании.

Упрочнение разрушенных пород необходимо производить непрерывно до полного заполнения трещин и пустот в почве выработки в пределах захода либо вслед за подвиганием забоя. Нагнетание в отдельные тампонажные шпуры прекращается после заполнения трещин в пределах радиуса распространения раствора и изливания его на поверхность почвы выработки слоем толщиной 2-3 см. При хорошем качестве разгрузки раствор вначале появляется в районе рабочего шпура, а затем постепенно распространяется к границе его действия. При появлении раствора в нерабочих шпурах их необходимо уплотнить, например, иньектором. Расход раствора в первом шпуре на заходке несколько выше, чем на остальных. После окончания нагнетания раствора в шпур, ранее действовавший шланг следует перекрыть, отсоединить от иньектора и присоединить к следующему по ходу нагнетания.

5.11. Контроль за нагнетанием раствора в процессе работы осуществляет по давлению нагнетания, расходу раствора и радиусу его изливания на почве выработки. Превышение рабочего давления свыше 0,5 МПа возможно при закупорке растворопроводов, плохом качестве работ по разгрузке пород и попадании конца иньектора в монолитный массив. В этих случаях соответственно следует:

- устранить причину закупорки и промыть растворопровод;

- произвести качественное взрывание пород;
- поднять иньектор вверх на 0,5 м и продолжить нагнетание последовательными участками.

Перерасход раствора и превышение продолжительности нагнетания на один шпур возможны при очень жидкой консистенции раствора или утечке его по крупным магистральным трещинам за пределы зоны действия шпура. В первом случае необходимо уменьшить водоцементное отношение, т.е. загустить раствор, а во втором - сделать перерыв в нагнетании. Во время перерыва раствор в магистральных трещинах схватывается, после чего нагнетание следует продолжить.

Перерасход раствора возможен, если он вымывается движущейся в почве выработки водой. В этом случае необходимо устранить поступление воды и добавить в раствор ускорители схватывания.

5.12. На наиболее ответственных участках выработок, где необходимо достичь повышенного качества работ по возведению обратного свода, упрочнение пород следует проводить в две стадии. Вначале в почве выработки на разгруженном участке длиной и с сеткой 1,0-1,5 м бурят шпуры и производят в них нагнетание раствора, создавая тем самым приконтурную зону упрочнённых пород. Затем, после схватывания раствора, по центру бурят шпуры на полную глубину и с шагом 5-10 м под давлением 1,0-1,2 МПа нагнетают упрочнявший раствор в глубь разрушенных пород.

5.13. В процессе нагнетания не следует допускать перерывов в подаче раствора продолжительностью более 20 мин. При большей продолжительности происходит закупорка трубопроводов вследствие расслоения или загустевания раствора. При вынужденных перерывах следует периодически включать насос на 3-5 сек, а при перерывах более 30 мин. отсоединять шланги от иньекторов и организовывать циркуляцию раствора.

После окончания работ иньекционную установку и трубопроводы нужно тщательно промыть водой под давлением, предусмотрев организованный сброс использованной воды в водоотливную канавку или специальную вагонетку.

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

6.1. Потребность в машинах, механизмах и оборудовании для бурения шпуров, приготовления раствора, его транспорта и нагнетания в почву зависит от принятой схемы организации работ в выработке.

6.2. Бурение шпуров можно производить обычным серийным оборудованием: перфораторами, ручными пневмо- и электросвёрлами, колонковыми электросверлами, а при большой длине - буровыми машинами и установками. При бурении шпуров по интенсивно разрушенным породам необходимо использовать крестообразные или Т-образные коронки, а устье обсаживать трубами.

6.3. Состав комплекса оборудования для приготовления и транспортирования раствора следует выбирать в соответствии с требованиями, предъявляемыми к свойствам и составу раствора, а также принятой технологией производства работ по упрочнению.

6.4. Приготовление и транспорт раствора можно осуществлять по следующим схемам:

цементно-песчаный раствор готовить на централизованном растворном узле на поверхности шахты или околоствольном дворе и перевозить вагонетками-растворовозами, из которых подавать в инъекционную установку;

раствор готовить в стационарных подземных растворных узлах из смеси компонентов, приготовленной на поверхности, или отдельных составляющих раствора и доставлять к инъекционной установке растворонасосами по магистральным трубопроводам;

раствор готовить в передвижных растворомешалках или турбулентных смесителях, входящих в состав инъекционных установок, непосредственно на месте производства работ.

6.5. Для производства работ, по нагнетанию цементно-песчаного раствора в разрушенные породы почвы необходимо применять следующее

оборудование: турбулентные смесители или растворомешалки, сита, растворонасосы, шланги и трубы, инжекторы и пр.

Турбулентные смесители в растворонасосы являются агрегатами инъекционной установки. Их количество и мощность следует определять, исходя из требуемой производительности и объема тампонажных работ.

Для обеспечения мобильности инъекционной установки ее агрегаты должны быть смонтированы на базе, имеющей колёсный ход. Когда оборудование, расположенное на рельсовых путях, затрудняет работу шахтного транспорта или ведение горнопроходческих работ, инъекционную установку следует располагать в специальных нишах, сбояках, расширениях и сопряжениях выработок на расстоянии до 100-150 м от места производства работ.

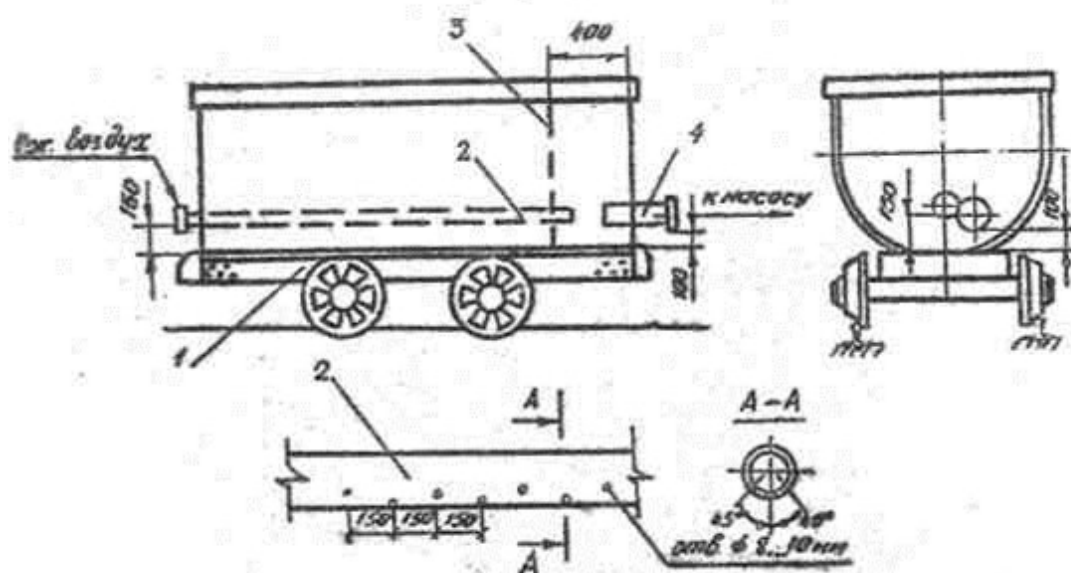
6.6. Для приготовления качественных растворов в подземных выработках следует применять турбулентные смесители конструкции КузНИИшахтостроя, серийно выпускаемые Новосибирским заводом строительных машин (см. прил. 3). Наиболее предпочтителен смеситель типа СБ-43 Б.

Для приготовления раствора можно также использовать смесительные машины 2СНН-20, СНН-20, СМП-20, СМ-10, 1АС-20 или вакуумно-гидравлические мешалки, действующие на принципе гидравлического элеватора.

При отсутствии вышеуказанных смесителей для приготовления раствора могут быть использованы лопастные и турбулентные растворомешалки ЛРМ-350, РМ-500 и РМ-750, выпускаемые отдельными партиями местными предприятиями, либо растворомешалки, изготавливаемые на базе шахтной бабды или вагонетки с глухим дном, оборудованные лопастным или шнековым смесителем от пневмо- или электродвигателя. Кроме того, перемешивание раствора при малых объемах работ можно осуществлять сжатым воздухом (барботацией), для чего на дно вагонетки укладывают перфорированные трубы (рис. 6.1).

6.7. Перед приготовлением раствора для отделения из песка крупных частиц и посторонних предметов его следует просеивать через сита с размером

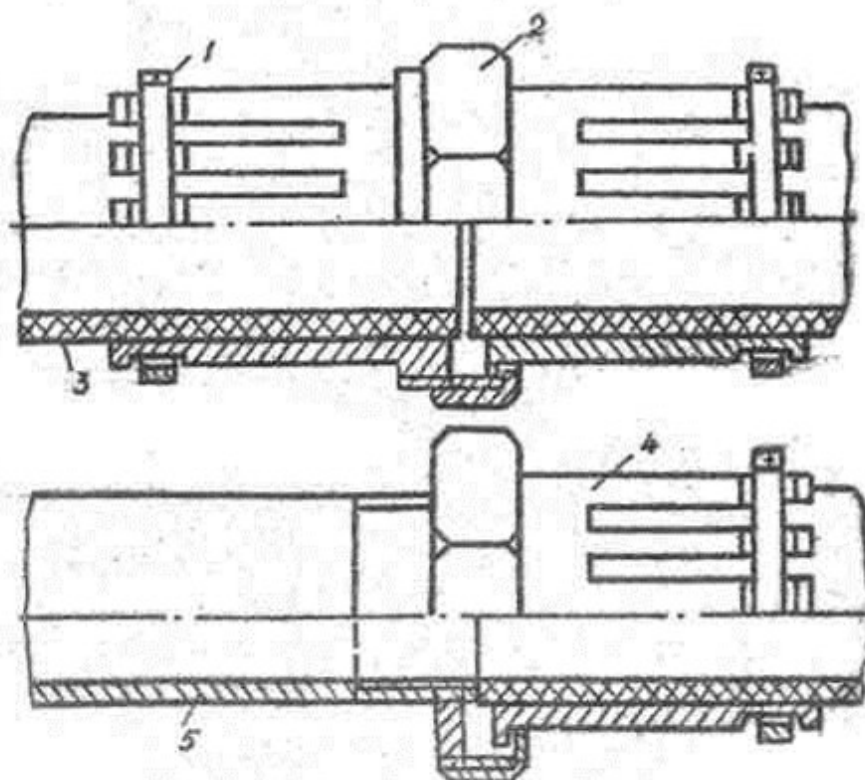
Схема устройства вагонетки-смесителя, работающей на сжатом воздухе (по /6/):



1 - вагонетка; 2 - перфорированная труба $\varnothing 2^m$;
3 - фильтрующая перегородка с отв. $\varnothing 4 \pm 5$ мм

Рис. 6.1

Цанговое соединение резиноканевых рукавов



а - между собой; б - металлическими трубами:
1 - хомут; 2 - накидная гайка; 3 - резиноканевый рукав;
4 - цанговая муфта; 5 - стальная труба

Рис. 6.2

установленных на поверхности.

6.8. Для транспортирования и нагнетания раствора в разрушенные породы почвы следует применять поршневые грязевые насосы, предназначенные для промывки скважин (прил. 3).

Предпочтение следует отдавать насосу ГР-16/40, который при сравнительно малых габаритах позволяет плавно в широком диапазоне менять производительность под нагрузкой, что расширяет возможности тампонажа.

Для более надежной работы насосов рекомендуется заменять тарельчатые клапаны шаровыми, при которых в меньшей степени засоряются гнезда клапанов.

Для нагнетания раствора, кроме того, можно применять быстроходные плунжерные насосы НБЗ-120/40, НГП-1, 1НБ-7э и др., плунжерные растворонасосы С-683, С-263 и др. (см. прил. 3), диафрагмовые растворонасосы СО-29, СО-30, СО-10, растворонасосы С-854, С-855, С-856, РКН-1 и пр.

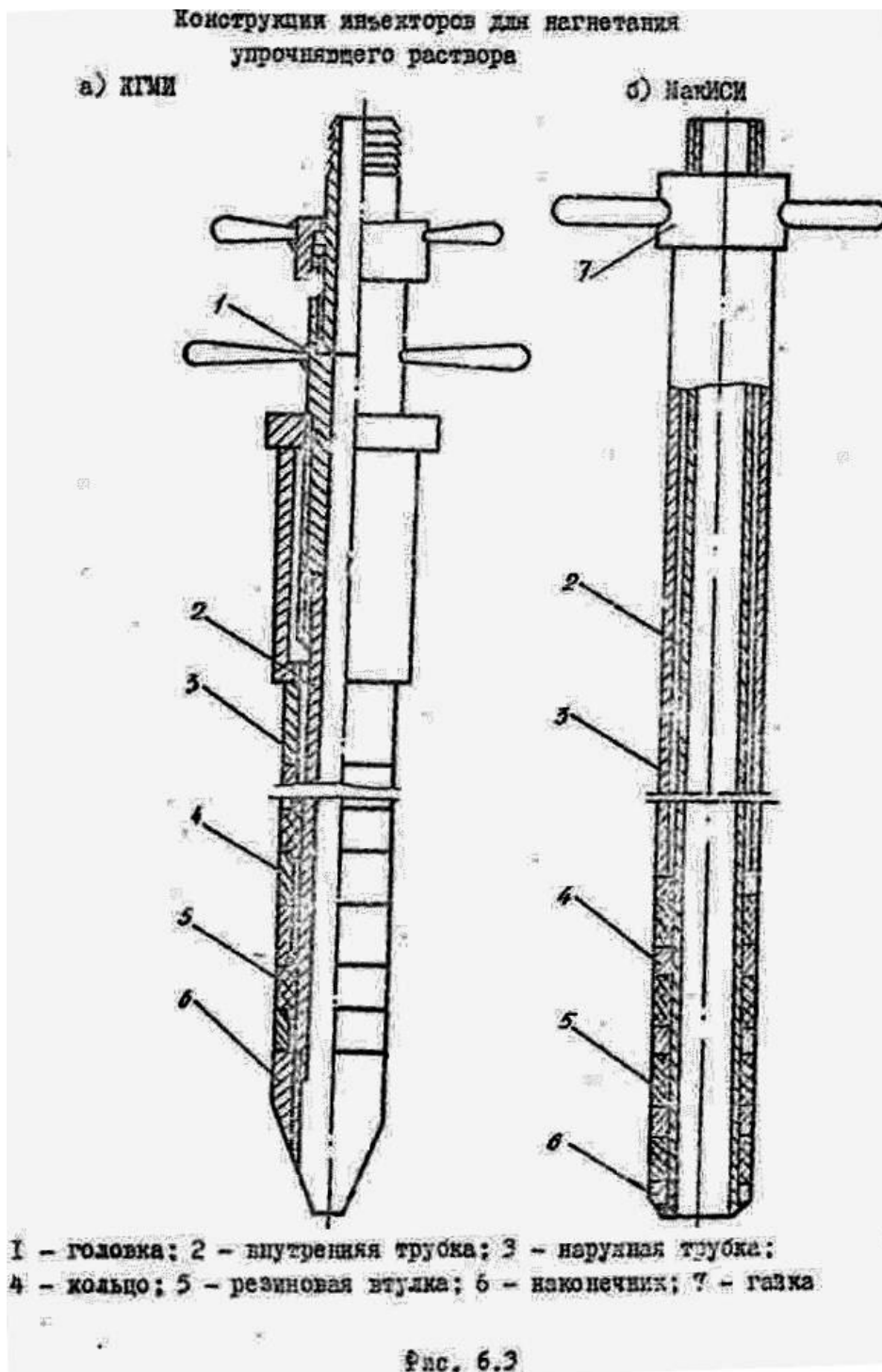
Кроме нагнетателей механического действия, для нагнетания раствора можно использовать машину ПБМ-2э конструкции Криворожского филиала ВНИИОМШСа, растворонагнетатель РНШ, сконструированный ЦНИИПодземмашем и другое оборудование, основанное на пневматическом способе нагнетания раствора.

На практике хорошо зарекомендовали себя опытные образцы специальных инъекционных установок, изготовленных ЦНИИПодземмашем, ИГТМ АН УССР и др.

6.9. Транспортировку раствора следует осуществлять по стальным трубам и резиноканевым шлангам. Стальные трубы диаметром 62 мм к 76 мм необходимо применять для магистральных растворопроводов (ГОСТ 8732-78), а резиноканевые рукава (ГОСТ 10362-63, МРТУ 38-10557-73, ГОСТ 8378-57) для транспортирования раствора от насоса к инъектору, а также в качестве гибких элементов растворопроводов. При производительности насоса до 6 м³/час

рекомендуется применять рукава с внутренним диаметром 38 мм и 51 мм, а при производительности свыше 6м³/час. 62 и 76 мм.

Для соединения отдельных звеньев труб и рукавов между собой можно рекомендовать быстросъемное цанговое соединение конструкции ЦНИИОМТП, при котором внутри труб нет выступавших частей, препятствующих движению раствора (рис. 6.2),



Для разветвления растворопроводов на несколько рукавов меньшего диаметра следует применять распределители конструкции ЦНИИОИТП.

В качестве запорной арматуры следует использовать стальные конусные и шаровые краны по ГОСТ 9702-77.

6.10. Для подачи раствора в разрушенные породы почвы необходимо использовать иньекторы (кондукторы) многократного использования, обеспечивающие донную схему нагнетания, например, конструкции КГМИ (рис. 6.3).

7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАЗГРУЗКИ И УПРОЧНЕНИЙ

7.1. Успех применения способа АРПУ для предотвращения пучения пород почвы, в первую очередь, зависит от качества работ по взрывной разгрузке пород и их упрочнению, так как эти работы являются скрытыми и связаны с внутренними изменениями, происходящими в породном массиве.

В связи с этим в процессе производства работ по предотвращению пучения пород почвы выработок и после их окончания следует контролировать качество:

- буровзрывных работ;
- раствора и его составляющих,
- режим и качество нагнетания раствора в разрушенные породы;
- прочность тампонажного камня, горных пород и степень их упрочнения после тампонажа.

7.2. Основными задачами контроля качества работ являются:

обеспечение, соответствия выполняемых работ проекту и нормативными документами;

своевременное выявление причин возникновения дефектов при производстве работ и принятие мер по их устранению;

повышение ответственности непосредственных исполнителей за качество выполнения работ.

Контроль качества работ по предотвращению пучения пород следует осуществлять в соответствии с [7] по схеме операционного контроля качества, разрабатываемой в составе проекта производства работ.

7.3. Контроль качества раствора и его составляющих при централизованном изготовлении должен осуществляться специализированными лабораториями путем определения качества составляющих раствора, густоты цементного теста, консистенций раствора, сроков его схватывания, выхода тампонажного камня и предела прочности в соответствии с существующими стандартами. При изготовлении раствора на месте производства работ контроль его качества следует выполнять визуально по расходу составляющих и по консистенции смеси, а периодически путем проведения соответствующих испытаний в лабораторных условиях, результаты которых необходимо фиксировать в специальном журнале (прил. 4).

7.4. Контроль буровзрывных работ сводится к проверке их соответствия паспорту БВР и схеме упрочнения. Результаты ежедневного контроля необходимо сводить в журнал производства работ по разгрузке пород почвы выработки (прил. 4).

Качество камуфлетного взрыва следует оценивать по результатам замеров поднятия пород за счет их разрыхления, которое должно быть равномерным по всей поверхности почвы выработки и соответствовать расчетным величинам.

Оценку интенсивности разрушения пород в зоне разгрузки и ее размеров следует выполнять при отработке паспорта БВР реометрическим методом (см. прил. 1). После разгрузки коэффициент трещиноватости пород должен составлять не менее 0,04.

7.5. Контроль операций, связанных с упрочнением пород, сводится к текущему контролю ответственным лицом за режимом нагнетания раствора, сведения о котором необходимо заносить в журнал производства работ (прил. 4).

Кроме того, при приемке работ ежемесячно следует контролировать качество заполнения трещин раствором и прочность затампонируемых пород.

Трещиноватость или проницаемость пород после упрочнения необходимо оценивать путем бурения после схватывания раствора через 5-10 м вдоль выработки контрольных шпуров и опробования в них на глубину скрытых работ проницаемости пород реометрическим методом (см. прил. I). Качество тампонажа следует считать удовлетворительным, если коэффициент трещиноватости менее 0,002. При отсутствии приборов качество тампонажа следует оценивать контрольным нагнетанием раствора с помощью тампонажного оборудования в контрольные шпуры, пробуренные на участке упрочнения.

7.6. Заключительным этапом контроля является оценка степени предотвращения пучения пород почвы. Ее получают в процессе эксплуатации выработки путем нивелирной съемки поднятия почвы или инструментальными замерами смещений породного контура на замерных станциях с контурными реперами по известным методикам.

8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ

8.1. При производстве работ по сооружению обратного свода из разгруженных и упрочненных пород почвы выработок следует обеспечить выполнение требований по технике безопасности, изложенных в "Правилах безопасности в угольных и сланцевых шахтах "Единых правилах безопасности при взрывных работах", "Правилах технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт".

8.2. Все рабочие и сменные горные мастера, выполняющие работы по предотвращению пучения пород почвы, должны пройти инструктаж по камуфлетному взрыванию пород почвы, приготовлению и нагнетанию раствора в разрушенные породы.

8.3. Выбор класса ВВ и ведение взрывных работ по разгрузке пород почвы от напряжений производить в соответствии с Мероприятиями по снижению производственного травматизма при взрывных работах согласно директивному письму Минуглепрома СССР, Госгортехнадзора СССР и ЦК

профсоюза угольной промышленности от 05.03.82 № Д-40/02-27/75/5-49/4А. В выработках, проводимых по пластам, опасным по газу и пыли, должны применяться водораспылительные завесы в соответствии с инструкцией [14].

8.4. К работе по обслуживанию инъекционной установки можно допускать только лиц, прошедших инструктаж и ознакомленных с правилами безопасности по ее эксплуатации. Перед началом работы горный мастер или ответственный рабочий должны тщательно осмотреть и проверить место работы и применяемое оборудование.

8.5. При нагнетании раствора горный мастер или бригадир должны непрерывно наблюдать за показаниями манометра и предохранительным клапаном насоса. Предохранительный клапан насоса должен быть отрегулирован на максимальное рабочее давление. В случае нарушения рекомендуемой технологии нагнетания раствора работы "следует немедленно прекратить и только после устранения причин нарушения их можно возобновить.

8.6. Применяемые трубы и шланги должны соответствовать максимальному давлению нагнетания. Во время нагнетания раствора гибкие шланги необходимо привязывать к крепи выработки либо рельсовому пути. Соединения шлангов с инжекторами и насосом должны быть прочными, чтобы исключить возможность срыва их от вибрации.

8.7. Ремонт насоса и удаление пробок в растворопроводах и инжекторах следует производить только после снятия давления в системе и исключения возможности самопроизвольного включения механизмов.

8.8. После окончания тампонажных работ или при длительных перерывах в работе растворомешалки, насосы, турбулентные смесители, трубопроводы, шланги и инжекторы должны быть промыты водой. Гнезда клапанов, патрубков и наружные поверхности оборудования должны быть очищены от раствора, все краны и штуцеры прочищены и проверены, а все части инъекционной установки, подверженные коррозии, смазаны. Сброс воды от промывки производится в вагонетки или водоотливные канавки за пределы участка

ожидаемого пучения пород почвы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 11-94-80. Подземные горные выработки. Нормы проектирования Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1982. - 31 с.
2. Руководство по проектированию подземных горных выработок и расчету крепи / ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепрома СССР. - М.: Стройиздат, 1983. - 272 с.
3. Литвинский Г.Г. Монолитная оболочка выработки из разгруженных и упрочненных пород. - Шахтное строительство, 1981, № 12, с. 17-20.
4. Технологические схемы упрочнения породного массива при проведении выработок буровзрывным и комбайновым способами. - Харьков: ВНИИОМШС, 1979. - 76 с.
5. Технологические схемы упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений. - Кемерово: КузНИИшахтастрой, 1978. - 50 с.
6. Указания по упрочнению пород с целью повышения устойчивости горных выработок. - Макеевка: МакИСИ, 1978. - 41 с.
7. Схемы операционного контроля качества горнопроходческих работ (СОКК). - Харьков: ВНИИОМШС, 1978. - 95 с.
8. Требования к определению механических свойств горных пород при геологическом изучении полей шахт Министерства угольной промышленности СССР (при разведке, строительстве, реконструкции и эксплуатации). - Л.: ВНИМИ, 1977. - 91 с.
9. Рекомендации по комплексу методов определения механических свойств горных пород (для инженерных расчетов горного давления). - Л. ВНИМИ, 1980. - 105 с.
10. Временные инструкция и методические указания по определению прочностных и деформационных свойств горных пород портативным приборам ППЭИ. - Коммунарск: КГМИ, 1981, - 41 с.

11.Литвинский Г.Г., Курман С.А. Портативный прибор для экспресс-испытаний горных пород. - Шахтное строительство, 1982, №11, с. 12-14.

12.Методические указания по составу механических испытаний горных пород и методам обработки горно-геологических данных при разведке и вскрытии месторождений полезных ископаемых для проектирования и расчете крепи капитальных горных выработок. – Харьков, ВНИИОМШС, 1979. - 116 с.

13.Турчанинов И.А., Козырев А.А. Каспарьян З.В. Руководство по определению нарушенности пород вокруг выработок реометрическим методом. - Апатиты: КФ АН СССР, 1971. - 43 с.

14.Инструкция по применению водораспылительных завес при взрывных работах в угольных шахтах / Минуглепром СССР - Макеевка: МакНИИ, 1984. - 21 с.

Приложение I.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПОРОД И ТРЕЩНОВАТОСТИ МАССИВА

П.1.1. Испытания пород следует проводить в целях определения показателей механических свойств, степени их схватывания с цементным раствором, учета влияния влаги и трещиноватости, контроля качества работ при реализации способа борьбы с пучением.

При отборе образцов горных пород необходимо руководствоваться требованиями [8], а их механические испытания проводить в соответствии с рекомендациями [9].

П.1.2. Определение предела прочности горных пород в лабораторных условиях на одноосное сжатие R производится в соответствии с ГОСТ 21153.2-75. Испытания образцов для определения предела прочности на одноосное растяжение регламентированы ГОСТ 21153.3-75.

При испытаниях возможно использование образцов полуправильной формы, на которых в соответствии с ГОСТ 21153.4-75 следует определять пределы прочности при одноосном растяжении и сжатии.

П.1.3. В полевых условиях определение пределов прочности на одноосное растяжение и сжатие производить в соответствии с ГОСТ 24-941-81 на образцах произвольной формы прибором ППЗИ /10,11/.

П.1.4. Испытания пород с прочностной анизотропией производят в соответствии с П.1.2, П.1.3, прикладывая нагрузку перпендикулярно и параллельно слоистости и вычисляя соответствующие показатели прочности R

⊥ и $R_{//}$, или с построением векторной диаграммы прочности по /10/.

П.1.5. Величину коэффициента K_c в формуле (3.1), учитывавшего нарушенность массива пород поверхностями ослаблений без сцепления либо, с малой связностью, принимают на основании данных инженерно-геологических изысканий по среднему расстояний между поверхностями ослаблений пород согласно СНиП П-94-80 /4/. При наличии дополнительных данных о характере разрушения пород массива, данных натурных испытаний пород массива коэффициент K_c можно определять в соответствии с "Методическими указаниями..." [12].

П.1.6. Определение коэффициента, учитывающего влияние влажности на прочность пород в массиве, можно производить в лабораторных условиях следующим образом:

изготавливают образцы для испытаний в соответствии с П.1.1;

укладывают образцы в ванночку, заполненную на 30 мм водой и в течение трех часов после начала насыщения добавляют воду, чтобы она покрывала образцы слоем 10 мм;

уровень воды поддерживают постоянным и каждые 24 часа образцы вынимают из воды, вытирают их поверхность и взвешивают;

насыщение образцов водой продолжают до тех пор, пока не прекратится прирост их массы;

производят испытания по определению прочности в соответствии с П.1.1.-П.1.4;

вычисляют значение K_w по отношению показателя прочности во влагонасыщенном состоянии к показателю прочности породы при естественной влажности.

При невозможности произвести лабораторные испытания допускается определение K_w по табл. П. 1.1.

Таблица П.1.1 Значения коэффициента K_w , учитывающего влияние влаги на прочность пород R .

Наименование пород	Значения
1. Аргиллиты	0,2-0,4
2. Алевриты	0,25-0,5
3..Песчаники (глинистые)	0,2-0,4
4. Песчаники (остальные)	0,5-0,8

П.1.7. Прочность затампонированных пород на одноосное сжатие следует определять в специализированных лабораториях следующим образом.

Из породной пробы изготавливают или отбирают образцы произвольной

формы с размерами от 6 до 10 см. Образцы раскалывают сферическими инденторами по ГОСТ 24941-81 и укладывают в специальные разъемные формы с обязательным совмещением поверхностей раскола между собой. В качестве форм можно использовать разборные кубы со стороной 10 см, применяемые для изготовления образцов из бетона в строительных лабораториях. При укладке расколотых образцов пустоты между ними заполняют более мелкими кусками породы так, чтобы объем пустот не превышал 10-15% внутреннего объема формы. Объем пустот определяют по количеству воды, заливаемой в формы, с породой.

Подготовленные указанным способом формы заполняют раствором, состав которого соответствует принятому для тампонажных работ, и укрываются влажной мешковиной. Затампонированную породу выдерживают 28 суток, периодически смачивая мешковину. Затем формы разбирают, и полученные кубические образцы испытывают в соответствии с П.1.1 -П.1.4, определяя R_y .

При использовании добавок, ускоряющих схватывание цементного раствора, испытание затампонированных образцов производят через 7 суток.

П.1.8. При контроле качества работ оценку трещиноватости пород следует производить реометрическим методом, который заключается в измерении скорости падения давления воздуха в аккумулярующей емкости при истекании его через зонд, установленный в опробуемом шпуре и изолирующий интервал измерения.

Проницаемость пород по результатам замеров следует, определять по формуле /13/

$$K_{np.} = \frac{\Delta P}{\Delta \ell \cdot t} \quad (\text{П.1.1})$$

где K_{np} - коэффициент проницаемости пород, МПа/м.сек;

ΔP - падение давления воздуха на исследуемом интервале шпура, МПа;

$\Delta \ell$ - длина отрезка шпура, находящегося под давлением, м;

t - время истекания воздуха, сек,

Коэффициент трещиноватости пород в исследуемом интервале шпура, зная K_{mp} , можно определить по формуле

$$K_{mp} = 80 \cdot \frac{S_{\text{экв}}}{\pi \cdot r_{\text{ш}} \cdot \Delta \ell} \quad (\text{П.1.2})$$

где $S_{\text{экв}}$ - площадь эквивалентного отверстия, определяемая по

тарировочной кривой для данной реометрической установки по известному значению K_{np} , м^2 ,

$r_{ш}$ - радиус шпура, м.

Приложение 2.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ

П.2.1. Исходные данные. Требуется определить целесообразность применения способа предотвращения пучения почвы, геомеханические и технологические параметры возведения обратного свода из разгруженных и упрочненных пород в горизонтальной выработке, проводимой буровзрывным способом в крест простирания пород. Породы представлены слоистым алевролитом с прочностью на одноосное сжатие перпендикулярно слоистости $R_{\perp}$ - 60 МПа, а параллельно слоистости $R_{//}$ - 40 МПа. Угол падения пород α - 8° . Глубина размещения выработки H_p - 986 м, ширина $2a = 6$ м, высота $2b = 5$ м. На расстоянии 20 м пройдена параллельная выработка шириной 5 м.

П.2.2. Расчетное сопротивление порода (массива) сжатию, учитывая, что напряжения в почве выработки приложены вдоль слоев, а коэффициент снижения прочности от действия влаги для алевролита составляет $K_c = 0,55$, определяем по формуле (3.1)

$$P_c = 40 \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 16 \text{ МПа.}$$

П.2.3. Согласно П.4.14 СНиП П-94-80 прогнозируемые смещения пород почвы выработки равны:

$$U = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,65 \cdot 1,0 \cdot 1400 = 1617 \text{ мм} > 200 \text{ мм}$$

Таким образом, в выработке в соответствии с п. 4.17 СНиП П-94-80 следует предусматривать мероприятия по уменьшению смещений почвы разгрузкой и упрочнением массива.

П.2.4. Расчетная нагрузка на обратный свод из разгруженных и упрочненных пород согласно п. 4.27 и 4.28 СНиП-94-80 составляет:

$$\rho = 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 2000 = 1,54 \text{ МПа.}$$

Тогда минимальная грузонесущая способность обратного свода, определяемая по формуле (3.2), должна быть равна:

$$[P] = 1,2 \cdot 1,54 = 1,85 \text{ МПа.}$$

П.2.5. Прочность затампонированных пород на одноосное сжатие для алевролита и цементно-песчаного раствора с В:Ц:П = 1:1:1 по рис. 3.1 равна: $R_y = 40 \cdot 0,27 = 10,8 \text{ МПа}$

П.2.6. Согласно номограмме (рис. 3.2), глубина зоны упрочнения из условия прочности обратного свода составляет 1,65 м, ей соответствует масса заряда ВВ в шпуре 0,28 кг. Округлив массу заряда до ближайшей большей величины, кратной массе патрона, получим: $q_z = 0,3 \text{ кг}$ и $h_y = 1,8 \text{ м}$,

П.2.7. Радиусы зон требуемого дробления и трещиноватости пород от камуфлетного взрыва определяем в соответствии с формулами (3.3) и (3.4);

$$R_{cp} = \sqrt{60 \times 40} = 49 \text{ МПа} \quad r_g = 2,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,3}{49}} = 0,46 \text{ м} \quad r_{тр} = 7 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,3}{49}} = 1,28 \text{ м}$$

П.2.8. Назначаем параметры паспорта БВР по формулам (3.5) - (3.9):

глубина шпуров для разгрузки пород $\ell_p = 1,8 - \sqrt{0,6} \cdot 0,46 = 1,4 \text{ м}$;

расстояние между зарядами $d_p = 1,5 \cdot \frac{1,28}{\sqrt{2 \cdot 0,7}} = 1,7 \text{ м}$;

горизонтальные расстояния от крайнего заряда соответственно до контура зоны упрочнения и разгрузки

$$C_y = \frac{0,46}{\sqrt{0,5}} = 0,6 \text{ м}; \quad C_p = \frac{1,28}{\sqrt{0,7}} = 1,5 \text{ м};$$

количество шпуров в сечении выработки для разгрузки пород

$$n_p = \frac{6,0}{1,7} + 1 = 5 \text{ шт}$$

Крайние шпуры в сечении выработки располагаем под углом 80° к горизонту. Средний шпур длиннее на 200 мм, его бурим глубиной 1,7 м.

П.2.9. Глубину зоны разгрузки определяем по формуле (3.10):

$$h_p = 1,70 + \sqrt{0,7} \cdot 1,28 = 2,8 \text{ м}.$$

Тогда требуемое поднятие почвы выработки должно составлять 0,09 м.

П.2.10. Технологические параметры упрочнения пород назначаем по формулам (3.11) - (3.16.):

глубина тампонажных шпуров $\ell_y=1,8\text{м}$;

расстояние между тампонажными шпурами

$$d_y = 1,0 \cdot \frac{2(3+0,6)}{3} = 2,4\text{м};$$

расход раствора на 1 метр выработки

$$V = 3 \cdot 0,09 \cdot 3 = 0,81\text{м}^3.$$

Приложение 3.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И НАГНЕТЕНИЯ РАСТВОРА

Таблица П.3.1. Техническая характеристика турбулентных смесителей и растворомешалок

П а р а м е т р ы	Турбулентные смесители		Растворомешалки	
	СБ-43 Б	СБ-81	РМ-500	РМ-750
Вместимость, л	80	1000	500	750
Объем готового замеса, л	65	800	400	610
Частота вращения, Гц: ротора; разгрузочных лопастей	9,2 -	6,8 0,5	8,3	9,5
Продолжительность перемешивания, с	10-30	10-30	-	-
Мощность электродвигателя, кВт	3	40	4,5	7
Габариты, мм: длина	1470	2535	1500	2000
ширина	585	1610	1400	1100
высота	895	1860	1300	1000
Масса, кг	160	1900	350	512

Таблица П.3.2. Техническая характеристика растворонасосов

Параметры	Поршневые грязевые насосы			Плунжерные буровые насосы		Плунжерные растворонасосы	
	НГР- 250/50	ГР- 14/40	ПГРБ	НБЗ- 120/40	НБ-50	С-683	С-263
Производительность, $\text{м}^3/\text{час}$	15	1,6- 16	13,5- 18	0,9- 7,2	23,29,36	2	3
Предельное рабочее давление, МПа	5,0	4	5-6,3	2-4	6,3;5;4,1	10	15
Мощность	30	22	37	7,5	40	1,7	2,8

электродвигателя, кВт							
Габаритные размеры:							
длина	2365	1340	1930	1970	1860	1160	1160
ширина	976	1080	990	910	740	470	470
высота	1170	930	1270	980	1455	760	760
Масса, кг	1520	550	1550	680	1040	195	254

Приложение 4.

Формы журналов для учета работ по предотвращению пучения пород
почвы выработок

Форма 1.

Журнал производства работ по разгрузке пород почвы выработки

Схема расположения и нумерация
шпуров для БВР

Наименование строительной организации
Объект строительства, выработка
Тип буровой установки
Тип БВ, масса заряда

Дата, смена	Место производ- ства работ, никет	Номера шпуров	Пробурено за смену, м	Кол-во од- норемонис вырывающих шпуров, шт.	Расход БВ, кг	Поднятие пород почвы после взрыва по пла- там, см	Приме- чание
----------------	---	---------------	--------------------------	--	------------------	--	-----------------

Начальник участка _____

Горный мастер _____

Форма 2.

Журнал производства работ по бурению тампонажных шпуров и
нагнетания упрочняющего раствора

Схема расположения и нумерация шпуров
для упрочнения пород

Наименование строительной организации
Объект строительства, выработка
Тип буровой установки
Тип, количество и производительность
насосов и растворомешалок

Дата, смена	Место производ- ства работ, никет	Номера шпуров	Пробурено за смену, м	Объем замеса, м ³	Давление нагнетания, МПа		Расход раствора и материалов				Приме- чание
					Нача- льное	Коне- чное	Раствор, м ³	Цемент, кг	Песок, кг	Добавка, кг	

Начальник участка _____

Горный мастер _____

Журнал лабораторных испытаний тампонажных растворов

Наименование организации, выполняющей испытания
Объект строительства, выработка

Время и место отбора тампонажного раствора	Состав раствора в весовых частях				Показатели растворов					Предел прочности при сжатии, МПа	
	це-мент	не-сок	вода	добав-ки	расплыв, см	удельный вес, г/см ³	выход камня, %	Сроки схватывания		через 7 сут.	через 28 сут.
								час. - мин	начало, конец		

Зав. спец. службой _____

Испытания провел _____

Форма 4.

Журнал проведения испытаний пород

Наименование организации, выполняющей испытания
Объект строительства, выработка

Дата, место отбора проб и их состояние, наименование пород, виды испытаний, ГОСТ

Дата испытаний	Номер образца	Направление действующих усилий относительно слоистости	Разрушающее усилие, кН	Площадь поверхности разрушения, см ²	Предел прочности, МПа	Среднее значение предела прочности для пробы, МПа	Коэффициент вариации, %	Примечание
----------------	---------------	--	------------------------	---	-----------------------	---	-------------------------	------------

Форма 5

Журнал испытания горного массива реометрическим методом
Схема расположения испытываемых шпуров

Наименование строительной организации
Объект строительства, выработка

Дата, смена	Место проведения испытания, пикет	Номер шпура, зрелости	Длина испытываемого шпура, м	Испытания до упрочнения			Испытания после упрочнения		
				давление в аккумулярующей емкости, МПа	продолжительность нагнетания, мин	коэффициент трещиноватости	давление в аккумулярующей емкости, МПа	продолжительность нагнетания, мин	коэффициент трещиноватости

Зав. спец. службой _____

Испытания провел _____

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания	2
2. Область и условия применения способа	4
3. Геомеханические и технологические параметры способа	5
4. Материалы для разгрузки и упрочнения пород	13
5. Технология и организация работ	15
6. Оборудование для производства работ	20
7. Контроль качества разгрузки и упрочнения пород	26
8. Техника безопасности	28
Список использованной литературы	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Определение свойств пород и трещиноватости массива	31
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Пример расчёта параметров	33

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Технологическая характеристика оборудования для приготовления и нагнетания раствора	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Формы журналов для учета работ по предотвращению пучения пород почвы выработок	37