

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра теоретической и геотехнической механики

Составители
Ю. В. Бурков
В. А. Хямяляйнен

ПОСЛЕДУЮЩИЙ ТАМПОНАЖ ГОРНЫХ ПОРОД

**Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине «Тампонаж горных пород»
для студентов очной формы обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией направления
подготовки 21.05.05 «Физические процессы горного
или нефтегазового производства» в качестве электронного
издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2017

Рецензенты:

Богатырева А. С., доцент кафедры теоретической и геотехнической механики

Бурков Юрий Васильевич

Хямяляйнен Вениамин Анатольевич

Последующий тампонаж горных пород: методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Тампонаж горных пород» [Электронный ресурс] для студентов специальности 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства» очной формы обучения / сост.: Ю. В. Бурков; В. А. Хямяляйнен; КузГТУ. – Кемерово, 2017.

В предлагаемых указаниях представлены основные теоретические положения по выбору основных параметров последующего тампонажа горных пород растворами на основе цемента, осуществляемого после проведения выработки. Приведены варианты выполнения курсового проекта.

© КузГТУ, 2017

© Ю. В. Бурков,
Хямяляйнен В. А.,
составление, 2017

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Опыт освоения месторождений полезных ископаемых подземным способом показывает, что около 30 % горных выработок сооружается и эксплуатируется в сложных горно-геологических условиях, представленных зонами геологических нарушений, сильнотрещиноватыми и обводненными породными массивами. В связи с этим при сооружении горных выработок применяют специальные способы, обеспечивающие улучшение условий сооружения и эксплуатации горных выработок. При этом в трещиноватых породах наиболее часто применяется тампонаж породных массивов твердеющими смесями на основе цемента, как наиболее простой и эффективный способ управления состоянием массивов. В зависимости от времени сооружения горных выработок различают предварительный и последующий способы тампонажа горных пород. Оба эти способа применяют и для создания противofiltrационных завес при сооружении горных выработок в обводненных породных массивах, и для упрочнения массивов при сооружении выработок в зонах геологических нарушений и в неустойчивых породах.

Настоящая работа посвящена технологии последующего тампонажа горных пород, определению ее оптимальных параметров для различных горно-геологических и горнотехнических условий.

Эти вопросы являются предметом изучения дисциплины «Тампонаж горных пород» специальности 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства», занимающей важное место в общем плане подготовки горных инженеров, так как она является научной основой проектирования горных выработок и подземных сооружений. В результате ее изучения студент должен самостоятельно решать одну из важнейших инженерных задач горного дела: выбирать оптимальную для конкретных условий конструкцию тампонажной завесы и выполнять расчеты по определению ее основных параметров. Изучением этой дисциплины завершается выполнением курсового проекта.

Целью курсового проектирования является закрепление приобретенных теоретических знаний по дисциплине «Тампонаж горных пород» и развитие практических навыков по выбору и

расчету различных конструкций и технологий создания тампонажных завес.

Организация и контроль за ходом выполнения курсового проекта начинается с выдачи задания. Темы и задания на курсовой проект индивидуальны, при выдаче задания руководитель беседует со студентом по теме курсового проекта, рекомендует ему необходимую литературу и материалы, дает консультацию о порядке выполнения задания, предлагает график выполнения задания и сроки контрольных проверок (приложение В).

Индивидуальные консультации проводятся регулярно, раз в неделю для всех студентов, при этом руководитель проверяет часть выполненной студентом работы и предварительные расчеты. Все ошибки, неясности и недоработанные места указываются студенту, даются необходимые разъяснения для исправления и доработки курсового проекта.

Если курсовой проект удовлетворяет всем требованиям, он допускается к защите. Защита является особой формой проверки работы, она должна приучать студента к всестороннему обоснованию предложенных им материалов и к глубокому пониманию выполненной им работы. Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы. Вопросы задаются присутствующими на защите преподавателями и студентами группы. Студент должен при защите дать все объяснения по работе.

Результат защиты курсового проекта оценивается дифференцированной отметкой по четырехбалльной системе. Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его, считается имеющим академическую задолженность.

После защиты курсовой проект сдается на кафедру для регистрации и хранения.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Оформление курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, снабженной необходимыми схемами и чертежами. В пояснительной записке в соответствии с настоящей Инструкцией обосновывается выбор конструкции тампонажной завесы, приводятся все необходимые расчеты, даются описание технологии тампонажа и соответствующие пояснения к чертежам.

Пояснительная записка составляется на листах писчей бумаги формата А4. Текст оформляется в рукописном или машинописном виде. Изложение материала должно быть ясным, лаконичным и безупречным в грамматическом отношении. На каждой странице должны быть оставлены поля: слева 30, справа 10 мм. Все страницы нумеруются. В конце пояснительной записки в соответствии с ГОСТами приводится список использованных литературных источников, на которые в тексте приводятся ссылки.

Графическая часть проекта выполняется в карандаше (или в туши) на листах чертежной бумаги формата А1 или в виде слайдов на листах писчей бумаги формата А4, в приложении к пояснительной записке.

Все чертежи и схемы должны быть выполнены аккуратно, с соблюдением выбранного масштаба.

Поперечные сечения выработки должны сопровождаться геологическими разрезами породного массива, составленными с учетом условий, указанных в задании на проектирование.

Содержание курсового проекта

Курсовой проект по последующему тампонажу породных массивов должен осветить следующие основные вопросы:

Общие положения

Структура и содержание проекта:

Введение

1. Выбор схемы тампонажа для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий.

2. Выбор и обоснование основных технологических параметров:

- 2.1. Длина тампонажных заходок, определение объемов настилки предохранительных полков.
- 2.2. Схема расположения, количество тампонажных скважин и объем бурения.
- 2.3. Выбор составов тампонажных растворов и определение расхода материалов.
- 2.4. Определение давления нагнетания тампонажных растворов и продолжительности нагнетания.

3. Технология тампонажных работ:

- 3.1. Выбор комплекта оборудования для производства тампонажных работ.
- 3.2. Бурение тампонажных скважин.
- 3.3. Приготовление и нагнетание тампонажных растворов.
- 3.4. Контроль качества тампонажа горных пород.
- 3.5. Определение экономической эффективности.
- 3.6. Правила эксплуатации оборудования. Техника безопасности.

Список литературы

Содержание графической части:

1. Вертикальный и горизонтальный разрез участка тампонирувания с разбиением его на заходки.
2. Схема расположения тампонажных скважин.
3. Технологическая схема производства тампонажных работ.
4. Таблица расхода растворов и материалов.
5. График организации работ.
6. Таблица технико-экономических показателей.

Введение

Во введении дается общая характеристика отрасли по дисциплине и коротко характеризуется состояние рассматриваемого вопроса. Формулируется цель работы и характеризуется ожидаемый технический и экономический эффект.

1. ВЫБОР СХЕМЫ ТАМПОНАЖА ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Последующий тампонаж породных массивов применяется с целью создания противифльтрационных завес в обводненных породах или упрочненной зоны вокруг выработок для повышения их устойчивости в зонах геологических нарушений.

Для создания противифльтрационных завес или упрочнения породных массивов вокруг вертикальных горных выработок работы по тампонажу породных массивов могут быть выполнены по следующим схемам:

- с проходческого полка;
- в заармированных стволах с временных полков, настилаемых на расстрелы.

Последующее упрочнение или создание противифльтрационных завес вокруг горизонтальных или наклонных выработок осуществляется из проводимой или пройденной выработки. Работы выполняют, как правило, в два этапа: вначале заполняют закрепные пустоты цементными растворами с добавками песка, зол уноса и т. д. (тампонаж закрепного пространства), а затем бурят цементационные скважины и выполняют через них собственно упрочнение горных пород или создают противифльтрационную завесу.

Схема тампонажа может быть принята на основе технико-экономического расчета (ТЭР).

2. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

К основным технологическим параметрам последующего тампонажа относят длину тампонажной заходки, глубину и количество тампонажных скважин в ярусе или ряду, объем бурения тампонажных скважин, расход тампонажных материалов, давление нагнетания тампонажных растворов и сроки производства тампонажных работ.

2.1. Длина тампонажных заходок, определение объемов настилки предохранительных полков

Выработку или участок выработки, подлежащие тампонажу, разделяют на заходки. Длину заходки назначают исходя из удобства организации работ и технологической оснащенности оборудованием.

В пройденных выработках длину выработки следует принимать в пределах 30–50 м. На границах заходок возводят противифльтрационные завесы путем нагнетания в скважины быстротвердеющих растворов. Внутри заходки раствор в скважины нагнетают по методу сближения и очередности нагнетания в скважины левого и правого бортов горной выработки.

В заармированных стволах работы по тампонажу породных массивов выполняются, как правило, с полков, настилаемых на расстрелы. Полки настилают на одну заходку. При этом один полк сверху и один снизу являются предохранительными, т. е. нерабочими. Общую площадь S_o (м²) настилки полков определяют по следующей формуле

$$S_o = \left(\frac{\pi D^2}{4} - S_{\text{пр}} \right) n,$$

где D – диаметр ствола в свету, м; S – суммарная площадь проемов для бадей или иных сосудов (клетей, скипов) в одном полке, м²; n – количество настилаемых полков в заходке.

2.2. Схема расположения, количество тампонажных скважин и объем бурения

Глубина тампонажных скважин при формировании противифльтрационных завес равна мощности этой завесы, а при упрочнении горных пород – толщине зоны упрочнения. Учитывая, что до настоящего времени не существует единой методики определения этого параметра, чаще всего его величину принимают, исходя из площади поперечного сечения горных выработок или их наибольших размеров. В качестве рекомендации этот параметр может быть принят согласно табл. 1.

Таблица 1

Глубина скважин при тампонаже горных пород

Вид и характеристика выработки	Ед. изм.	Кол-во	Глубина скважины, м
Вертикальный ствол: диаметр в свету	м	6,0	1,5
		7,0	2,0
		8,0	2,5
		9,0	3,0
Горизонтальная или наклонная выработка: площадь сечения в проходке	м ²	10,0	1,25
		13,2	1,50
		16,9	1,75
		20,5	2,0
		30,0	3,0

Количество цементационных скважин при последующем тампонаже горных пород принимают по данным табл. 2. При этом скважины располагаются так, чтобы их забои на внешней поверхности зоны тампонирувания располагались в шахматном порядке на одинаковом расстоянии друг от друга. Расстояние между рядами в горизонтальных и наклонных выработках и между ярусами в вертикальных принимают в пределах 2–2,5 м.

В горных выработках с площадью поперечного сечения больше 20,5 м² число скважин следует принимать из расчета одна скважина на 4–6 м² внутренней поверхности крепи выработки. Скважины всегда располагают в шахматном порядке друг относительно друга.

Диаметры цементационных скважин принимают в пределах 30–60 мм. При малых диаметрах скважин скорость движения в них нагнетаемого раствора повышается, что уменьшает возможность осаждения твердой фазы из раствора.

Объем бурения скважин определяют по формуле

$$V_6 = \frac{L \cdot n \cdot l}{b}, \text{ м}^3$$

где L – длина участка тампонирувания; n – количество скважин в ряду (ярусе), шт.; l – глубина тампонажной скважины, м; b – рас-

стояние между рядами скважин, м.

Таблица 2

Количество тампонажных скважин

Вид выработки	Ед. изм.	Кол-во	Кол-во скважин в ярусе (ряду)	Расстояние между ярусами (рядами), м
Вертикальная: диаметр в свету	м	6,0	8	1,50
		7,0	9	1,75
		8,0	10	2,0
		9,0	12	2,5
Горизонтальная или наклонная: площадь сечения в проходке	м ²	10,0	4–5	2,5–3
		10,0–13,2	5–6	2,5–3
		13,2–16,9	6–7	2,5–3
		16,9–20,3	8–9	2,5–3

2.3. Выбор составов тампонажных растворов и определение расхода материалов

При обычных условиях тампонажа предусматривается применение тампонажных растворов на основе портландцемента и шлакопортландцемента (ГОСТ 10178-76) марки 400–500. При наличии агрессивных подземных вод необходимый сорт цемента обосновывается с учетом требований СНиП II-28-73 «Защита строительных конструкций от коррозии».

Для затворения растворов используют воду, пригодную для приготовления бетонов, имеющую водородный показатель pH более 4 и содержащую сульфаты в пересчете на ионы SO_4^{2-} менее 2700 мг/л.

Для улучшения свойств тампонажных растворов (повышения седиментационной устойчивости, сокращения сроков схватывания, увеличения выхода тампонажного камня, уменьшения водопроницаемости) наиболее часто применяют хлористый кальций ($CaCl_2$) или жидкое стекло $(Na_2SiO_3) \cdot n(H_2O)$. Рекомендуемые

величины добавок хлористого кальция и жидкого стекла приведены табл. 3.

Таблица 3

Расход материалов на 1 м³ готового раствора

Состав раствора, Ц:В	Расход материалов					
	цемент, т	вода, м ³	жидкое стекло		хлористый кальций	
			%	т	%	т
1:4	0,232	0,92	3	0,007	3	0,007
1:3	0,301	0,9	3	0,009	3	0,009
1:2	0,428	0,86	3	0,013	3	0,013
1:1	0,750	0,750	3	0,026	3	0,026
1:0,5	1,200	0,60	3	0,30	3	0,036

Для исключения колюматации трещин вблизи скважин концентрацию растворов применяют в соответствии с удельным водопоглощением горных пород. При цементации наиболее часто применяют растворы концентраций 1:4; 1:3; 1:2; 1:1; 1:0,5.

Расход тампонажных материалов определяют, полагая, что тампонируемые горные породы представляют собой полый цилиндр, высота которого равна общей мощности цементируемых горных пород, а внутренняя полость равна площади сечения выработки в проходке. Кроме того, учитывают возможность утечки раствора за пределы цилиндра тампонируемых пород.

Объем трещин и пустот, подлежащих цементации, определяют по формуле

$$W_{\Pi} = \frac{\pi(D_{\text{вн}}^2 - d_{\text{вн}}^2)H \cdot m_t}{4}, \quad (2.1)$$

где $D_{\text{вн}}$ – внешний диаметр цилиндра из зацементированных водоносных горных пород, м; $d_{\text{вн}}$ – приведенный диаметр выработки в проходке, м; H – мощность цементируемых горных пород, м; m_t – скважность (трещинная пустотность, коэффициент трещиноватости) пород.

Для упрощения определения расхода раствора принимают, что заполнение трещин растворами различных концентраций с каждой из принятых для цементации добавок производится в равных долях. Тогда объем трещин и пустот, заполняемый рас-

твором одной концентрации с одной из добавок, составит

$$W = \frac{W_{\Pi}}{n}, \quad (2.2)$$

где n – количество принятых для цементации составов растворов.

Объем раствора одной концентрации определяют из выражения

$$Q = \frac{W \cdot K_{\Pi}}{\alpha}, \quad (2.3)$$

где K_{Π} – коэффициент, учитывающий утечки раствора за пределы цилиндра тампонируемых пород; α – выход тампонажного камня из растворов различных концентраций с учетом отфильтровывания жидкой фазы под действием перепада давления нагнетания. Выход камня ориентировочно может быть принят по данным табл. 4.

Таблица 4

Выход тампонажного камня из растворов
с учетом давления нагнетания

Состав раствора, Ц : В	Выход камня
1 : 4	0,09
1 : 3	0,12
1 : 2	0,18
1 : 1	0,42
1 : 0,5	0,68

Ожидаемый расход тампонажных материалов определяют как произведение объема раствора данной концентрации на объем материалов, необходимых для приготовления 1 м³ раствора этой концентрации. Общий расход раствора и материалов получают суммированием расходов по отдельным концентрациям.

2.4. Определение давления нагнетания тампонажных растворов и продолжительности нагнетания

Давление нагнетания тампонажных растворов является одним из основных параметров тампонажа породных массивов. Начальное давление нагнетания на устье скважины определяют

по формуле

$$P_0 = \Delta P_0 \pm \gamma_p h_{\text{ст}} - (\gamma_p - \gamma_v) h_n, \quad (2.5)$$

где ΔP_0 – начальный перепад давления по длине потока растворов в трещине, необходимый для преодоления гидравлических сопротивлений трещин вблизи скважин и принимаемый равным 10–30 м вод. ст.; γ_p, γ_v – удельный вес раствора и воды соответственно, т/м³; $h_{\text{ст}}, h$ – расстояния от устья скважины и от верхней отметки цементируемых пород до статистического уровня подземных вод, м.

При получении значения $P_0 < 5$ м вод. ст. с целью обеспечения непрерывности потока раствора в скважине следует принимать $P_0 = 5$ м вод. ст. В формуле знак «+» берется при залегании статического уровня подземных вод выше устья скважины и знак «–» – ниже устья скважины.

Конечное давление нагнетания на устье первой скважины, необходимое для обеспечения заданного радиуса цементации, определяется по формуле

$$P_k = \Delta P_k \pm \gamma_p h_{\text{ст}} - (\gamma_p - \gamma_v) h_n, \quad (2.6)$$

где ΔP_k – конечный перепад давления по длине потока растворов в трещинах, необходимый для обеспечения требуемого радиуса цементации, м вод. ст.

Для нестабильных растворов ΔP_k определяется из выражения

$$\Delta P_k = \frac{\mu_p v_{\text{кр}} \cdot m_t \cdot R}{K_0}, \quad (2.7)$$

где μ_p – коэффициент динамической вязкости нестабильного тампонажного раствора, Па·с:

$$\mu_p = \frac{\gamma_p}{\gamma_v} \cdot \mu_v,$$

где μ_v – коэффициент динамической вязкости воды, Н·с/м², принимается по данным табл. 5; $v_{\text{кр}}$ – минимальная безосадочная скорость движения нестабильных тампонажных растворов, м/с; $v_{\text{кр}} = 0,7$ м/с; R – радиус цементации, м; K_0 – коэффициент тре-

щинной проницаемости цементируемого породного массива, м^2 (10^{12} Дарси). Принимается по данным гидрогеологического заключения или по формуле

$$K_0 = \frac{K_{\phi} \cdot \mu_{\text{в}}}{\gamma_{\text{в}}}, \quad (2.8)$$

где K_{ϕ} – коэффициент фильтрации горных пород.

Таблица 5

Значения коэффициента динамической вязкости воды

Температура подземной воды, град	4	6	8	10	12	14	16	18
Коэффициент динамической вязкости, 10^{-3}	1,57	1,47	1,39	1,31	1,24	1,17	1,12	1,06

С достаточной для практических условий точностью значения давления нагнетания принимают по номограммам и графикам.

Продолжительность нагнетания тампонажных растворов определяется из выражения

$$T = \frac{Q_0}{N K_{\text{н}}} + t \sum_{i=1}^n u_i, \quad (2.9)$$

где Q_0 – общий объем тампонажных растворов, м^3 ; N – комплексная норма нагнетания растворов для одного насоса, $\text{м}^3/\text{ч}$; $K_{\text{н}}$ – количество насосов, одновременно нагнетающих растворы; t – время опрессовки скважины на каждой заходке; u_i – количество заходов на i -й скважине; n – количество тампонажных скважин.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАБОТ

3.1. Выбор комплекта оборудования для производства тампонажных работ

Для производства, предварительного и последующего упрочнения горных пород следует применять серийно изготавливаемое промышленностью буровое, насосное и растворосмеси-

тельное оборудование, а также запорную арматуру, шланги и контрольно-измерительные приборы.

Наборы оборудования кроме соответствия требованиям процесса тампонажа, должны обеспечивать наименьшее загромождение выработки, удобство транспортирования, монтажа, демонтажа и безопасное техническое обслуживание машин и механизмов.

Оборудование в зависимости от условий производства работ может монтироваться как передвижное на базе шахтных вагонеток с расположением всего комплекта оборудования на рельсовых путях или в виде отдельных переставных блоков оборудования, располагаемых при производстве работ вне транспортных путей.

Передвижные комплекты оборудования целесообразно применять при предварительном упрочнении горных пород из забоя выработки, из соседних выработок и для последующего упрочнения горных пород, когда расположенное на рельсовых путях передвижное оборудование не создает существенных затруднений для ведения других горных работ.

В качестве передвижного для предварительного и последующего упрочнения может быть использован комплекс оборудования КЦГ-1.

При последующем тампонаже горных пород могут применяться буровые машины или ручные перфораторы ПР-24л, ПР-29 и др. при небольшой глубине скважин.

Для тампонирувания закрепных пустот растворами следует использовать диафрагмовые растворонасосы приведенные в табл. 6.

Для приготовления растворов в подземных выработках следует применять турбулентные, лопастные или турбинные смесители с большим числом оборотов рабочего органа, которые имеют высокую производительность при сравнительно небольших габаритных размерах.

Технические характеристики серийно выпускаемых промышленностью турбулентных смесителей конструкции, Кузнишахтостроя приведены в табл. 7.

Таблица 6

Техническая характеристика диафрагмовых растворонасосов

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

Таблица 7

Техническая характеристика турбулентных растворосмесителей

Параметры	Тип смесителя			
	СБ-43Б	СБ-81	СМ-108	СМ-120
Емкость по загрузке, л	80	1000	1000	1200
Объем готового замеса, л	65	800	500	1000
Частота вращения, об/мин:				
– ротора	550	408	320	320
– разгрузочных лопастей	–	31	24,5	–
Продолжительность перемешивания, с	10–30	10–30	10–30	10–30
Мощность электродвигателя, кВт	3	40	55	55
Габаритные размеры, мм				
– длина	1470	2535	2840	1900
– ширина	585	1610	1610	1730
– высота	895	1860	2130	1770
Масса, кг	160	1900	2400	2500

Для транспортирования растворов от насоса к месту нагнетания (напорная линия) следует использовать стальные бесшовные горячедеформированные трубы по ГОСТ 8732-78.

В качестве гибких элементов трубопроводов могут быть использованы:

- рукава резиновые напорные с нитяными оплетками по ГОСТ 10362-63;

- рукава буровые оплеточные по МВ ТУ 38-10557-73;

- рукава резинотканевые напорные по ГОСТ 8318-57.

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

3.2. Бурение тампонажных скважин

В вертикальных незаармированных стволах тампонажные скважины бурят согласно принятой схеме их расположения и принятой величине заходки при движении рабочего полка сверху вниз. В заармированных стволах бурение скважин осуществляют с одной плоскости или можно выполнять работы по бурению и нагнетанию параллельно.

В горизонтальных и наклонных выработках бурение скважин осуществляют поочередно по одной скважине в каждый борт для предотвращения преждевременного вывода из строя вновь пробуренных скважин.

3.3. Приготовление и нагнетание тампонажных растворов

Тампонажные растворы готовят на месте производства работ в смесителях. Концентрацию раствора принимают на основании определения удельного водопоглощения (табл. 8).

3.4. Контроль качества тампонажа горных пород

В результате упрочнения вокруг выработки должна быть образована зона упрочненных горных пород, обладающая необходимой грузонесущей способностью и позволяющая применять облегченные типы крепей.

Таблица 8

Значения коэффициента K , учитывающего
увеличение гидравлических сопротивлений

Удельное водопоглощение пород, л/мин·м вод. ст.	Параметры цементационного раствора		K
	начальная концентрация (Ц:В)	объемный вес, т/м ³	
0,01–0,5	1 : 4	1,156	1,30
0,5–1,0	1 : 3	1,204	1,35
1,0–2,0	1 : 2	1,290	1,40
2,0–4,0	1 : 1	1,500	1,50
> 4,0	1:0,8 ÷ 1,05	1,6 ÷ 1,82	1,60

Учитывая скрытый характер работ, к контролю качества последующего упрочнения предъявляются повышенные требования. В результате контроля должны быть получены сведения, позволяющие количественно оценить физико-механические свойства упрочненных горных пород, определить несущую способность упрочненного массива и с учетом назначения, срока службы и условий эксплуатации выработки уточнить тип постоянной крепи.

Контроль качества последующего упрочнения осуществляют через 28 суток после нагнетания раствора путем бурения контрольных скважин с отбором керна, натурных и лабораторных исследований физико-механических свойств упрочнения горных пород.

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

Количество контрольных скважин принимают равным 3–5 % от общего числа цементационных скважин, но не менее трех на участках упрочнения ограниченной длины.

3.5. Определение экономической эффективности

Экономический эффект последующего тампонажа определяется по формуле

$$\Xi = (C_{\delta} - C_p)V,$$

где C_{δ} – сметная стоимость единицы объема выполняемых работ по базовой технологии, руб.; C_p – сметная стоимость единицы выполняемых по разработанной технологии, руб.; V – объем выполняемых работ.

При определении экономической эффективности необходимо учитывать следующие факторы:

- снижение затрат тампонажных материалов за счет совершенствования технологии тампонажных работ;
- снижение стоимости тампонажных работ за счет применения заменителей цемента (например, фосфогипс или зола уноса);
- снижение затрат на поддержание горной выработки.

Экономическая эффективность может быть достигнута как при применении одного из перечисленных факторов, так и при комбинировании их при производстве тампонажных работ.

3.6. Правила эксплуатации оборудования.

Техника безопасности

При производстве тампонажных работ следует руководствоваться требованиями «Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах», «Правил безопасности проходке стволов шахт специальными способами», а также требованиями настоящего раздела.

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

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

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.

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

Все работы, связанные с тампонажем горных пород должны производиться только под руководством лиц, имеющих законченное горнотехническое образование или удостоверение на право ответственного ведения этих работ.

До начала приготовления и нагнетания тампонажных растворов следует убедиться в исправности оборудования. Особое внимание следует обратить на состояние 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 раздатчике манометра, произвести смазку насоса и затянуть сальники.

Следует также проверить растворосмеситель, шланги и трубы, тампонажные 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 должна быть исправными.

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

После проверки исправности и комплектности тампонажного 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.

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

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

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 имевшихся неполадках, которые могут создать производственную опасность при последующих работах.

Разборка и ремонт тампонажной системы под давлением запрещаются.

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

Запрещается пользоваться шлангами, имеющими вздутие и неисправными манометрами.

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

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

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

Список литературы

- 1 Трупаков, Н. Г. Цементация трещиноватых пород в горном деле. – М. : Металлургиздат, 1956. – 420 с.
- 2 Хямяляйнен, В. А. Формирование тампонажных завес вокруг капитальных горных выработок / В. А. Хямяляйнен, Ю. В. Бурков, П. С. Сыркин. – М. : Недра, 1994. – 400 с.
- 3 Бурков, Ю. В. Комбинированные инъекционные крепи / Ю. В. Бурков, В. А. Хямяляйнен, Г. С. Франкевич; РАЕН – КузГТУ. – Кемерово, 1999. – 298 с.
- 4 Правила безопасности в угольных шахтах. ПБ 05-618-03.0. – М. : Госгортехнадзор России, 2003. – 294 с.
- 5 Тампонаж обрушенных пород / В. А. Хямяляйнен, Л. П. Понасенко, Ю. В. Бурков и др.; РАЕН, КузГТУ. – Кемерово, 2000. – 119 с.

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра теоретической и геотехнической механики

Пояснительная записка

к курсовому проекту по дисциплине
«Тампонаж горных пород»

ПОСЛЕДУЮЩИЙ ТАМПОНАЖ ГОРНЫХ ПОРОД

Выполнил студент группы

(ФИО)

Проверил руководитель

(ФИО)

« ____ » _____ 20__ г.

Кемерово 20__

ЗАДАНИЕ

Составить проект последующего тампонажа породного массива при сооружении капитальной горной выработки в следующих условиях:

1. Наименование выработки _____
2. Характеристика выработки _____
3. Тип крепи _____
5. Геологические условия _____
6. Особые условия _____

Задание выдано	« ____ » _____	20	г.
Срок сдачи проекта	« ____ » _____	20	г.

Студент _____

Руководитель проекта _____

Засчитывается в качестве курсового проекта по дисциплине
«Тампонаж горных пород»
с оценкой _____

Приложение В

Вариант	Наименование выработки	Тип крепи	Характеристика выработки	Геологические условия	Трещиноватость пород m_t	Протяженность участка, м	Примечание
1	верт. ствол	бетон	$d_{св} = 6 \text{ м}$	обводнен	0,05	60	
2	верт. ствол	бетон	$d_{св} = 8 \text{ м}$	обводнен	0,04	100	заармирован
3	верт. ствол	бетон	$d_{св} = 9 \text{ м}$	обводнен	0,03	80	
4	квершлаг	тубинги	$S_{пр} = 16,9 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,04	50	
5	квершлаг	монол. бетон	$S_{пр} = 20,5 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,03	80	
6	квершлаг	СВП	$S_{пр} = 16,9 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,05	100	
7	пол. штрек	СВП	$S_{пр} = 13,2 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,03	40	
8	пол. штрек	СВП	$S_{пр} = 16,9 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,04	120	
9	пол. штрек	СВП	$S_{пр} = 20,5 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,05	180	
10	выр. ОД	бетон	$S_{пр} = 20,5 \text{ м}^2$	зона наруш.	0,03	60	
11	дренажный штрек	СВП	$S_{пр} = 13,2 \text{ м}^2$	обводнен	0,04	300	создание тампно-дренажной завесы