Министерство угольной промышленности
СССР

Научно-исследовательский институт
строительства угольных
и горно-рудных
предприятий
(Кузниишахтострой)

РУКОВОДСТВО

ПО ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПАЛУБКИ ОМП, ОСНОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД

РД 12.18 088-89

Кемерово 1990

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

Научно-исследовательский институт строительства
угольных и горно-рудных предприятий
(Кузниишахтострой)

РУКОВОДСТВО

ПО ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПАЛУБКИ ОМП, ОСНОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД

РД 12.18.088-89

Кемерово 1990

Руководство по технологии крепления горных выработок с применением опалубки ОМП, основанной на использовании несущей способности упрочненных пород / Кузниишахтострой. – Кемерово, 1990. – С. 78.

Руководство содержит основные сведения по определению конструктивных и технологических параметров технологии крепления горных выработок с применением опалубки ОМП, основанной на использовании несущей способности упрочненных пород. Предназначено для проектных и производственных организаций, осуществляющих проектирование и строительство капитальных горных выработок.

Руководство разработано в Кузниишахтострое с учетом замечаний и предложений институтов "Кузбассгипрошахт", "Карагандагипрошахт", Кузбасского политехнического, комбината "Кузбассшахтострой", п/о "Северокузбассуголь".

В работе принимали участие:
от института "Кузниишахтострой" – кандидаты технических наук Бурков Ю.В., Дуда Е.Г., Комаров Г.И., инженеры Добржинская Н.И., Жеребцов В.А., Панасенко Л.П., Гулина М.И., Игошин С.Г., Исаков В.Ф., Олендер Г.Я., Фирсов С.А.;

от МГИ – д.т.н. Попов В.Л., к.т.н. Бачурин С.А., инж. Пилевский П.А.;

от ИУ СО АН СССР – кандидаты технических наук Некрасов Э.М., Колмаков В.В., инж. Решетник В.Ф.;

от КузПИ – кандидаты технических наук Хямяляйнен В.А., Простов С.М.;

от комбината "Кузбассшахтострой" – инж. Сыркин П.С.

В руководстве использованы результаты научно-исследовательских работ, выполненных Кузниишахтостроем в 1982–89 гг.

(С) Научно-исследовательский институт строительства угольных и горно-рудных предприятий. Кемерово, 1990

ВВЕДЕНИЕ

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на период до 2000 года предусмотрено в 1990 г. довести добычу угля до 780–800 млн т в год. При этом основной прирост подземной добычи угля будет осуществлен за счет реконструкции действующих шахт. Следовательно, горные работы будут осуществляться на больших глубинах, где горно-геологические условия, в которых сооружаются капитальные горные выработки, постоянно усложняются. В таких условиях снижаются темпы проходки горных выработок, возрастают нагрузки на крепь, что ведет к усложнению их конструкций и значительному увеличению материалоемкости и трудоемкости возведения и поддержания. Возведение сложных конструкций крепи вслед за подвиганием забоев не позволяет применять высокопроизводительную горно-проходческую технику. В то же время возведение постоянной крепи с отставанием от забоев выработок чаще всего приводит к значительному удорожанию общей стоимости.

Одним из способов, обеспечивающих значительное увеличение несущей способности существующих крепей, является заполнение закрепного пространства и упрочнение породных массивов твердеющими смесями. Современными достижениями в области механики горных пород и опыта поддержания выработок в сложных горно-геологических условиях на шахтах Донецкого, Кузнецкого и Карагандинского угольных бассейнов убедительно доказано, что путем тампонажа закрепного пространства и последующего упрочнения горных пород можно создать комбинированную грузонесущую конструкцию, отвечающую горно-геологическим условиям. Возведение таких конструкций крепи, как правило, осуществляется с большим отставанием по времени от проходки горных выработок, что не позволяет реализовать основные преимущества идеи упрочнения горных пород – значительное снижение стоимости и трудоемкости крепления и поддержания горных выработок.

Технология проходки горных выработок с одновременным возведением крепи из упрочненного породного массива до настоящего времени не нашла применения в связи с от-

сутствием нормативной и технологической документации, а также высокопроизводительных средств механизации для возведения такой крепи. Поэтому обоснование области применения, конструктивных и технологических параметров крепей, использующих несущую способность упрочненных породных массивов, разработка технологической документации проведения выработок с возведением крепи из упрочненного породного массива, разработка средств механизации возведения таких крепей и контроля качества их возведения являются актуальными, имеющими важное народнохозяйственное значение.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД

1.1. Определение основных конструктивных параметров крепи

1.1.1. В качестве критерия, определяющего формы проявления горного давления в различных горно-геологических условиях, принят коэффициент устойчивости n, определяемый согласно работе [1]. Упрочнение породных массивов целесообразно осуществлять при значениях коэффициента устойчивости $n \leqslant 0{,}5$.

1.1.2. Для различных горно-геологических и горно-технических условий коэффициент устойчивости n и толщина зоны упрочнения T определяются в автоматизированном режиме по программе ***МКРОУ*** [2]. Программа реализует обобщенную расчетную схему контактного взаимодействия вмещающего породного массива и оболочек из упрочненных пород произвольной конфигурации, создаваемой вокруг горизонтальной горной выработки некругового очертания.

1.1.3. Для типовых сечений горных выработок с коробовым сводом толщина зоны упрочнения T определяется по приведенной ниже методике, составленной на основе многовариантного численного моделирования на ЕС ЭВМ с использованием указанной программы.

1.1.4. В условиях возможного влияния соседних выработок или очистных работ толщина зоны упрочнения принимается постоянной по периметру поперечного сечения выработки. При отсутствии пучения пород почвы упрочнение следует производить только в боках и кровле выработки.

1.1.5. Относительная толщина зоны упрочнения определяется по графику, изображенному на рис. 1.1.

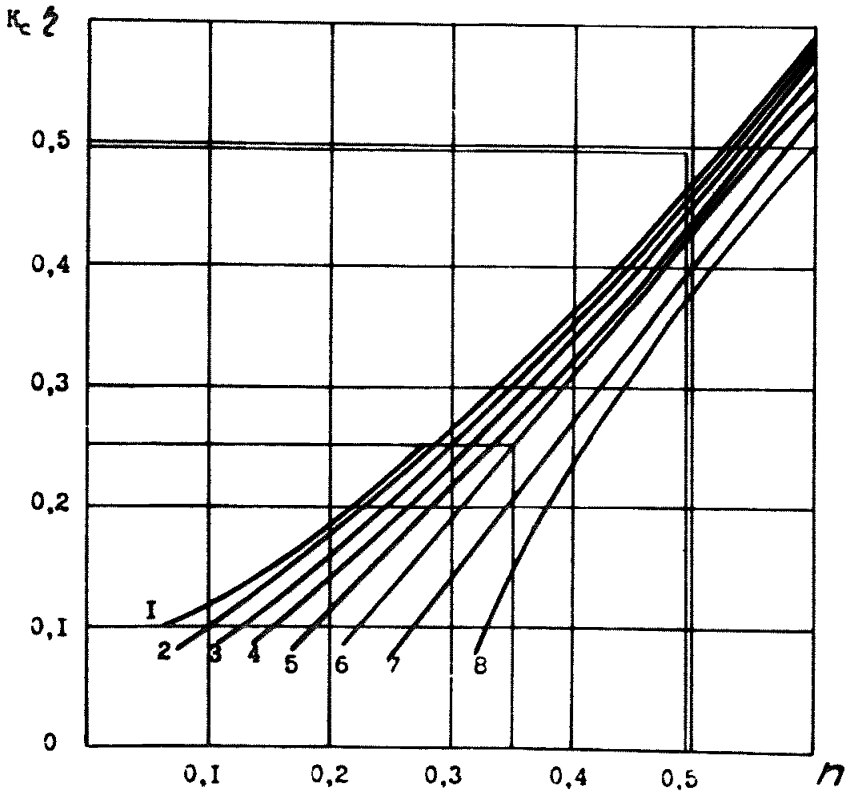

Рис. 1.1. График для определения относительных размеров зоны упрочнения пород постоянной толщины:
1 – t = 1,4; 2 – t = 1,2; 3 – t = 1,0; 4 – t = 0,8;
5 – t = 0,6; 6 – t = 0,4; 7 – t = 0,3; 8 – t = 0,2

Толщину зоны упрочнения определяют в следующей последовательности:

вычисляется коэффициент устойчивости n ;

находится коэффициент структурного ослабления η ;

из соответствующей точки на оси абсцисс восстанав-

ливается перпендикуляр до его пересечения с перпендикуляром к вертикальной оси, проведенным из точки с заданной ординатой;

величина относительной толщины зоны упрочнения t находится интерполяцией интервала ее значений, соответствующих кривым, расположенным выше и ниже точки пересечения перпендикуляров;

по определенной таким образом величине относительной толщины зоны упрочнения t по формуле 1.1 рассчитывается реальная толщина этой зоны T .

$$T = t \cdot 0{,}63 \cdot \sqrt{S_{св}} \ , \qquad (1.1)$$

где $S_{св}$ – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2.

В случае, если точка пересечения перпендикуляров находится ниже семейства кривых, приведенных на рис. 1.1, производить упрочнение пород нецелесообразно. При расположении этой точки выше указанных кривых устойчивость выработки может быть обеспечена только в сочетании с другими видами крепи.

1.1.6. При отсутствии влияния соседних выработок и очистных работ с целью экономии инъекционных растворов целесообразно изменять конфигурацию зоны упрочнения и создавать ее толщину переменной по периметру поперечного сочения выработки.

1.1.7. В середине свода выработки зона упрочненных пород должна иметь минимальную толщину T_c , а в боках на уровне почвы – максимальную $T_б$.

1.1.8. Величины толщин в своде T_c и боках $T_б$ выработки определяются путем умножения предварительно рассчитанного по формуле (1.1) значения постоянной по периметру поперечного сечения выработки толщины зоны упрочнения T на соответствующие корректирующие коэффициенты α_c и $\alpha_б$. Значение корректирующего коэффициента для свода выработки α_c определяется по графику, изображенному на рис. 1.2 а, а для боков $\alpha_б$ – по графику, изображенному на рис. 1.2 б.

1.1.9. В промежуточных точках контура поперечного

сечения выработки значение толщины зоны упрочнения плавно возрастает от T_c до T_δ.

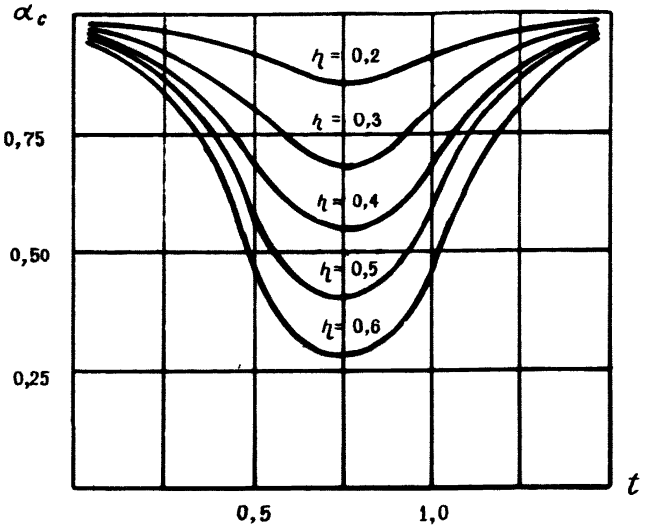

Рис. 1.2 а. График для определения корректирующих коэффициентов при переменной толщине зоны упрочненных пород

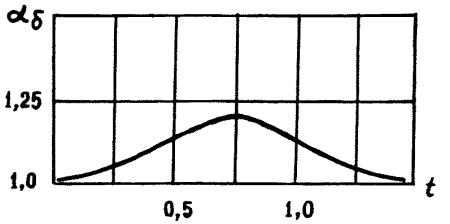

Рис. 1.2. б. График для определения корректирующих коэффициентов при переменной толщине зоны упрочненных пород

1.1.10. При создании зоны упрочнения переменной по периметру поперечного сечения выработки толщины расход инъекционного раствора снижается в α_s раз. Значение коэффициента α_s определяется по графику, изображенному на рис. 1.3.

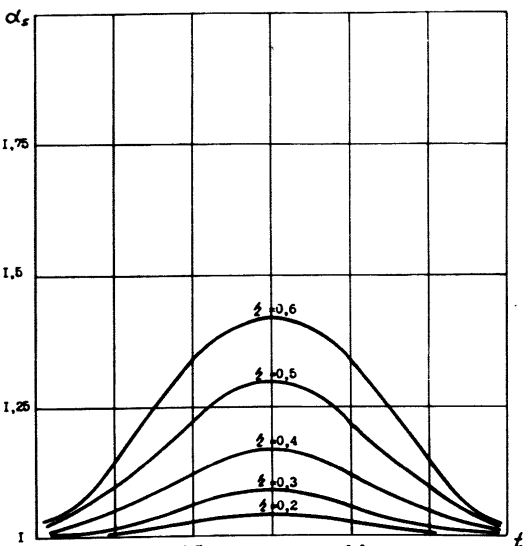

Рис. 1.3. График для определения коэффициента снижения расхода инъекционного раствора при создании зоны упрочнения переменной толщины по периметру поперечного сечения выработки

1.2. Основные технологические параметры крепи

1.2.1. Облицовочно-несущая оболочка крепи предназначена для формования внутреннего контура горной выработки и предотвращения воздействия рудничной атмосферы на породный массив. Она создается путем нагнетания в заопалубочное пространство цементно-песчаного или цементно-

зольного растворов и должна иметь минимальную толщину. Учитывая неизбежные технологические неровности породного контура при проходке выработок, расход раствора для создания оболочки определяется по формуле

$$V_0 = 0,1 \cdot P \cdot \ell \ , \qquad (1.2)$$

где P – периметр выработки в свету по стенам и своду, м;

$0,1$ – средняя толщина облицовочно-несущей оболочки, м;

ℓ – протяженность участка выработки, м.

Давление нагнетания указанных растворов не превышает 0,1 МПа. Для увеличения плотности и прочности создаваемой оболочки за счет выпуска излишней жидкой фазы из нагнетаемого раствора последний подают за опалубку через фильтрационные трубки (рис. 1.4).

1.2.2. Несущая оболочка из упрочненных пород создается вслед за подвиганием забоя путем нагнетания скрепляющих растворов в шпуры, пробуренные через отверстия в секциях опалубки, установленной в предыдущем цикле. При проходке выработки в породах устойчивых или средней устойчивости допускается создание оболочки из упрочненных пород после снятия опалубки.

1.2.3. Длина цементационных шпуров принимается равной толщине зоны упрочнения (п.п. 1.1.5–1.1.8).

1.2.4. Направление цементационным шпурам задается таким, чтобы их забои на внешней поверхности зоны упрочнения располагались в шахматном порядке на одинаковом расстоянии друг от друга.

1.2.5. Количество цементационных шпуров на две секции принимают из расчета один шпур на 4–6 $м^2$ внутренней поверхности крепи выработки. Для горных выработок поперечным сечением в свету до 20 $м^2$ количество шпуров может быть принято по данным табл. 1.1. Для обеспечения равномерности расположения шпуров в каждой секции опалубки предусматривается устройство отверстий примерно через 1 м по периметру опалубки с приспособлениями для подсоединения нагнетательных шлангов.

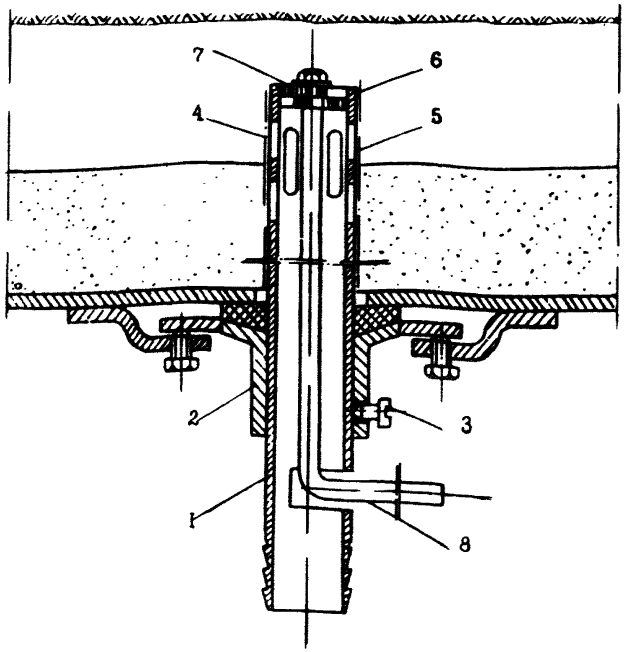

Рис. 1.4. Фильтрационная трубка:

1 – сливной патрубок; 2 – втулка; 3 – винт; 4 – боковая перфорация; 5 – боковой фильтр; 6 – неподвижный сектор днища; 7 – подвижный сектор днища; 8 – приводная рукоятка

Таблица 1.1

Количество цементационных шпуров

Площадь поперечного сечения выработки в свету, $м^2$	Количество шпуров на две секции
до 10,0	4–5
10,0–13,2	5–6
13,2–16,9	6–7
16,9–20,3	8–9

1.2.6. Диаметры цементационных скважин назначают в зависимости от глубины бурения и технической характеристики применяемого бурового оборудования и принимают, как правило, в пределах 30–60 мм. Для увеличения скорости и снижения стоимости бурения следует назначать малые диаметры скважин, так как скорость движения нагнетаемого раствора в них повышается, что уменьшает осаждение твердой фазы.

1.2.7. Для обеспечения нормальных условий цементации трещин по длине скважины начальное давление нагнетания P_0 принимают равным 0,1–0,3 МПа.

1.2.8. Конечное давление нагнетания в зависимости от коэффициента трещиноватости $m_т$, трещинной проницаемости K_0 и цементно-водного отношения раствора Ц:В принимают из условия обеспечения требуемого радиуса цементации R в наиболее тонких трещинах по номограмме, представленной на рис. 1.5 (номограмма построена для трещин с раскрытием 1 мм). В процессе производства работ конечное давление нагнетания принимают для концентрации раствора, закачиваемого в скважину в наибольшем количестве и обеспечивающего, в основном, предельный радиус цементации.

В процессе цементации фильтрационные характеристики, входящие в номограмму, изменяются вследствие воздействия на породный массив раствора, закачанного через предыдущие скважины.

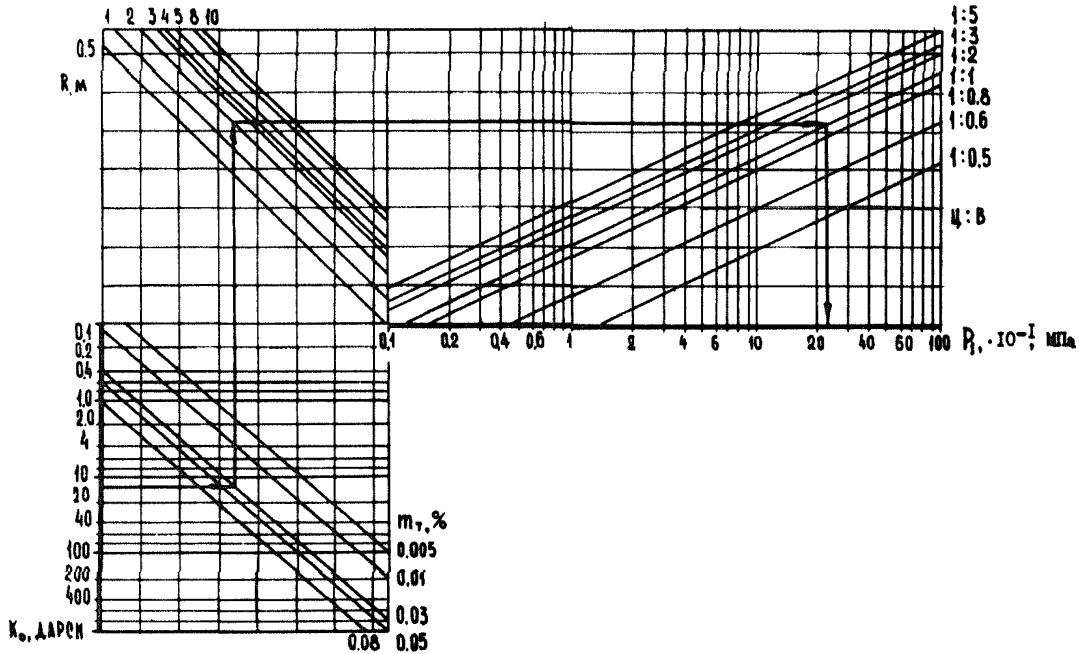

Рис. 1.5. Номограмма для определения конечного давления нагнетания на первой скважине

Учитывая трудоемкость определения фильтрационных характеристик, конечное давление нагнетания P_1 определяют по номограмме только для одной скважины, а для всех последующих в зависимости от изменения удельного водопоглощения горного массива – по графикам, представленным на рис. 1.6.

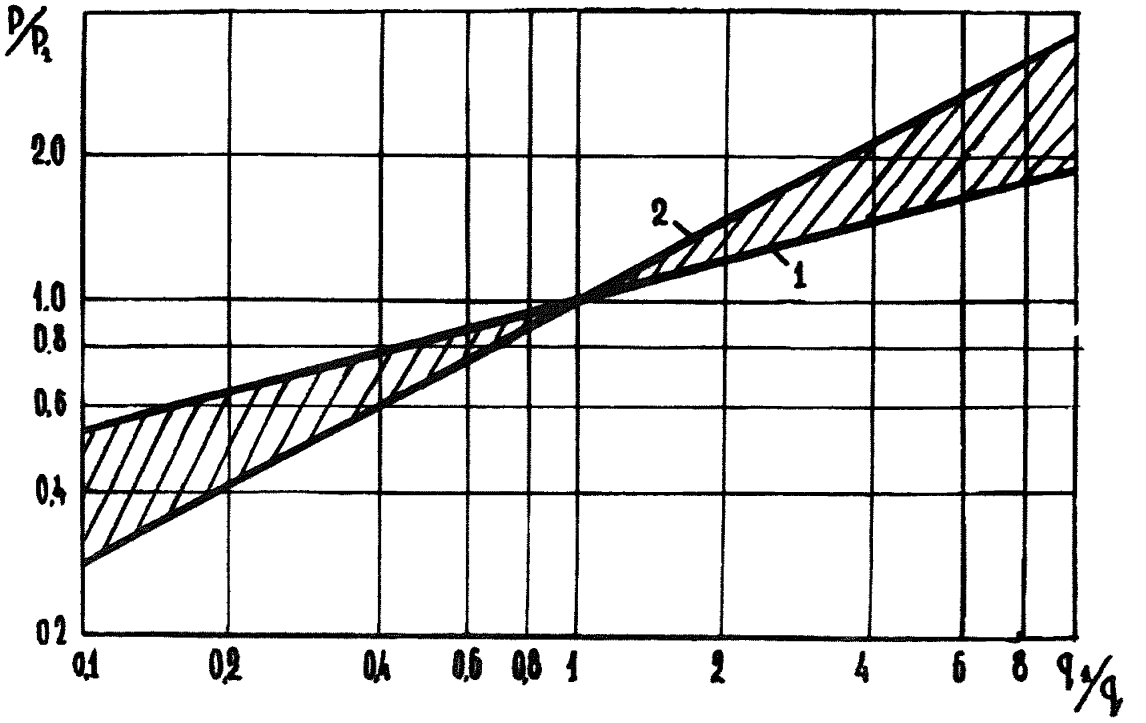

Рис. 1.6. График зависимости изменения конечного давления нагнетания от изменения удельного водопоглощения на последующих скважинах:
1– Ц:В = 1:1; 2– Ц:В = 1:0,5

При принятой организации работ по нагнетанию цементационного раствора с использованием принципа постепенного сближения цементируемых скважин увеличение радиуса цементации в трещинах с раскрытием более 1 мм учитывается изменением проницаемости (удельного водопоглощения) цементируемого массива при назначении конечного давления нагнетания на последующих скважинах (рис. 1.6).

При значительном удалении насосной установки от цементируемых скважин и определении давления нагнетания по манометру, установленному на насосе, следует учитывать сопротивление растворопроводов.

1.2.9. Коэффициент трещиноватости $m_т$ определяют по линейному или объемному выходу керна при контрольном бурении скважин, а коэффициент трещинной проницаемости k_0 – по формуле

$$k_0 = 0.043 \cdot 10^{12} \cdot m_т^{2.1} \cdot \delta^2, \qquad (1.3)$$

где δ – раскрытие трещин, принимаемое согласно п. 1.2.8 равным 0,001 м.

Удельные водопоглощения на первой скважине и последующих определяют в процессе производства работ путем гидравлического опробования упрочняемого горного массива и рассчитывают по формуле

$$q_1 = \frac{Q_в}{L \cdot p_в}, \qquad (1.4)$$

где $Q_в$ – расход воды при установившемся течении, л/мин;

L – длина опробуемого участка скважины, м;

$p_в$ – давление нагнетания воды, м вод. ст.

1.2.10. Концентрацию цементационных растворов назначают в зависимости от гидродинамических характеристик упрочняемого горного массива, характеризуемого удельным водопоглощением, ссгласно данным табл. 1.2.

Таблица 1.2

Начальная концентрация цементационного раствора

Удельное водопоглощение пород до цементации, л/мин·м·м вод.ст.	Начальная концентрация цементационного раствора Ц$_0$: В$_0$
0,01–0,1	1:10
0,1–0,5	1:5
0,5–1,0	1:3

Продолжение таблицы 1.2

Удельное водопоглощение пород до цементации, л/мин·м·м вод.ст.	Начальная концентрация цементационного раствора Цо:Во
1,0–2,0	1:2
2,0–4,0	1:1
> 4,0	1:0,8 – 1:0,5

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Технологию крепления горных выработок с применением опалубки ОМП, основанную на использовании несущей способности упрочненных горных пород, следует рассматривать как два самостоятельных технологических процесса – создание облицовочно-несущей оболочки в заопалубочном пространстве и возведение грузонесущей конструкции крепи из оболочки упрочненных горных пород (рис. 2.1). По технологии крепь возводится непосредственно в забое и после набора прочности твердеющего материала работает в жестком режиме. В зависимости от горно-проходческих условий проходки горных выработок второй этап возведения крепи может быть выполнен со значительным отставанием от забоя.

Организация работ по проходке и креплению горной выработки построена так, что за цикл выработка подвигается на 2–3 м. В 1986 и 1989 гг. были проведены наблюдения за процессами проходческого цикла при проходке горных выработок на экспериментальных участках на шахтах "Киселевская" п/о "Киселевскуголь" и "Березовская" п/о "Северокузбассуголь". На основании полученных данных были определены пооперационные затраты труда. На рисунках 2.2 и 2.3 приведены графики организации работ. Как видно из графиков, продолжительность проходческого цикла при подвигании забоя выработки на 2 м и составе бригады из 4–5 человек составляет 2–3 смены, средние темпы проходки выработок при этом колеблются в пределах 65–100 м/мес.

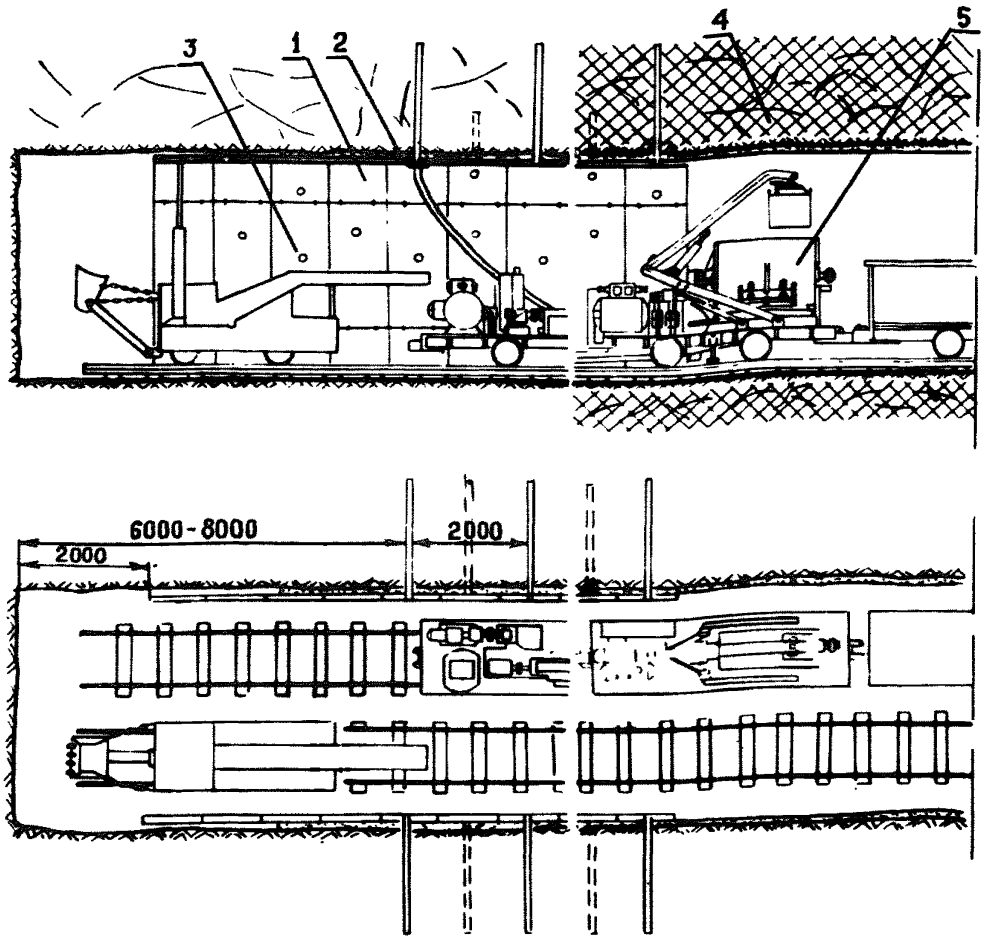

Рис. 2.1. Технологическая схема возведения крепи с применением опалубки ОМП:

1–опалубка ОМП; 2–облицовочно-несущая оболочка; 3–цементационная скважина; 4–зона упрочненных горных пород; 5–цементационный комплекс

Наименование операций	Объем на цикл		К-во проходчиков	Время по граф.	
	Ед. изм.	К-во			
Прием–сдача смены			5	0	10
Бурение шпуров	м	138	3	5	00
Взрывные работы			5	1	10
Погрузка породы	$м^3$	42	5	5	10
Возведение крепи			2-5	7	50
Перестановка опалубки	шт.	2	5	2	00
Проверка направления			2	0	10
Заделка торца опалубки			2	2	00
Приготовление и нагнетание цементно–песчаного раствора	$м^3$	3	2	2	10
Бурение цементационных скважин	м	16,8	3	0	40
Приготовление и нагнетание цементационных растворов	$м^3$	2,2	2	1	30
Укладка временного пути	м	4	3	1	00
Наращивание труб	м	4	3	0	40
Устройство канавки и фундамента	м	2	2	1	40
Бурение контрольных скважин	м	2	3	0	10
Неучтенные работы			5	1	20

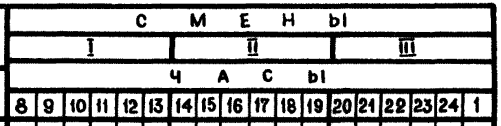

Рис. 2.2. Организация работ при возведении крепи из упрочненных пород в выработке сечением S = 11 $м^2$ ш. "Киселевская"

Наименование операций	Объем на цикл		К-во проходчиков	Время по граф.	
	Ед. изм.	К-во		ч	мин
Прием–сдача смены			6	0	10
Бурение шпуров	м	2,25	3	3	30
Взрывные работы			6	1	50
Погрузка породы	$м^3$	73	6	4	30
Возведение крепи			6-3	7	40
Перестановка опалубки	шт.	2	6	2	00
Проверка направления			3	0	10
Заделка торца опалубки			3	2	00
Приготовление и нагнетание цементно-песчаного раствора	$м^3$	4,5	3-2	2	50
Бурение цементационных скважин	м	34	3	1	10
Приготовление и нагнетание цементационных растворов	$м^3$	2,2	3	1	40
Укладка временного пути	м	4	3	1	30
Наращивание труб	м	4	3	0	30
Устройство канавки и фундамента	м	2	3	1	00
Бурение контрольных скважин	м	10	3	1	00
Неучтенные работы			3-6	2	00



Рис. 2.3. Организация работ при возведении крепи из упрочненных пород в выработке сечением S = 19 $м^2$ ш."Березовская"

Трудозатраты на 1 м выработки составляют 7,5–8 чел.-смен. Производительность труда проходчиков составляет 1,44–2,0 м³/чел.-смен.

Учитывая, что настоящее "Руководство..." распространяется только на процесс возведения постоянной крепи, другие процессы и операции проходческого цикла, а также техника, оборудование и приемы для их выполнения не рассматриваются.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

При возведении крепи используется следующее основное оборудование:

передвижная (переставная) механизированная металлическая опалубка;

оборудование для бурения цементационных скважин;

набор (комплект) оборудования для приготовления и нагнетания сложных (цементно-песчаных, цементно-зольных и др.) растворов для заполнения заопалубочного пространства и цементных растворов для упрочнения окружающих выработку трещиноватых горных пород;

транспортные средства для подачи к месту выполнения работ материалов (цемент, инертные и активные наполнители и др.);

наборы приборов и аппаратуры для исследования физико-механических свойств горных пород до и после их упрочнения, а также для определения необходимых свойств нагнетаемых растворов.

3.1. Опалубки

Требованиям, предъявляемым к опалубкам разработанной технологией возведения крепи горных выработок, в наибольшей степени отвечает опалубка ОМП конструкции Кузниишахтостроя (табл. 3.1). Передвижная опалубка ОМП предназначена для механизации опалубочных работ при возведении монолитной бетонной крепи или облицовочно-несущей оболочки крепи в горизонтальных и наклонных (0°–18°) горных выработках сечением в свету 5,0–25,0 $м^2$.

Таблица 3.1

Техническая характеристика опалубки ОМП

Наименование параметров	Ед.изм.	Значения
Количество секций	шт.	5-20
Габаритные размеры секции		
длина (без упоров)	мм	1000
ширина		2300-7500
высота		2560-4500
Масса секции	кг	500-1800
Вид энергии		сжатый воздух
Тяговое усилие лебедки	Н	24520
Скорость перемещения механизма перестановки	м/с	0,233
Габаритные размеры механизма перестановки	мм	
длина (без пульта управления)		3450
ширина		1000
высота (площадка вверху)		816
Масса механизма перестановки	кг	1300

Опалубка по длине выработки набирается из отдельных секций, монтируемых в единую конструкцию (рис. 3.1). Необходимое количество секций в комплекте опалубки определяется горно-геологическими условиями, технологией проходки выработки и свойствами нагнетаемых растворов.

Конструктивные габариты опалубки обеспечивают минимальное уменьшение рабочего пространства выработки и не препятствуют нормальному выполнению смежных с креплением технологических процессов и операций. Масса и габариты монтажных элементов опалубки рассчитаны из условия нормального транспортирования шахтовыми средствами, основным из которых является механизм перестановки (рис. 3.2). Секции опалубки могут переставляться при помощи специальных приспособлений, устанавливаемых на погрузочных машинах (рис. 3.3).

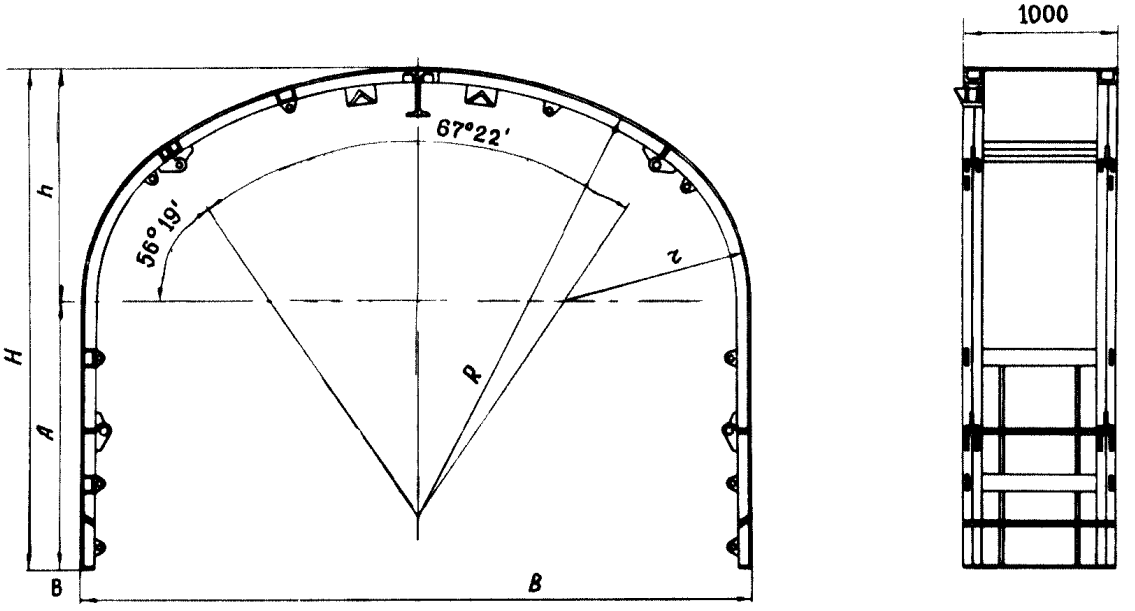

Рис. 3.1. Схема секции опалубки

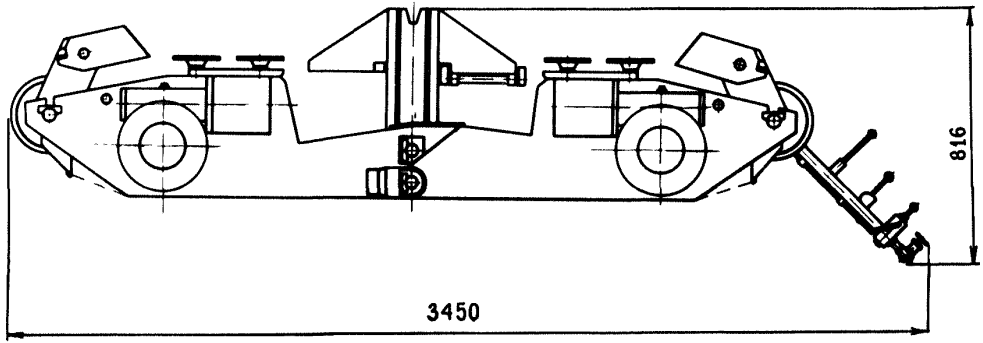

Рис. 3.2. Схема перестановщика секций опалубки

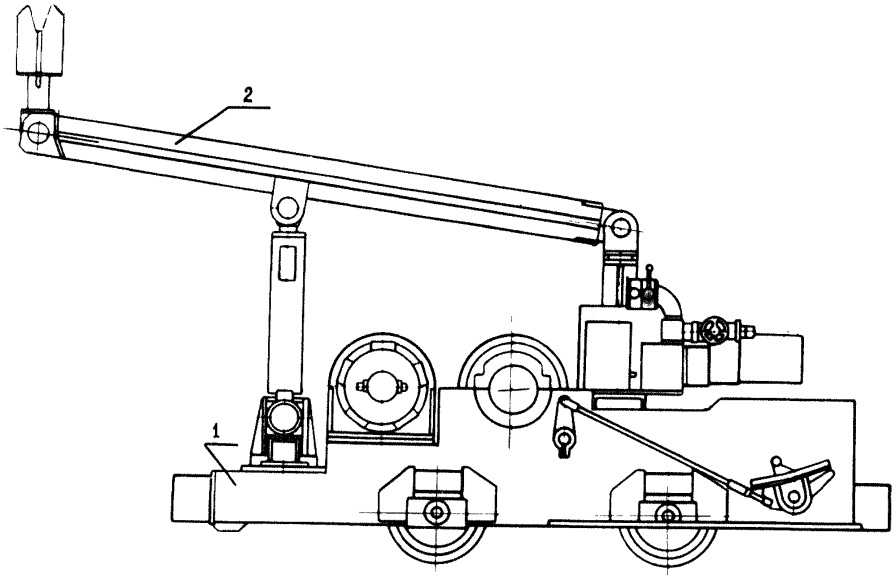

Рис. 3.3. Схема перестановщика секций опалубки на базе погрузочной машины:

1 – ходовая часть машины ППМ-5; 2 – механизм для перестановки секций опалубки ОМП

Для заполнения заопалубочного пространства твердеющими материалами в опалубке предусмотрены отверстия, оборудованные для подсоединения нагнетательных средств (рис.3.4). Через эти же отверстия осуществляется бурение цементационных скважин.

3.2. Средства для бурения шпуров

Для бурения шпуров при упрочнении породных массивов в зависимости от имеющейся энергии применяют ручные и колонковые электросверла, перфораторы, бурильные установки.

При бурении шпуров по углю и мягким породам в шахтах, опасных по газу и пыли, рекомендуется применять ручные электросверла, представленные в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Техническая характеристика горных ручных электросверл

Параметры	Тип электросверла			
	СЭР-19М	ЭР14Д-2М	ЭР18Д-2М	ЭРП18Д-2М
Мощность электродвигателя, кВт	1,2	1,0	1,4	1,4
Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	5,7; 11,7	14,3	10,7	5
Крутящий момент на шпинделе, Н·м		10,82	20,21	40,82
Размеры, мм				
длина	390	380	395	460
ширина	300	316	316	316
высота	320	248	248	248
Масса, кг	18	16,5	18	24,5

При наличии пневмоэнергии для бурения шпуров по породам с f = 4–6 применяют ручные пневмосверла (табл. 3.3.)

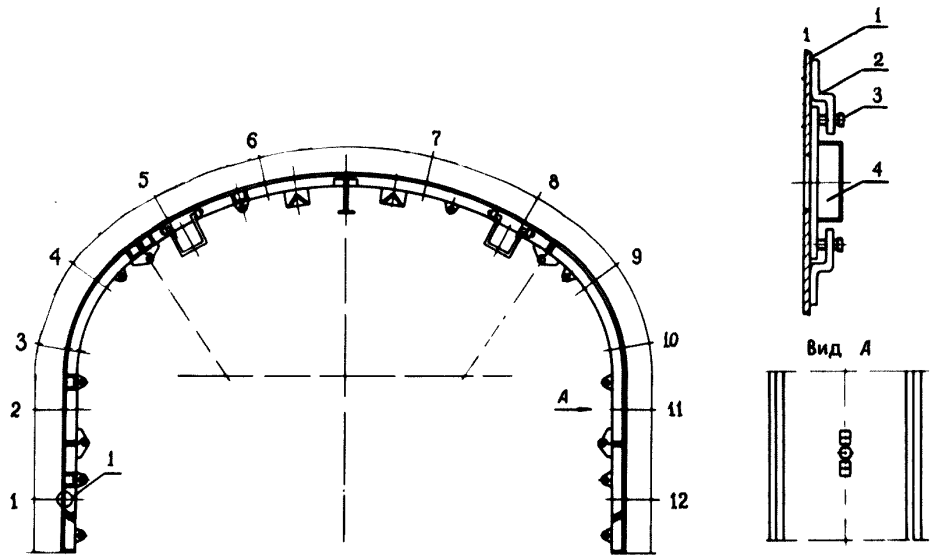

Рис. 3.4. Схема расположения тампонажных отверстий на секции опалубки:

1–стенка опалубки ОМП: 2–кронштейн; 3–прижимной болт; 4–заглушка

Таблица 3.3.

Техническая характеристика горных пневматических сверл

Параметры	Тип пневматического сверла		
	СР-3	СР-3М	СР-3Б
Мощность двигателя, кВт	2,6	2,6	2,6
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4	0,4	0,4
Расход сжатого воздуха, $м^3$/мин	1,0	1,0	1,0
Частота вращения шпинделя, $с^{-1}$	6,1	6,1	11,7
Размеры, мм:			
длина	345	415	325
ширина	447	447	445
высота	280	280	280
Масса, кг:			
сверла	13	13,2	13,5
промывочного устройства	-	2,3	2,3
вилки	-	-	1,7

При бурении шпуров в породах мягких и средней крепости применяют ручные пневматические перфораторы типа ПП (ПП38В, ПП54В, ПП54ВБ), в породах средней крепости и крепких - ПП63П, ПП63В, ПП63ВБ. Технические характеристики указанных перфораторов приведены в табл. 3.4.

При бурении шпуров в крепких породах и в кровле выработки применяют пневмоподдержки (табл. 3.5).

При выполнении значительных объемов бурения цементационных скважин, а также с целью повышения уровня механизации рекомендуется применять переносной станок ПА-1 в породах с $f = 4$, машину МАП-1 в породах с $f = 4-8$ и в крепких породах - бурильную установку БУЭ-1А (табл. 3.6).

Таблица 3.4

Техническая характеристика ручных пневматических перфораторов

Параметры	Тип перфораторов					
	ПП36В	ПП54В	ПП54ВБ	ПП63В	ПП63ВБ	ПП63П
Диаметр бурильных шпуров, мм	32-40	40-46	40-46	40-46	40-46	40-46
Глубина бурения, м	2	4	4	5	5	5
Число ударов в минуту	2300	2300	2300	1800	1800	1800
Энергия удара, Дж	36	54	54	63; 74	63; 74	63; 74
Крутящий момент, Нм	20	29,43	29,43	26,93	26,93	26,93
Масса, кг	24	31,5	31,5	33	33	33

Таблица 3.5

Техническая характеристика поддержек

Параметры	Тип поддержки		
	П-8	П-11	П-13
Длина в сжатом состоянии, мм	1200	1500	1700
Ход поршня, мм	800	1100	1300
Раздвижное усилие, кН	1,75	1,75	1,75
Давление сжатого воздуха, МПа	0,5	0,5	0,5
Масса, кг	17	20	22

Таблица 3.6

Техническая характеристика машин для бурения скважин

Параметры	Тип машины		
	ПА-1	МАП-1	БУЭ-1А
Высота выработки, м	1,7-2,9	1,9-3	2,3-5,5
Глубина бурения, м	1,8	1,8	3
Мощность электродвигателя, кВт	1,4	3,5	15
Базовое сверло	ЭРП-18Д2М	ЭБГП-1	-
Основные размеры в транспортном положении, м:			
длина	1,7	1,8	8,9
ширина	0,32	0,66	1,15
высота	0,47	0,85	1,2
Масса, кг	76	250	5600

3.3. Оборудование для приготовления и нагнетания цементационных растворов

Цементационные растворы в зависимости от принятой технологии производства работ приготавливают в растворосмесительных машинах или установках. При приготовлении растворов в горных выработках наиболее целесообразно применять турбулентные, лопастные и турбинные смесительные машины с большой частотой вращения рабочего органа. Благодаря интенсивному перемешиванию в таких смесителях повышается стабильность, снижается водоотдача раствора, увеличивается выход цементного камня и его прочность. За счет интенсификации перемешивания становится возможным существенно сократить время перемешивания растворов и, следовательно, получить высокую производительность при сравнительно небольших размерах смесителей.

Технические характеристики турбулентных растворосмесителей конструкции Кузниишахтостроя (изготовитель – п/о "Сибстроймаш") приведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Техническая характеристика турбулентных растворосмесителей

Параметры	Тип смесителя	
	СБ-133А	СБ-169
Емкость по загрузке, л	100	375
Объем готового замеса, л	80	300
Частота вращения ротора, об/мин	550	408
Продолжительность перемешивания, с	10-30	60
Мощность электродвигателя, кВт	4	11,5
Габаритные размеры, мм:		
длина	1000	2220
ширина	660	1960
высота	1000	1780
Масса, кг	155	1650

Общий вид турбулентного растворосмесителя приведен на рис. 3.5. В табл. 3.8 приведены технические характеристики турбинных растворосмесителей конструкции Гидроспецстроя.

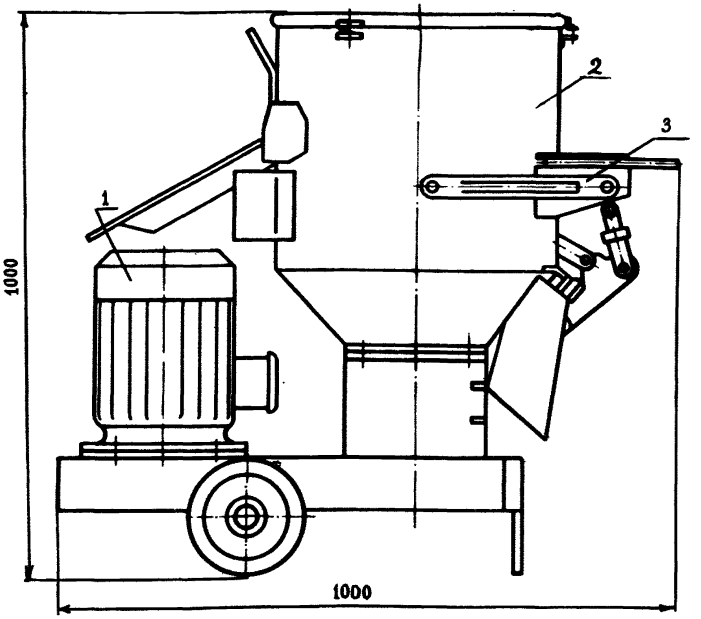

Рис. 3.5. Общий вид турбулентного растворосмесителя СБ-133А:

1-электродвигатель; 2-камера смесителя; 3-устройство для открывания люка

Таблица 3.8

Техническая характеристика растворомешалок

Параметры	Тип растворомешалок		
	ДРМ-350	РМ-500	РМ-750
Емкость, л	350	500	750
Частота вращения смесительного органа, об/мин	56	500	570
Электродвигатель, тип	АО-32-4	АО-52-6	АО-52-4
мощность, кВт	1	4,5	7
Габариты, мм:			
длина	1200	1500	2000
ширина	1200	1400	1100
высота	1200	1300	1000
Масса, кг	200	350	512

Для приготовления цементно-песчаных и цементно-зольных растворов рекомендуется применять также бетоносмесители типа БПШ и БПШ-01, предназначенные для приготовления бетонов и растворов в шахтах, опасных по газу и пыли (табл. 3.9).

Таблица 3.9

Техническая характеристика бетоносмесителей

Параметры	БПШ	БПШ-01
Ширина колеи, мм	900	600
Объем готового замеса, л	165±17	165±17
Объем по загрузке, л	250	250
Крупность заполнителя, мм	70	70
Время загрузки готовой смеси, с	60	60
Частота вращения барабана, об/мин	20	20
Число циклов работы в час	8	8
Габаритные размеры, мм:		
длина	2310	2500
ширина	1350	1350
высота	1166	1060
Масса, кг	1160	1100

Для нагнетания цементационных растворов обычно используют буровые геологоразведочные насосы, применяемые при бурении скважин. При этом в условиях шахт, опасных по газу и пыли, на насосы устанавливают электродвигатели во взрывобезопасном исполнении или пневмодвигатели эквивалентной мощности. Технические характеристики насосов приведены в табл. 3.10.

Для создания облицовочно-несущей оболочки применяют диафрагмовые растворонасосы типа СО (табл. 3.11).

Кроме указанного для приготовления и нагнетания цементно-песчаных, цементно-зольных и цементных растворов может быть применен комплект оборудования УЦ-2 конструкции Кузниишахтостроя (рис. 3.6).

Таблица 3.10

Техническая характеристика насосов для нагнетания тампонажных растворов

Параметры	Тип насоса				
	НБ1-25/16	НБ2-63/40	НБ3--120/40	НБ-32	НБ-50
Подача, $м^3/ч$	1,5	1,0-3,8	1,0-7,2	18-36	24-36
Наибольшее давление, МПа	1,6	4,0	4,0	4,0	6,3
Число цилиндров	1	2	3	2	2
Диаметр цилиндров (сменных втулок), мм			63	80; 90 100;110	90; 100 110
Мощность привода, кВт	0,63	4,1	7,5	32	40
Внутренний диаметр патрубка, мм:					
всасывающего			50	113	113
нагнетательного			38	50	50
Габаритные размеры, мм:					
длина			1970	1860	1860
ширина			990	740	740
высота			980	1455	1455
Масса без привода, кг			430	1040	1040

Таблица 3.11

Техническая характеристика диафрагмовых растворонасосов

Параметры	Тип насоса		
	СО-29	СО-30	СО-10
Подача, $м^3/ч$	2	4	6
Предельное рабочее давление, МПа	1,5	1,5	1,5
Плунжер			
диаметр, мм	80	90	110
ход, мм	74	90	100
число двойных ходов в минуту	165	165	165
Мощность электродвигателя, кВт	1,7	4,5	7
Наименьшая подвижность перекачиваемого раствора, см	8-9	8-9	8-9
Дальность подачи раствора, м:			
по горизонтали	50	100	200
по вертикали	15	30	40
Основные размеры, мм			
длина	1160	1285	1040
ширина	470	500	570
высота	760	805	1025
Масса, кг	195	254	400

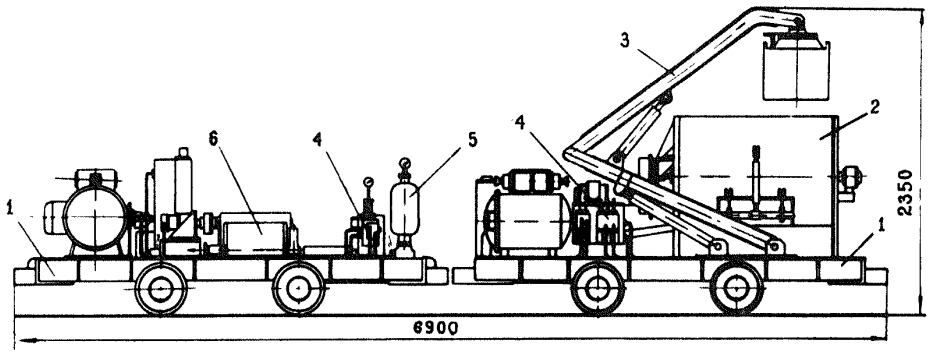

Рис. 3.6. Комплект оборудования УЦ-2:
1-платформа; 2-растворосмеситель; 3-перегружатель грейферный; 4-пульт управления; 5-растворонасос СО-10; 6-растворонасос НБ3-120/40

В табл. 3.12 приведена техническая характеристика УЦ-2.

Таблица 3.12

Техническая характеристика УЦ-2

Наименование показателей	Значения (номинальные)
Минимальная площадь сечения выработки в свету, $м^2$	9,7
Производительность, $м^3$/ч:	
по приготовлению раствора	6
по нагнетанию раствора	4
Емкость смесителя, $м^3$:	
по загрузке	0,32
по раствору	0,25
Емкость грейфера перегружателя, $м^3$	0,08
Грузоподъемность перегружателя, кгс	200
Установленная мощность электродвигателей, кВт	20,5
Вид энергии	электрическая
Напряжение, В	380/660
Тип привода	гидравлический
Крупность заполнителя, мм	5-6
Давление нагнетания смеси, МПа	
при тампонаже	0,2-0,3
при упрочнении	0,3-4,0
Габаритные размеры, мм:	
длина	6900
ширина	1350
высота	2350
Масса комплекта, кг	5000

Основное достоинство комплекта УЦ-2 – полная механизация процессов загрузки компонентов, приготовления и нагнетания растворов.

3.4. Приборы и аппаратура для исследования физико-механических свойств породных массивов до и после упрочнения, свойств упрочняющих растворов

Оценку состояния породных массивов вокруг горных выработок до и после упрочнения настоящим "Руководством..."

предусматривается осуществлять реометрическим, геофизическим методами [4,5], бурением скважин с отбором и испытанием кернов, определением удельного водопоглощения массива.

Комплект реометрической установки (рис. 3.7) состоит из аккумулирующей емкости и герметизирующего устройства. Заправку аккумулирующей емкости сжатым воздухом осуществляют от шахтной сети или ручным насосом. При исследовании породного массива в скважинах глубиной 1,5–2,5 м рекомендуется применение герметизирующих устройств с механическим распором резиновых манжет (рис. 3.7), в более глубоких скважинах – с пневматическим (рис. 3.8) распором. При исследовании сильно трещиноватого массива рекомендуется применение герметизатора с изолирующим устройством (рис. 3.9).

Комплект электрометрической аппаратуры включает в себя электрический каротажный прибор и зондирующее устройство с укрепленными на нем электродами. В качестве электрического каротажного прибора наиболее целесообразно использовать прибор КП–1 Кузбасского политехнического института с 4–электродной схемой измерений (рис. 3.10). С меньшей степенью достоверности (для качественной оценки распределения пустот по длине шпура) в методике смещений может быть использован каротажный прибор Кузниишахтостроя с двухэлектродной схемой измерений.

Для определения амплитудно–частотных характеристик сигналов естественного электромагнитного излучения, т.е. для оценки качественной характеристики породных массивов вокруг горных выработок в Институте угля СО АН СССР разработан шахтный анализатор спектра электромагнитного поля АЭМИ–I в особо взрывозащищенном исполнении [5].

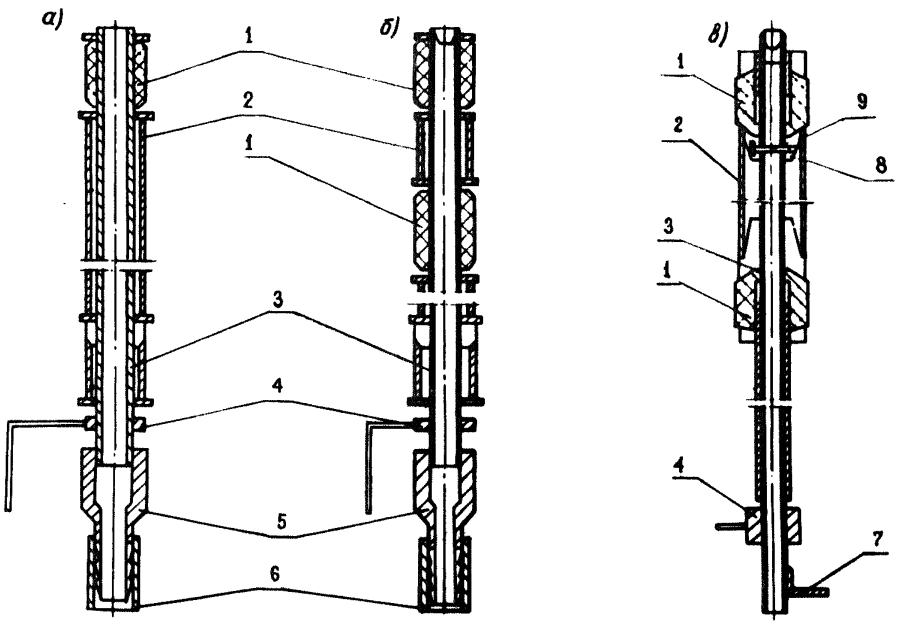

Рис. 3.7. Конструкции герметизирующего устройства с механическим распором резиновых манжет: а) с одной манжетой; б) с двумя манжетами и зависимым приводом; в) с двумя манжетами и независимым приводом:
1–резиновые манжеты; 2–внешняя труба; 3–внутренняя труба–тяга; 4–натяжная гайка; 5–переходник; 6–подводящий шланг; 7–рукоятка тяги; 8–упор; 9–кольцо уплотнительного элемента

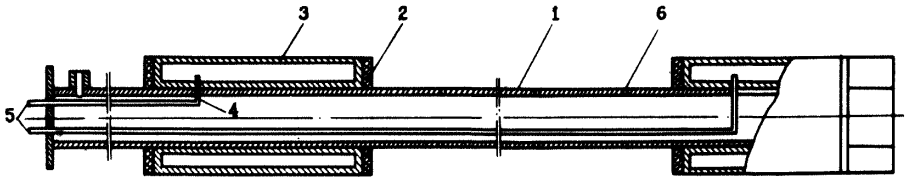

Рис. 3.8. Принципиальная схема герметизирующего устройства с пневматическим распором манжет:
1-нагнетательная труба; 2-ограничительные кольца; 3-резиновая манжета; 4-ниппель; 5-резиновые или металлические трубки; 6-отверстие

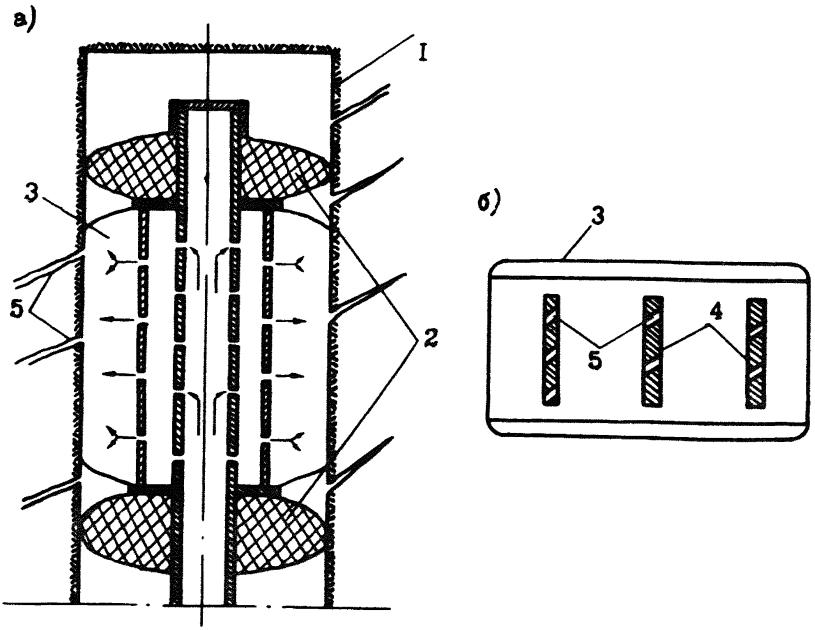

Рис. 3.9. Принципиальная схема герметизатора с изолирующим устройством:

а) схема установки герметизатора в шпуре;
б) развертка поверхности шпура с установленным в ней изолирующим устройством:
1 – шпур; 2 – уплотнительные элементы герметизатора; 3 – изолирующее устройство; 4 – прорезь в изолирующем устройстве; 5 – трещина в горном массиве

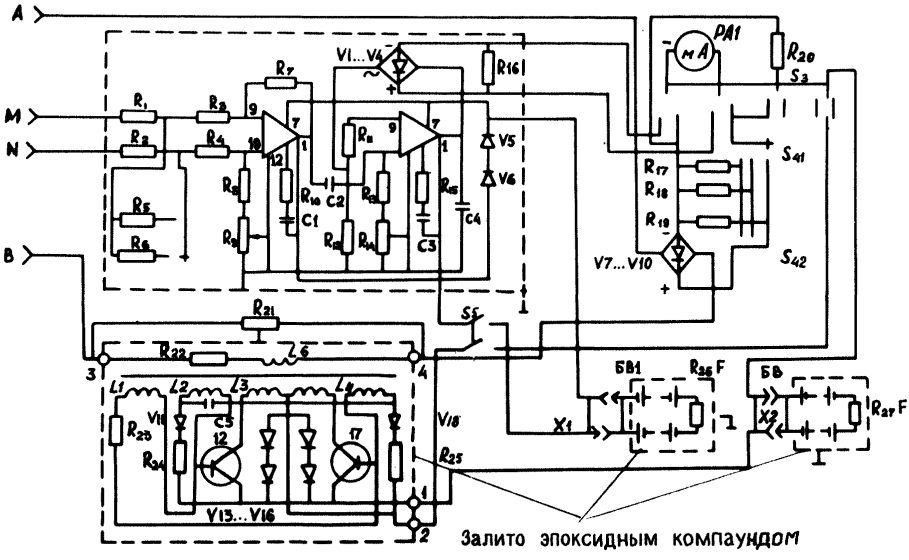

Рис. 3.10. Принципиальная электрическая схема каротажного прибора КП-1

Основные технические характеристики анализатора спектра

Диапазон частот, МГц	0,2-30
Полоса обзора, МГц	0-29
Чувствительность по полю	не хуже МКВ/м
Габариты, мм	200x210x190
Напряжение питания, В	12-16
Потребляемая мощность, Вт	не более 3,0
Масса, кг	не более 7,5

В состав прибора АЭМИ-1 (рис. 3.11) входят: широкополосная помехоустойчивая активная антенна, блок автоматического анализа спектра, зарядное устройство.

Принцип действия прибора основан на методе последовательного анализа спектра сложных сигналов. АЭМИ-1 представляет собой супергетеродин с двойным изображением частоты и ее автоматическим сканированием. Индикация АЧХ входного сигнала осуществляется с помощью светодиодного графического дисплея. Для долговременного хранения информации прибор снабжен блоком памяти объемом 2 Кбит. Шахтная антенна разработана с учетом требований к помехоустойчивости измерения электромагнитных полей в подземных горных выработках и представляет собой активную антенну, согласованную с горным массивом по электрическим параметрам. Антенна соединяется с блоком анализа спектра переходным коаксиальным кабелем. АЭМИ-1 обеспечивает непрерывность измерений в течение 5 ч в условиях шахт, опасных по газу и пыли. Прибор имеет следующие органы управления: ступенчатый аттенюатор; ручку установки центральной частоты обзора; ручку измерения полосы обзора; переключатель режима (выключено, 1-подключение памяти, 2-установление линейного масштаба индикации, 3-установление логарифмического масштаба индикации, 4-установление в полосе обзора меток через 5 МГц, 5-установление в полосе обзора меток через 1 МГц).

Для исследования физико-механических свойств растворов, цементного камня и образцов горных пород, полученных методом кернового бурения, применяются стандартные методики и наборы оборудования.

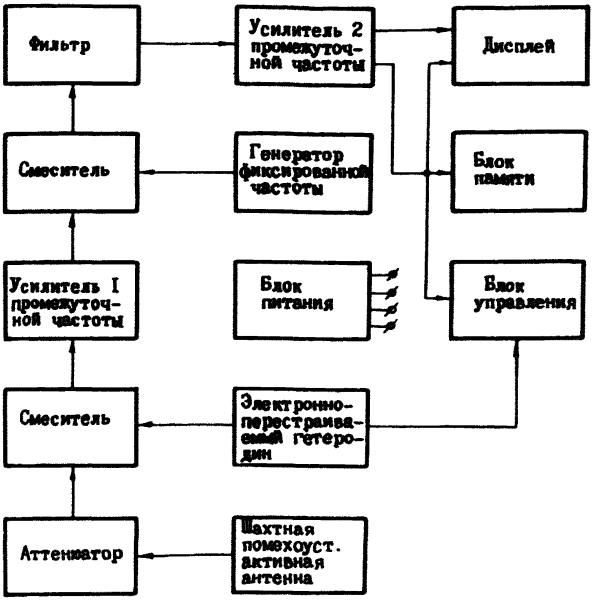

Рис. 3.11. Блок-схема прибора АЭМИ-1

4. МАТЕРИАЛЫ И РАСТВОРЫ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД

4.1. Материалами для создания облицовочно-несущей оболочки являются: цемент, зола-унос, песок или заменяющий его наполнитель, вода, ускорители схватывания и твердения.

4.1.1. В качестве вяжущего следует применять следующие цементы: портландцемент ГОСТ 19178-62, шлакопортландцемент ГОСТ 10178-62; пуццолановый портландцемент ГОСТ 19178-62; глиноземистый цемент ГОСТ 969-66; тампонажный цемент ГОСТ 1581-63; сульфатостойкий портландцемент ГОСТ 10178-62.

В основном следует ориентироваться на применение портландцемента, шлакопортландцемента и пуццоланового портланцемента. Следует при этом иметь в виду, что пуццолановый портландцемент является медленно схватывающимся. Необходимость применения дефицитных глиноземистого, сульфатостойкого и тампонажного цементов должна быть обоснована.

4.1.2. При выборе вида и марки цемента необходимо руководствоваться следующими положениями:

применяемый цемент должен удовлетворять в отношении физико-механических свойств требованиям соответствующих государственных стандартов. Слежавшиеся, подмоченные или содержащие посторонние примеси цементы применять не разрешается;

до употребления цемента в дело должна быть выполнена лабораторная проверка физико-механических свойств каждой партии цемента и их соответствия техническим условиям стандарта, независимо от паспортных данных завода;

отбор проб цемента для испытаний, а также механические и физические испытания цементов должны выполняться в соответствии с действующими государственными стандартами.

Цемент должен храниться в крытом сухом помещении, исключающем попадание атмосферных осадков, а в выработках – подземной воды. Основание помещения для хранения цемента должно быть изолировано от попадания в него воды из почвы, ливневых потоков, потоков талых вод и др. Цементы с различными заводскими паспортами должны храниться раздельно.

Перед употреблением в дело цемент, поступающий без тары, должен быть просеян через сита. Просеивание цемента связано с запылением воздуха и частичной потерей мелкой фракции, поэтому следует стремиться к обеспечению бесперебойной работы растворосмесителей на непросеянном цементе, но производить процеживание приготовленного раствора через сита. Размер отверстий сит следует принимать исходя из допускаемой крупности твердых фракций в цементационных растворах, которая определяется величиной цементируемых трещин.

Целесообразно применение цементов с повышенной тонкостью помола, характеризуемой величиной прохода через сито с 4900 отв./см^2 не менее 90–95% по весу.

4.1.3. В качестве компонентов цементационных растворов следует применять золы-уноса ТЭС и котельных. При этом в зависимости от гидравлической активности, определяемой многими факторами, в том числе степенью обжига, фазовым состоянием минералогических составляющих и их дисперсностью, зола-унос может быть применена в составе тампонажных суспензий и выполнять роль:

пластификаторов и регуляторов выхода камня (5–10% от массы цемента);

активной минеральной добавки или инертного заполнителя (10–40% от массы цемента);

заменителя части вяжущего (40–80% в пересчете на массу твердой фазы).

4.1.4. Для зол, пригодных к применению в качестве заменителя части вяжущего в растворе, модуль активности, определяемый отношением $\frac{Al_2O_3}{SiO_2}$, должен быть не менее 0,3–0,5.

Введение зол-уноса в тампонажные растворы позволяет сократить расход цемента до 80% за счет уменьшения его доли в составе твердой фазы.

Гранулометрический состав зол-уноса, близкий к составу цемента, позволяет подавать их в закрепное пространство либо растворонасосами, либо бетоноукладчиками. Транспортирование золы, разгрузка, складирование и подача в смесительные устройства может осуществляться любым рациональным, технически современным способом, применимым к условиям сооружения горных выработок.

4.1.5. Инертный заполнитель вводится в цементные растворы с целью сокращения расхода вяжущего. В качестве инертного заполнителя следует применять песок для строительных работ по ГОСТ 8736–77.

Обязательно соблюдение требований ГОСТа по содержанию в песке мелких частиц, т.е. количество глинистых и илистых частиц (δ 0,005 мм), а также пылевидных (δ от 0,005 до 0,05 мм), определенных отмучиванием, не должно превышать 3% от общей массы песка, в том числе содержа-

ние глины в комках должно быть не более 0,5%. В связи с тем, что крупные частицы песка не удерживаются во взвешенном состоянии в тампонажных растворах, рекомендуется применять средние, мелкие и очень мелкие пески.

4.1.6. Вода, употребляемая для приготовления цементационных растворов, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к воде для приготовления бетонов, и не должна содержать вредных примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению вяжущего.

4.2. Для создания облицовочно-несущей оболочки применяют цементно-песчаные растворы состава Ц:П:В=1:3:2; 1:3:1,5; 1:3:1 или цементно-зольные растворы состава Ц:З:В при водо-твердом отношении 0,32. Количество составляющих для приготовления растворов данной концентрации и их характеристики приведены в таблицах 4.1 и 4.2.

4.3. Горные породы упрочняют растворами состава Ц:В = 1:0,5; 1:1; 1:2. Концентрация нагнетаемого раствора зависит от приемистости скважин. Чем выше приемистость скважин, тем более густой раствор нагнетается в них.

Количество составляющих на приготовление 1 $м^3$ раствора зависит от состава и принимается по табл. 4.3.

Характеристика и свойства рекомендуемых растворов приведены в табл. 4.4.

4.4. Цементационные растворы должны обеспечивать достижение необходимых радиусов распространения в трещинах и плотное заполнение трещин и пустот цементным камнем с требуемой механической прочностью. Для обеспечения этих требований растворы должны обладать следующими свойствами:

быть способными прокачиваться цементационными насосами;

иметь повышенную седиментационную устойчивость (нерасслаиваемость);

образовывать цементный камень с определенной механической прочностью и стойкий в подземных водах;

иметь сроки схватывания, соответствующие технологии работ;

обеспечивать наибольший выход цементного камня.

Таблица 4.1

Характеристика растворов, применяемых для создания облицовочно-несущей оболочки

Состав раствора (весовые части)			Химическая добавка ($CaCl_2$ или жидкое стекло), %	Расплыв, см	Выход камня, %	Сроки схватывания		Количество составляющих на 1 м³ раствора			
цемент	песок	вода				начало, ч-мин	конец, ч-мин	цемент, кг	песок, кг	вода, л	хлористый кальций или жидкое стекло, кг
1	3	2	-	26	90	-	-	299	897	570	-
1	3	1,5	-	23	98	-	-	333	1000	500	-
1	3	1,5	3 ж. ст.	19	99	5-00	-	333	1000	500	10
1	3	1,5	3 $CaCl_2$	18	100	-	-	333	1000	500	10
1	3	1	-	12	100	5-40	7-00	400	1200	400	-
1	3	1	3 ж. ст.	8	100	3-20	6-00	400	1200	400	12
1	3	1	3 $CaCl_2$	9	100	-	-	400	1200	400	12

Характеристика

Водо-твер-дое от-ноше-ние	Содер-жание цемента в твер-дой фазе, %	Рас-плыв, см	Сроки схватыва-ния, ч-мин		Выход тампо-нажного камня, %
			нача-ло	ко-нец	
0,32	5	15	8-10	более 9 ч	100
0,32	10	15	6-15	-"-	100
0,32	30	11	3-45	-"-	100

Зола-унос Кемеровской ГРЭС

Таблица 4.2

цементно-зольных смесей

Предел прочности при сжатии, МПа			Расход составляющих на 1 м³ раствора		
3 су-ток	7 су-ток	28 су-ток	це-мент,	запол-нитель, кг	вода, л
0,7	1,2	2,5	70	1200	400
1,3	2,3	6,0	120	1100	390
4,7	6,8	13,0	375	875	400

Таблица 4.3

Количество составляющих на приготовление 1 м³ цементационного раствора

Состав раст-вора, Ц:В	Количество составляющих на 1 м³ раствора		
	цемент, кг	вода, л	хлористый каль-ций, кг
1:0,5	1200	600	36
1:1	750	750	22,5
1:2	430	860	12,9

Таблица 4.4

Характеристика цементационных растворов

Состав раствора Ц:В	Выход цементно-го камня, %	Удельный вес, г/см³	Сроки схватывания, ч-мин	
			начало	конец
1:0,5	95	1,82	-	-
1:1	65	1,51	8-50	11-00
1:2	38	1,14	9-45	12-50

4.5. Дозирование материалов, используемых для приготовления растворов, должно осуществляться с помощью серийно выпускаемых дозировочных устройств. В отдельных случаях, при обеспеченном постоянном контроле, допускается дозировать материалы объемным способом с помощью мерных баков, бункеров и сосудов.

К приготовлению цементационного раствора следует приступать после того, как создан необходимый запас цемента и добавок, цементационное оборудование собрано,подготовлено к бесперебойному нагнетанию, опробовано на воде с подключением к скважине.

4.6. Приготовление всех видов цементационных растворов следует осуществлять в смесителях, обеспечивающих турбулентные режимы перемешивания. Интенсивность и продолжительность перемешивания раствора должны назначаться в каждом конкретном случае исходя из условия получения однородного раствора, без включения комков. Подготовленный цементационный раствор должен непрерывно перемешиваться до полного его израсходования или удаления из баков за ненадобностью.

4.7. Для улучшения свойств цементационных растворов следует применять добавки. Учитывая, что физические, химические и реологические свойства цементационных растворов взаимосвязаны и изменение одного из свойств растворов сопряжено с изменением других свойств, растворы с требуемыми свойствами следует подбирать в лабораторных условиях, вводя в них одну или несколько добавок. Величины добавок к растворам должны подбираться в каждом конкретном случае на основании лабораторных исследований.

В практике производства цементации горных пород наиболее часто применяют добавки хлористого кальция, сульфитно-спиртовой барды, мылонафта, бентонитовой глины и жидкого стекла. При назначении перечисленных выше добавок необходимо руководствоваться следующим:

- хлористый кальций вводят для ускорения сроков схватывания и твердения цементационных растворов, повышения прочности в первые дни твердения и водонепроницаемости цементного камня;

– добавки сульфитно–спиртовой барды вводят для пластификации раствора, повышения его проникающей способности, а также уменьшения водоотдачи цементационных растворов;

– мылонафт применяют для придания раствору гидрофобности, уменьшения водопоглощения и усадки при цементах с высоким содержанием алита;

– бентонитовая глина добавляется к цементационным растворам для предотвращения их расслаивания, улучшения условий перекачивания, уменьшения водоотдачи, повышения выхода цементного камня и снижения водопроницаемости;

– добавки жидкого стекла увеличивают стабильность раствора и выход цементного камня, значительно снижают водоотдачу цементационных растворов и повышают их проникающую способность. Жидкое стекло должно иметь модуль 2,7–3,0 и удельный вес 1,3–1,45 г/см^3.

5. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

5.1. Подготовка к работе опалубки и оборудования для возведения крепи из упрочненного массива

5.1.1. Подготовка к работе передвижной металлической опалубки заключается в следующем. По мере выгрузки взорванной горной массы из забоя горной выработки последние от забоя секции перестановщиком устанавливаются в грудь забоя. С целью улучшения условий отрыва от схватившегося раствора наружная поверхность секции перед установкой очищается от приставшего цементного камня, а затем смазывается отработанным маслом или солидолом. Во избежание утечек раствора секции между собой стыкуются болтовыми соединениями. Для предотвращения утечек со стороны почвы выработки секции устанавливаются на матерчатый рукав (рис. 5.1а), заполненный цементно–песчаным раствором или после установки секции закрепное пространство у почвы выработки заполняется густым цементно–песчаным раствором (рис.5.1б). Изоляция торцевой части опалубки осуществляется путем нагнетания цементно–песчаного раствора в матерчатый рукав ϕ 200–250 мм с ниппельным затвором, укладываемый по периметру опалубки (рис. 5.2).

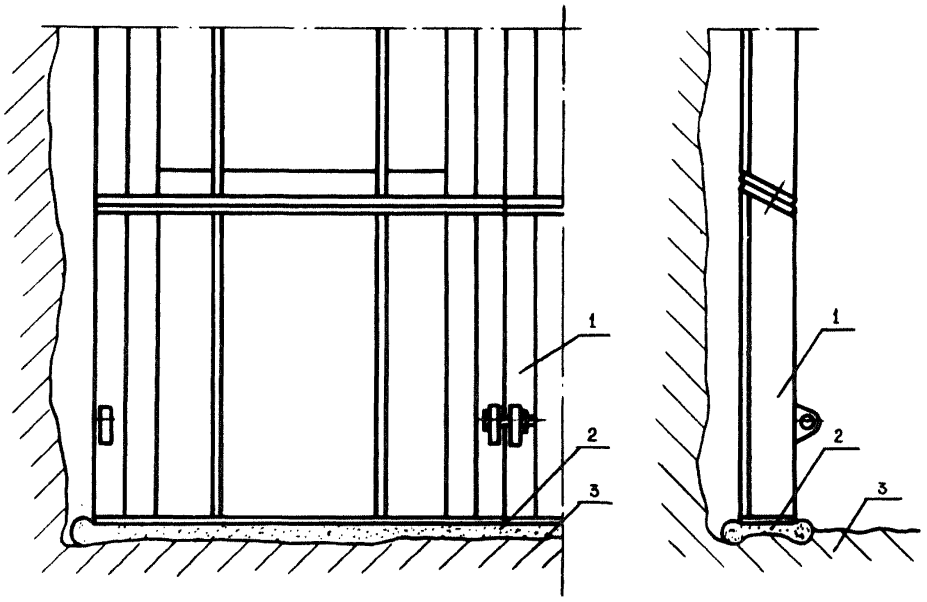

Рис. 5.1а. Схемы изоляции опалубки в почве выработки при помощи матерчатого рукава, заполненного тампонажным раствором:
1-секция опалубки ОМП; 2-матерчатый рукав; 3- почва выработки

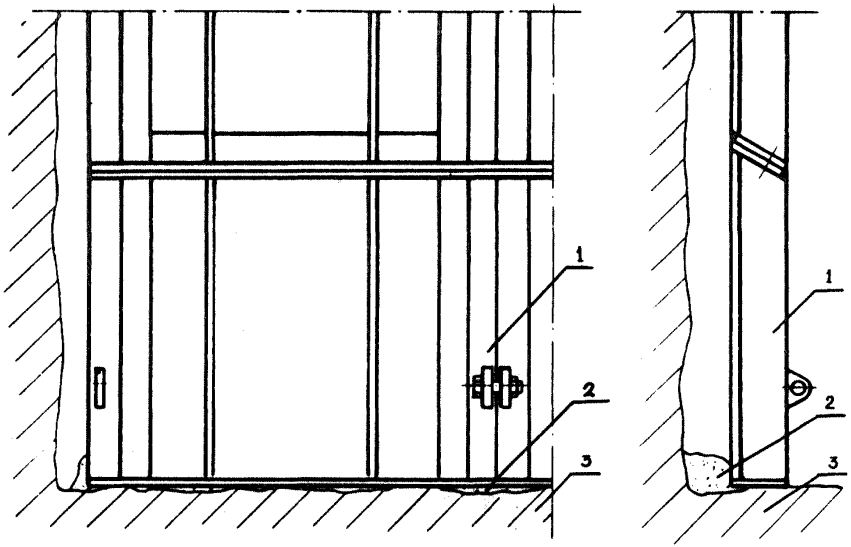

Рис. 5.16. Схемы изоляции опалубки в почве выработки при помощи тампонажного раствора, закладываемого за секции опалубки:
1 – секция опалубки ОМП; 2 – густой тампонажный раствор;
3 – почва выработки

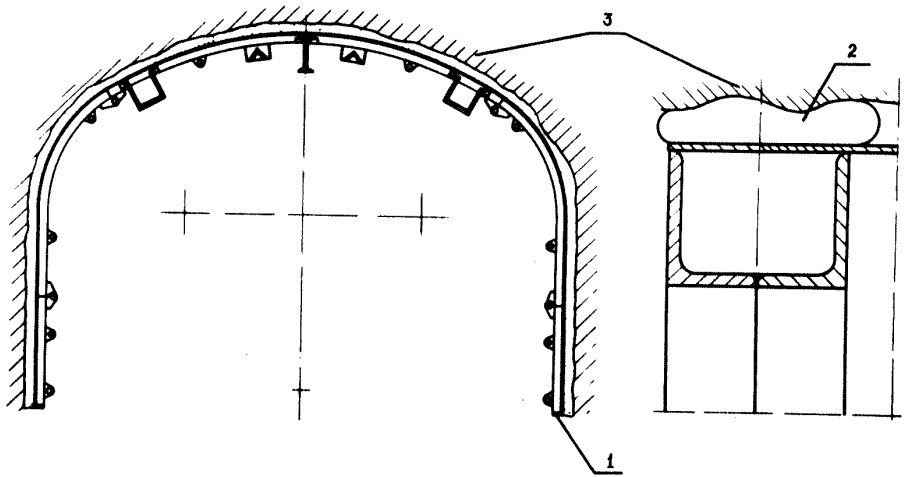

Рис. 5.2. Схема изоляции торцевой части опалубки при помощи матерчатого рукава:

1-секция опалубки ОМП; 2-матерчатый рукав, заполненный тампонажным раствором; 3-породный контур

Изоляция торцевой части опалубки может осуществляться путем забивки плах за кронштейны секций опалубки(рис. 5.3а), а также путем навески специальных приспособлений на опалубку (рис. 5.3б), за которые забиваются плахи до упора в породный контур. Щели между плахами и породным контуром промазываются густым быстросхватывающимся цементно-песчаным или цементно-зольным раствором. После заделки торцевой части опалубка подготовлена к возведению крепи.

5.1.2. Подготовка к работе оборудования для приготовления и нагнетания растворов заключается в следующем. Комплект оборудования, как правило, смонтированный на платформе, подгоняют к месту производства работ, подключают к электрической, водопроводной и пневматической сетям и проверяют работу двигателей на холостом ходу. Затем подсоединяют нагнетательный шланг и обратный трубопровод к цементационной головке, закрепленной на очередной скважине на опалубке, заливают в расходную емкость некоторый объем воды для определения удельного водопоглощения и опробуют на воде работу механизмов с попутным определением удельного водопоглощения очередной скважины и назначением начальной концентрации нагнетаемого раствора.

5.2. Возведение облицовочно-несущей оболочки крепи

5.2.1. Возведение облицовочно-несущей оболочки крепи осуществляют путем нагнетания в заопалубочное пространство цементно-песчаных или цементно-зольных растворов (см. табл. 4.1, 4.2). При наличии зол-уноса следует применять цементно-зольные растворы. Состав раствора выбирают на основании оценки горно-геологических, горно-технических условий и срока эксплуатации горной выработки.

5.2.2. После подготовки к работе опалубки и оборудования для приготовления и нагнетания растворов нагнетательный шланг насоса подсоединяют к нижнему отверстию на опалубке при помощи специального приспособления (рис. 5.4). Затем приготавливают и закачивают раствор за опалубку до уровня этого отверстия. Контроль уровня нагнетаемого раствора осуществляют по открытому отверстию соседней секции.

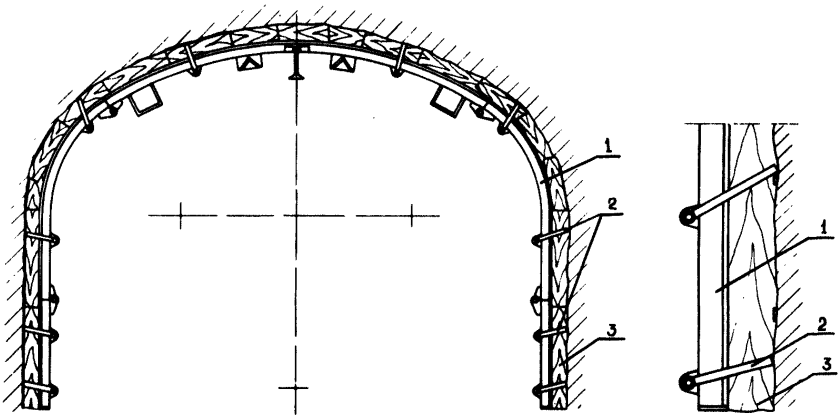

Рис. 5.3а. Схема изоляции торцевой опалубки путем забивки плах за кронштейны опалубки:

1 – корпус секции опалубки ОМП; 2 – кронштейны на опалубке; 3 – плаха

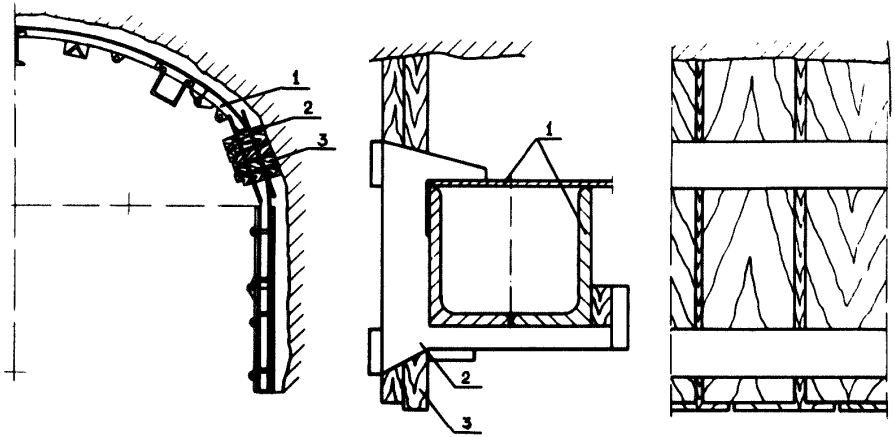

Рис. 5.3б. Схема изоляции торцевой части опалубки путем забивки плах за специальные приспособления:

1 – корпус секции опалубки ОМП; 2 – приспособление для забивки плах; 3 – плаха

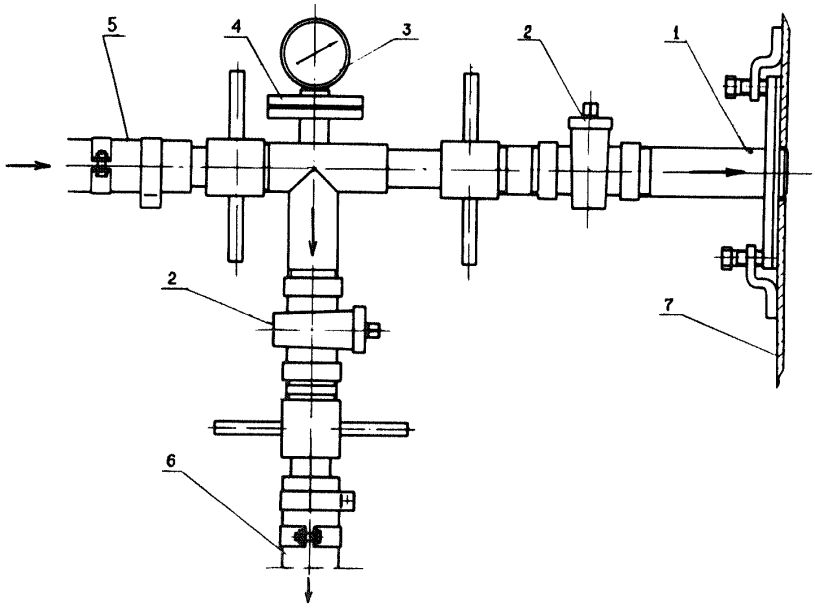

Рис. 5.4. Принципиальная схема оборудования скважин при полуциркуляционной схеме нагнетания:

1 – кондуктор; 2 – запорный кран; 3 – манометр; 4 – разделитель; 5 – нагнетательный шланг; 6 – обратный трубопровод; 7 – опалубка

По достижении уровня нагнетательный шланг отсоединяют, отверстия закрывают заглушками, а шланг подсоединяют к отверстию противоположного борта выработки, повторяя операции в указанной последовательности и заполняя заопалубочное пространство снизу вверх. Заполнение пространства в сводовой части осуществляют с применением фильтрационной трубки (см. рис. 1.4).

5.3. Упрочнение породного массива

5.3.1. В зависимости от горно-геологических условий сооружения горной выработки упрочнение породного массива выполняют под защитой передвижной опалубки или после ее перестановки.

5.3.2. Упрочнение породного массива включает следующие виды работ:

бурение цементационных скважин;

подготовка скважин и упрочняемого массива горных пород к цементации;

приготовление и нагнетание цементационных растворов.

5.3.3. Скважины для упрочнения горных пород располагают рядами. В соседних рядах скважины располагают в шахматном порядке. Количество скважин в рядах назначают согласно табл. 1.1.

5.3.4. При производстве упрочнения породного массива под защитой секций передвижной опалубки скважины оборудуют цементационной головкой (см. рис. 5.4), обеспечивающей циркуляцию нагнетаемого раствора. При производстве упрочнения после снятия опалубки скважины оборудуют инъекторами с механическими уплотнительными устройствами многократного использования или цементационными трубками.

5.3.5. Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению включает очистку скважин и трещин от бурового шлама, опробование вскрытых пород нагнетанием воды с целью назначения первоначальной концентрации нагнетаемого раствора и, при необходимости, предварительную химическую обработку упрочняемого массива.

5.3.6. К нагнетанию цементационных растворов следует приступать сразу после окончания промывки скважин и определения удельного водопоглощения и продолжать нагнетание без перерывов до окончания цементации скважины.

При перерывах между окончанием промывки скважин и началом цементации более суток промывку скважин повторяют.

5.3.7. Цементационный раствор в скважину можно подавать двумя способами: при постоянном давлении или при постоянном расходе. При этом различают три схемы нагнетания: циркуляционную, полуциркуляционную и зажимную.

При выборе способа и схемы нагнетания цементационных растворов следует руководствоваться рекомендациями п.п. 3.1.27 - 3.1.34 [3]. Настоящим "Руководством..." предусматривается применение полуциркуляционной схемы нагнетания.

5.3.8. При полуциркуляционной схеме (рис. 5.4,) циркуляцию цементационного раствора осуществляют между насосом и цементационной головкой. В скважине цементационный раствор перемещается от устья к забою. Полуциркуляционная схема, отличаясь сравнительной простотой оборудования скважин, обеспечивает хорошее управление процессом цементации породного массива. Ее можно применять для цементации горных пород как с тонкими, так и с крупными трещинами. При цементации тонких трещин в цементационные растворы следует вводить добавки для уменьшения осаждения твердой фазы из раствора в скважине и повышения проникающей способности растворов.

5.3.9. При использовании полуциркуляционной схемы нагнетание растворов необходимо осуществлять (в течение всего времени или в заключительный период нагнетания) при постоянном давлении и переменном расходе раствора, изменяющемся от первоначальной величины до нуля в конце нагнетания. Последнее является непременным условием достижения плотного заполнения трещин цементационным материалом при использовании низкоконцентрированных растворов с малым выходом цементного камня.

5.3.10. Нагнетание раствора можно осуществлять в одиночные или группы скважин со сходными удельными водопоглощениями и трещиноватостью. При цементации групп скважин производительность цементационного насоса должна соответствовать суммарной поглощающей способности одновременно цементируемых скважин и расходу раствора на его циркуляцию.

5.3.11. Очередность цементации скважин устанавливают с учетом правила постепенного сближения скважин. Это правило должно неукоснительно выполняться при упрочнении породного массива после снятия опалубки. При упрочнении горных пород, склонных к пучению, цементационные скважины, расположенные в нижней части боков выработки, бурят и цементируют в последнюю очередь.

5.3.12. При упрочнении ограниченных по объему зон трещиноватости, а также горных пород, склонных к пучению, необходимо предусматривать дренирование отфильтровывающейся из цементационных растворов жидкой фазы. С этой целью в пределах цементационной заходки бурят все цементационные скважины, а в горных породах, склонных к пучению, все, кроме нижних, и нагнетают в них цементационные растворы через одну скважину, начиная с нижних. Свободные скважины используют в качестве дренажных. Нагнетание раствора в цементируемую скважину прекращают при появлении его в дренажных. Цементационные скважины, используемые в качестве дренажных в заключительном этапе упрочнения горных пород в пределах заходки, ликвидируются путем нагнетания в них густых цементационных растворов.

5.3.13. Давление нагнетания раствора в скважины при упрочнении горных пород назначают в соответствии с рекомендациями, изложенными в пп. 1.2.7, 1.2.8. Во всех случаях следует принимать допустимые наибольшие давления нагнетания, обеспечивающие более плотное заполнение трещин цементационным материалом.

5.3.14. В течение всего времени нагнетания раствора необходимо контролировать состояние крепи и отсутствие прорывов раствора в выработку. При появлении деформаций крепи или прорывов раствора необходимо снизить давление или прекратить нагнетание раствора до устранения причин,

вызвавших осложнения. После прекращения нагнетания цементационное оборудование и трубопроводы должны быть тщательно промыты водой.

5.3.15. Концентрацию цементационных растворов назначают с учетом требований, изложенных в п. 1.2.10.

6. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА И КАЧЕСТВА ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ

6.1. Обоснование параметров возведения крепи из упрочненного породного массива осуществляется на основе информации о трещиноватости массива вокруг горной выработки. Наиболее представительные данные о состоянии породного массива могут быть получены реометрическими или геофизическими методами.

6.2. Суть реометрического метода определения коэффициента трещиноватости заключается в бурении шпуров по контуру выработки, изоляции участка шпура герметизирующим устройством, подаче жидкости или газа в массив на изолированном участке шпура, регистрации расхода, давления и времени нагнетания, определении проницаемости массива. При этом фильтрующая способность массива оценивается скоростью падения давления в аккумулирующей емкости или расходом жидкости. Передвигая герметизирующее устройство по длине шпура, можно установить границу зоны нарушения и распределение коэффициента трещиноватости в пределах нарушенной зоны.

6.2.1. При применении метода эквивалентных отверстий коэффициент трещиноватости определяют по формуле

$$m = \frac{S_{экв}}{S_{уч}} \quad ,$$

где m – коэффициент трещиноватости;

$S_{уч}$ – часть площади сечения массива горных пород между нагнетательным и контрольным шпурами;

$S_{экв}$ – площадь эквивалентного отверстия.

Величину $S_{экв}$ определяют по графикам рис. 6.1 в соответствии с замеренными скоростями падения давления воздуха в аккумулирующей емкости при проведении замеров в натурных условиях.

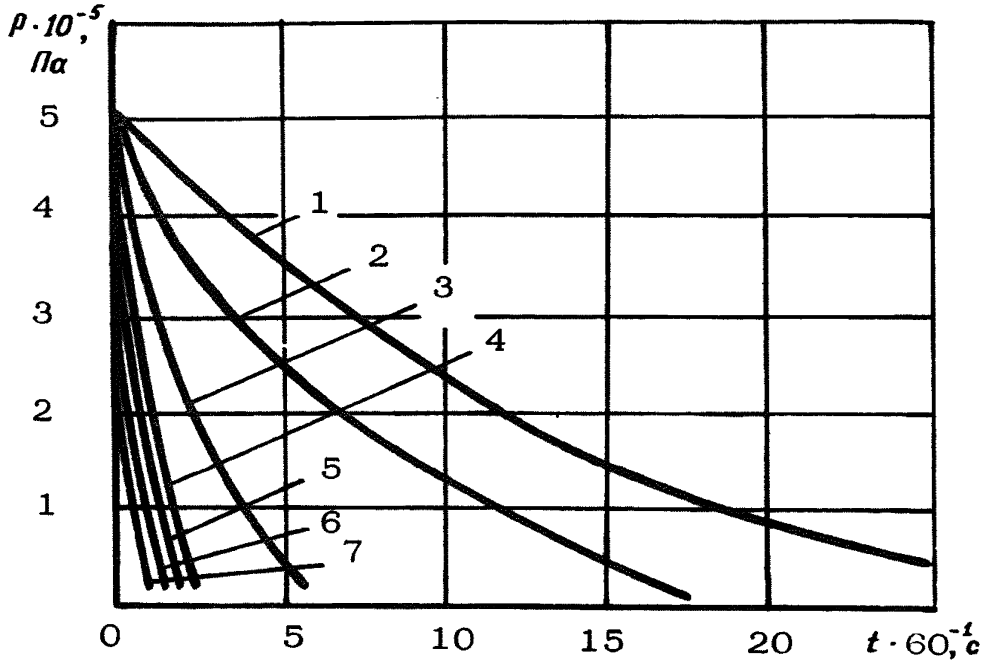

Рис. 6.1. Графики падения давления сжатого воздуха при различной величине эквивалентного отверстия:
1=0,071 мм^2; 2=0,282 мм^2; 3=0,785 мм^2;
4=1,77 мм^2; 5=3,14 мм^2; 6=4,9 мм^2; 7=7,070 мм^2

6.2.2. При применении метода смещений, основанного на предположении, что основная трещиноватость вокруг выработки образуется вследствие технологического воздействия на породный массив и определяется смещением контура выработки, распределение коэффициента трещиноватости определяют из соотношения

$$\frac{m(r)}{m(1)} = \frac{f(r)}{f(1)} \quad ,$$

где $m(r)$ – коэффициент трещиноватости как функция безразмерного радиуса;

$m(1)$ – коэффициент трещиноватости на контуре выработки;

$f(r)$ – распределение поглощающей способности массива при удалении от контура выработки в зависимости от расхода жидкости или скорости падения давления воздуха;

$f(1)$ – поглощающая способность массива на контуре выработки.

6.3. Суть электрометрического метода определения коэффициента трещиноватости основана на определении кажущегося удельного сопротивления горных пород. Коэффициент трещиноватости горных пород определяют по формуле

$$m = n \xi_y \left(\frac{\rho_к}{\rho_o} - 1 \right) ,$$

где n – количество систем трещин (в случае хаотической трещиноватости $n = 1$);

ξ_y – относительная площадь скальных контактов противоположных берегов трещин. Среднестатическая величина $\xi_y = 3 \cdot 10^{-4}$;

$\rho_к$ – кажущееся удельное электрическое сопротивление породного массива;

ρ_o – кажущееся удельное электрическое сопротивление монолитного массива (рекомендуется определять по данным измерений $\rho_к$ в скважинах на участках массива со слабо выраженной трещиноватостью).

6.3.1. При применении метода скальных контактов величину кажущегося электрического сопротивления массива на фиксированном участке скважины определяют по формуле

$$\rho_к = \frac{4\pi L \varphi}{J} ,$$

где L – величина базы (расстояние между ближайшими электродами);

φ – потенциал (по схеме потенциал-зонда) или разность потенциалов (по схеме градиент-зонда);

J – величина тока между электродами источника.

6.3.2. При применении метода смещений обработку результатов измерений выполняют аналогично обработке при реометрическом методе: в качестве функции $f(\tau)$ принимается распределение кажущегося электрического сопротивления при удалении от контура выработки $\rho_к(\tau)$.

Метод допускает определение не обязательно абсолютных значений кажущегося электрического сопротивления, но и относительного распределения электрического сигнала при удалении от контура выработки. Поэтому, учитывая также незначительную длину шпуров, при отсутствии соответствующего электрокаротажного оборудования для измерений по 4-электродной схеме может быть использована и более простая 2-электродная схема, не учитывающая наличие в массиве естественных электрических полей и предполагающая прямое измерение электрического сопротивления. В этом случае величину $\rho_к$ определяют по формуле

$$\rho_к = 4\pi LR ,$$

где L – величина базы (расстояние между электродами, помещенными в скважину);

R – измеренное кажущееся электрическое сопротивление.

6.4. Контроль качества облицовочной оболочки крепи горной выработки из монолитного бетона и оболочки из упрочненных пород осуществляется высокочастотными электромагнитными методами шахтной геофизики, постановка которых не требует внедрения датчиков сигнала в массив горных пород. Датчики сигнала (антенны) размещаются на свободной поверхности облицовочной оболочки, чем достигаются удовлетворительная помехоустойчивость и высокая эффективность измерений.

6.5. Для оценки напряженно-деформированного состояния облицовочной оболочки, возводимой способом передвижной опалубки, используется метод регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) в непрерывном спектре частот от 20 кГц до 30 МГц, которое сопровождает образование трещин в монолитном бетоне. Амплитудно-частотная характеристика излучения, получаемая на дисплее

прибора АЭМИ-1 [5], позволяет судить об интенсивности и стадии разрушения монолита.

Методика выявления источников и характера электромагнитного излучения бетонной облицовочной оболочки крепи состоит в проведении рядового профилирования вдоль выработки и детальных площадных наблюдений на участках повышенной электромагнитной активности оболочки, выявленных по данным рядового профилирования. При этом антенна фиксируется поочередно в пунктах профиля или площадной сети измерений. Рядовое профилирование выполняется по трем линиям (профилям), проложенным вдоль стенок и кровли выработок с расстоянием между пунктами измерения 5 м. При детальных площадных наблюдениях сеть пунктов сгущается до расстояния между ними в 1 м. Периодичность повторных измерений ЕЭМИ зависит от стадии и интенсивности разрушения облицовочной оболочки, но проводится не реже 1 раза в квартал.

Материалы наблюдений спектра ЕЭМИ представляются в виде графиков амплитудно-частотной характеристики сигнала, скопированной с дисплея прибора, с указанием адреса пункта наблюдения, времени экспозиции и частотного диапазона фиксируемого сигнала. Обработка данных состоит в аналитическом расчете глубины и размеров образующихся трещин.

6.6. Для контроля мощности оболочки из упрочненных пород и сплошности заполнения тампонажным раствором трещиноватого породного массива используется метод направленных радиоволновых зондирований (НРВЗ), который позволяет выделять в приконтурном массиве выработки слои с различными волновыми свойствами (коэффициентами поглощения радиоволн) по результатам регистрации напряженности поля, создаваемого генератором на частоте 18 МГц.

Одночастотная аппаратура РВЗ-1Ш состоит из генератора радиоволн и регистратора напряженности электромагнитного поля с кварцевой стабилизацией частоты 18 МГц. Для обеспечения направленности действия установки зондирования применены помехоустойчивые (стелющиеся) антенны в виде дипольной плоской решетки с коаксиальным возбуждением многосекционных элементов. При помощи излучения

в 1 Вт и чувствительности регистратора не ниже 5 мкВ аппаратура позволяет выполнять зондирование практически в любых горно-геологических условиях при удовлетворительной помехоустойчивости измерений в течение девяти часов без подзарядки.

Особенностью методики НРВЗ является размещение антенн установки на одной поверхности выработки. Сеть наблюдений представлена профилями, проложенными по стенкам или кровле выработки, с расположенными на них пунктами центров зондирований. Минимальное число профилей - 3. Зондирования выполняются в несимметричном варианте и могут быть в зависимости от требуемой информативности односторонними или двухсторонними. Отдельное зондирование включает следующие операции: установку излучающего устройства в центре зондирования; удаление приемного устройства по профилю (прямой ход) с фиксированием его в пунктах измерения через 1-2 м до максимального разноса в 20 м; проведение повторных измерений в 3-4 пунктах при обратном ходе приемного устройства. Затем излучающее устройство устанавливается в соседнем центре зондирования на том же или параллельном профиле и операции повторяются. Расстояние между центрами зондирования на профиле не более 10 м. В каждом центре зондирования измерения проводятся до тампонирования массива и не менее двух раз после тампонирования.

6.7. Запись данных измерений ведется в журнале, где указывается адрес центра зондирования, удаление от него пунктов измерения R и значение напряженности поля E в пункте измерения. Обработка данных осуществляется путем построения всех графиков НРВЗ (первичного и повторных), полученных в данном центре зондирования, на одном логарифмическом бланке в системе координат E (логарифмический масштаб) R (линейный масштаб), которые служат для выделения слоев с однородными волновыми свойствами и изменений характера разреза приконтурного массива в результате тампонажа и твердения тампонажного раствора.

При сопоставлении результатов графической и аналитической обработки данных НРВЗ оцениваются глубина и

сплошность тампонирования массива трещиноватых пород.

6.8. В ходе нагнетания следует осуществлять контроль свойств цементационных растворов, В начале работ при изменении партии, вида или марки цемента и добавок следует осуществлять полный контроль свойств цементационных растворов. В течение смены осуществляют контроль концентрации растворов путем определения объемного веса растворов весовым методом, с помощью ареометров типа АГ-2М, МГ-3 или денсиметров.

При осуществлении полного контроля свойств цементационных растворов определяют: объемный вес, расплыв, выход цементного камня, сроки схватывания, прочность цементного камня, продолжительность наступления полной водоотдачи при перепаде давления, который создается между раствором в трещинах и водой в порах и трещинах, не поддающихся цементации.

Перечисленные свойства растворов следует определять в соответствии с действующими методиками.

6.9. Пробы для контроля свойств цементационных растворов следует отбирать непосредственно у устьев скважин через специальные отводы, оборудованные кранами, что дает возможность учитывать изменение свойств растворов после дополнительного перемещения при движении их через насосы и растворопроводы.

Если свойства цементационных растворов значительно отличаются от назначенных проектом, следует произвести проверку и отладку дозирующих приспособлений, а при необходимости выполнить дополнительные анализы воды, цемента и добавок, вводимых в растворы, для выявления и устранения причин, вызвавших изменение свойств цементационных растворов.

6.10. При невозможности осуществления контроля качества упрочнения породного массива способами пп. 6.1-6.7 контроль качества осуществляют через 28 суток после нагнетания раствора путем бурения контрольных скважин с отбором керна, натурных и лабораторных исследований физико-механических свойств упрочненных горных пород другими известными способами.

Плотность заполнения трещин цементационным материалом определяют по выходу керна и на основании гидравлического опробования контрольных скважин. Качество заполнения трещин считается удовлетворительным, если удельное водопоглощение упрочненного массива не превышает 0,01 л/мин·м·м вод.ст.

6.11. Контрольные скважины бурят рядами через 5–10 м перпендикулярно оси выработки. Количество контрольных скважин в ряду должно быть не менее трех. Глубина контрольных скважин должна быть не менее толщины зоны упрочнения.

7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ

7.1. Работы по возведению крепи из упрочненных пород являются скрытыми, неподдающимися непосредственному осмотру или обмеру, и поэтому подлежат документированию в процессе их производства. В документации отражается:

наименование выработки;

площадь поперечного сечения выработки в свету, в проходке;

дата с указанием времени суток начала и окончания видов работ;

схема расположения участка выработки и скважин, в пределах которых ведутся работы;

основные технические характеристики применяемого бурового и цементационного оборудования;

схема нагнетания цементационных растворов в скважины: циркуляционная, полуциркуляционная, зажимная;

данные о режимах нагнетания и расходах цементационных растворов;

физико-механические и химические свойства применяемых материалов и растворов;

данные лабораторных исследований физико-механических свойств тампонажного и цементного камня;

данные лабораторных и натурных исследований физико-механических свойств горных пород до и после их упрочнения;

данные об отклонениях от требований проекта производства работ и о причинах, вызвавших эти отклонения.

7.2. Перечисленные в п. 7.1 сведения регистрируют в книге нарядов или журнале цементационных работ.

7.3. Названные в п. 7.2 журналы являются отчетными техническими документами, которые оформляются в одном экземпляре организацией, производящей работы, и предъявляются при приемке работ.

7.4. Исходные горно-геологические данные, используемые при проектировании возведения крепи из упрочненных пород, как правило, отличаются от фактических условий. Поэтому проектные объемы работ, предусмотренные к выполнению, являются приближенными и подлежат уточнению в процессе производства работ.

7.5. При выявлении в процессе производства работ природных условий, отличающихся от принятых в проекте, а также при изменении условий производства работ или проекта сооружения горной выработки в части, касающейся возведения крепи, работы следует выполнять в соответствии с фактическими условиями при надлежащем обосновании актами дополнений к проекту или отступлений от него.

Акты должны быть согласованы с заказчиком и проектной организацией, разработавшей проект возведения крепи, и утверждены в установленном порядке.

7.6. К акту приемки-сдачи работ по возведению крепи из упрочненных пород должны быть приложены: перечень утвержденных изменений и дополнений к проекту возведения крепи, краткое описание фактических условий и способов цементационных работ, акты об испытании контрольных скважин на удельное водопоглощение, сводная ведомость расходов растворов на возведение облицовочно-несущей оболочки и зоны упрочненных пород, сводная ведомость буровых работ, данные испытаний растворов и цементного камня, результаты определения физико-механических свойств упрочненных горных пород.

8. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

8.1. При производстве цементационных работ следует руководствоваться требованиями "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах", "Правил безопасности при проходке стволов шахт специальными способами", а также требованиями настоящего раздела.

8.2. До начала работ по цементации горных пород все рабочие должны пройти обучение по безопасному ведению работ, обслуживанию машин и механизмов и ознакомиться с основными положениями проекта производства работ.

8.3. Все рабочие и лица технического надзора должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты установленных образцов (каски, спецодежда, обувь, рукавицы, очки, респираторы) и обязаны пользоваться ими во время работы.

8.4. Рабочие места и открытые движущиеся части машин, механизмов и установок (муфты, передачи, шкивы и т.д.) должны быть оборудованы необходимыми ограждениями, защитными и предохранительными устройствами, обеспечивающими безопасность работ.

8.5. На рабочих местах должны быть вывешены схемы управления механизмами с указанием очередности пуска и остановки их.

8.6. Все работы, связанные с цементацией горных пород, должны проводиться только под руководством лиц, имеющих законченное горно-техническое образование или удостоверение на право ответственного ведения этих работ.

8.7. До начала приготовления и нагнетания цементационных растворов следует убедиться в исправности цементационного оборудования. Особое внимание следует обратить на состояние цементационных насосов, так как они наиболее часто являются причиной неполадок в работе: проверить чистоту всех внутренних растворопроводов и полостей насосов, исправность каналов и поршней, наличие масла в

разделителе манометра, произвести смазку насоса и затянуть сальники.

Следует также проверить растворосмеситель, шланги и трубы, цементационные головки и уплотнительные устройства для скважин. Растворосмесители должны быть чистыми, перемешивающий орган их должен проворачиваться вручную. Все шланги и трубы должны быть чистыми и свободными от затвердевшего цемента, соединения труб между собой и со шлангами должны быть исправными.

Исправность и комплектность измерительной аппаратуры, манометров, мерных реек, ареометров проверяют отдельно согласно действующим инструкциям.

8.8. После проверки исправности и комплектности цементационного оборудования следует включить приводы и проверить все оборудование на холостом ходу, затем на воде. В баках растворосмесителей не должно быть утечек воды. Насосы должны давать ровные, пульсирующие в соответствии с ходом поршня струи воды. Медленным перекрытием кранов, установленных на выбросной линии, проверяют работу насосов под давлением. Производительность насосов под давлением не должна снижаться.

8.9. До начала работ по нагнетанию раствора все цементационное оборудование и коммуникации, работающие под давлением, должны быть испытаны под давлением, превышающем в 1,5 раза наибольшее давление нагнетания.

На нагнетательных трубопроводах цементационных насосов должны быть установлены предохранительные клапаны, отрегулированные на расчетное давление.

8.10. Приступать к работе можно только после проверки сменным инженером состояния оборудования, растворопроводов, правильности установки запорной арматуры и контрольно-измерительных приборов. При передаче смен следует заносить в журнал и сообщать устно сведения об имеющихся неполадках, которые могут создать производственную опасность при последующих работах.

8.11. Разборка и ремонт цементационной системы под давлением запрещается.

8.12. Концы нагнетательных трубопроводов должны быть прочно закреплены способом, исключающим возможность их срыва при работе насосов.

8.13. Запрещается пользоваться шлангами, имеющими вздутие, и неисправными манометрами.

8.14. Запрещается производить быстрое перекрывание кранов на коммуникациях растворопроводов. Краны должны перекрываться плавно.

8.15. Пускать и останавливать механизмы можно только по сигналам, известным всему обслуживающему персоналу.

8.16. При ремонтных работах внутри растворосмесителя его приводные ремни должны быть сняты.

9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Стоимость крепления капитальных горных выработок при прочих равных условиях зависит от материала крепи. Учитывая это обстоятельство, за базу для сравнения приняты традиционные и наиболее распространенные варианты крепления горных выработок, целесообразные для данных горно-геологических и горно-технических условий. Сравнение вариантов осуществлено для трех наиболее распространенных сечений горных выработок в свету: 8,5; 12,8 и 16,4 $м^2$ при различных значениях коэффициента устойчивости (0,2–0,5).

Стоимость горных выработок по сравниваемым вариантам определена по изменяющимся видам затрат (прохождение и крепление) по СНиП 1У-5-82, приложение, сборник 35.

Результаты расчета на 1 $м^3$ выработки в свету приведены в табл. 9.1. Из приведенных данных видно, что разработанная технология возведения крепи экономически целесообразна во всех сравниваемых горно-геологических условиях.

Таблица 9.1

Экономическая эффективность крепи из упрочненного породного массива

Коэффициент устойчивости	Расчетная нагрузка на крепь, МПа		Вид крепи в базовом варианте	Стоимость проведения выработки, руб./м³		Экономический эффект, руб./м³
	базовый вариант	крепь из упрочненного породного массива		базовый вариант	крепь из упрочненного породного массива	
1	2	3	4	5	6	7
Сечение выработки в проходке $S_{пр}$ = 11,1 м² ($S_{св}$ = 8,5 м²)						
0,5	0,12	0,12	Тюбинговая крепь	34,25	19,6	14,65
0,5	0,09	0,09	Арочная металлическая крепь СВП-27	31,79	19,6	12,19
0,5	0,46	0,46	Монолитная бетонная крепь	45,06	19,6	25,46
0,4	0,22	0,22	Тюбинговая крепь	40,49	19,8	20,69
0,4	0,14	0,14	Арочная металлическая крепь СВП-27	31,79	19,8	11,99
0,4	0,81	0,81	Монолитная бетонная крепь	75,85	19,8	56,05
0,3	0,60	0,60	Тюбинговая крепь с тампонажом	84,10	21,6	62,50
0,3	0,54	0,54	Арочная металлическая крепь СВП-27 с тампонажом	43,84	21,6	22,24
0,3	1,27	1,27	Монолитная бетонная крепь	119,12	21,6	97,52

1	2	3	4	5	6	7
0,2	0,93	0,93	Тюбинговая крепь с тампонажом	116,54	26,4	90,14
0,2	0,85	0,85	Арочная металлическая крепь СВП-27 с тампонажом	43,84	26,4	17,44
0,2	1,84	1,84	Монолитная бетонная крепь	173,70	26,4	147,30
	Сечение выработки в проходке $S_{пр}$ = 16,3 м^2 ($S_{сб}$ = 12,8 м^2)					
0,5	0,15	0,15	Тюбинговая крепь	34,25	19,6	14,65
0,5	0,10	0,10	Арочная металлическая крепь СВП-27	26,35	19,6	6,75
0,5	0,52	0,52	Монолитная бетонная крепь	36,89	19,6	17,29
0,4	0,25	0,25	Тюбинговая крепь	40,49	19,8	20,69
0,4	0,16	0,16	Арочная металлическая крепь СВП-27	26,35	19,8	6,55
0,4	0,88	0,88	Монолитная бетонная крепь	58,88	19,8	39,08
0,3	0,77	0,77	Тюбинговая крепь с тампонажом	85,51	21,6	63,91
0,3	0,71	0,71	Арочная металлическая крепь с тампонажом	41,57	21,6	19,97
0,3	1,35	1,35	Монолитная бетонная крепь	89,43	21,6	67,83

Продолжение табл. 9.1

Коэффициент устойчивости	Расчетная нагрузка на крепь, МПа		Вид крепи в базовом варианте	Стоимость проведения выработки, руб./м³		Экономический эффект, руб./м³
	базовый вариант	крепь из упрочненного породного массива		базовый вариант	крепь из упрочненного породного массива	
1	2	3	4	5	6	7
0,2	1,19	1,19	Тюбинговая крепь с тампонажом	107,23	26,4	80,83
0,2	1,10	1,10	Арочная металлическая крепь с тампонажом	41,57	26,4	15,17
0,2	1,91	1,91	Монолитная бетонная крепь	127,64	26,4	101,24
	Сечение выработки в проходке $S_{пр}$ = 20,6 м² ($S_{св}$ = 16,4 м²)					
0,5	0,17	0,17	Тюбинговая крепь	30,60	15,0	15,60
0,5	0,11	0,11	Арочная металлическая крепь СВП-27	22,05	15,0	7,05
0,5	0,55	0,55	Монолитная бетонная крепь	35,36	15,0	20,36

1	2	3	4	5	6	7
0,4	0,29	0,29	Тюбинговая крепь	33,04	15,6	17,44
0,4	0,18	0,18	Арочная металличес-кая крепь СВП-27	22,05	15,6	6,05
0,4	0,92	0,92	Монолитная бетонная крепь	56,82	15,6	41,22
0,3	0,93	0,93	Тюбинговая крепь с тампонажом	59,53	17,6	41,93
0,3	0,89	0,89	Арочная металлическая крепь с тампонажом	39,48	17,6	21,88
0,3	1,39	1,39	Монолитная бетонная крепь	86,50	17,6	68,90
0,2	1,40	1,40	Тюбинговая крепь с тампонажом	76,18	21,3	54,88
0,2	1,36	1,36	Арочная металлическая крепь с тампонажом	39,48	21,3	18,18
0,2	1,96	1,96	Монолитная бетонная крепь	123,47	21,3	102,17

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика автоматизированного проектирования крепей капитальных горных выработок для условий Кузнецкого угольного бассейна / Ерофеев Л.М., Мирошникова Л.А., Медведев Е.Г. и др. – Кемерово, 1988.

2. Методическое обеспечение по оптимизации параметров комбинированной крепи в автоматизированном режиме / Бачурин С.А., Пилевский П.А., Попов В.Л. и др. / МГИ. – М., 1987.

3. Технологические схемы упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений / Кузниишахтострой. – Кемерово, 1980.

4. Методические указания по определению коэффициента трещиноватости горного массива вокруг выработок реометрическим и электрическим методами (временные) / Хямяляйнен В.А., Бурков Ю.В., Сыркин П.С. и др. / Кузниишахтострой, КузПИ. – Кемерово, 1988.

5. Определение рациональных технических параметров аппаратуры и методики радиоволновых измерений для контроля качества крепления капитальных горных выработок: Отчет / ИУ СО АН СССР; Рук. Некрасов Э.М.; Инв. № 8855. – Кемерово, 1988.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД 4

1.1. Определение основных конструктивных параметров крепи 4
1.2. Основные технологические параметры крепи ... 8

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД 15

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД 19

3.1. Опалубки 19
3.2. Средства для бурения шпуров 24
3.3. Оборудование для приготовления и нагнетания цементационных растворов 29
3.4. Приборы и аппаратура для исследования физико-механических свойств породных массивов до и после упрочнения, свойств упрочняющих растворов 35

4. МАТЕРИАЛЫ И РАСТВОРЫ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД 42

5. ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ ИЗ УПРОЧНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД 51

5.1. Подготовка к работе опалубки и оборудования для возведения крепи из упрочненного массива 51
5.2. Возведение облицовочно-несущей оболочки крепи 55
5.3. Упрочнение породного массива 59

6. КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА И КАЧЕСТВА ВОЗВЕДЕНИЯ КРЕПИ 62

7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ 69

8. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ 71

9. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ 73

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 78

РУКОВОДСТВО ПО ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПАЛУБКИ ОМП, ОСНОВАННОЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ УПРОЧНЕННЫХ ПОРОД

РД 12.18.088-89

Ответственный за выпуск Бурков Ю.В.
Корректор Ильичева А.П.

Подписано к печати 10.04.90 г.
Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 500 экз. Заказ № 2052

Кемеровский полиграфкомбинат управления издательств, полиграфии и книжной торговли Кемеровского облисполкома

gost.e-ecolog.ru