Министерство угольной промышленности СССР
ВО "Союзшахтострой"
Научно-исследовательский институт строительства
угольных и горнорудных предприятий
(Кузнишахтострой)

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

## УПРОЧНЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ЦЕМЕНТАЦИЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Кемерово – 1980

gost.e-ecolog.ru



Министерство угольной промышленности СССР
ВО "Союзшахтострой"
Научно-исследовательский институт строительства
угольных и горнорудных предприятий
(Кузнишахтострой)

Согласовано
И.о. начальника
ВО "Союзшахтострой"
Н.И. Алехиным
9 октября 1979 г.

Согласовано
Главным инженером
ВО "Союзшахтопроект"
Н.А. Крыловым
10 октября 1979 г.

Утверждено
Первым заместителем
Министра
В.В. Белым
10 октября 1979 г.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ
## УПРОЧНЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ЦЕМЕНТАЦИЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Кемерово – 1980

# А Н Н О Т А Ц И Я

В "Технологических схемах упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений" приведены сведения об области эффективного применения и способах упрочнения горных пород цементацией с целью улучшения условий и снижения стоимости проведения и поддержания капитальных горных выработок в сложных горно-геологических условиях. Даны рекомендации по определению основных геомеханических и технологических параметров упрочнения горных пород цементацией.

Изложены требования к производству работ, выбору упрочняющих растворов, цементационного оборудования и основные положения техники безопасности при производстве упрочнения горных пород.

Даны примеры расчета основных параметров предварительного и последующего упрочнения горных пород.

"Технологические схемы..." предназначены для применения при проектировании и производстве работ по упрочнению горных пород цементацией в капитальных горизонтальных горных выработках.

© Кузниишахтострой, 1980

# О Г Л А В Л Е Н И Е


ВВЕДЕНИЕ . . . . . 5

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . . 6

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ . 6

3. ПРОИЗВОДСТВО УПРОЧНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД . . . . . I7

3.I. Предварительное упрочнение . . . . . I7

Тампонажные перемычки и предохранительные целики . . . . . I7

Оборудование скважин . . . . . I8

Бурение скважин. . . . . I0

Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению . . . . . I9

Нагнетание цементационных растворов . . . . 2I

Контроль качества предварительного упрочнения . . . . . 23

3.2. Последующее упрочнение . . . . . 23

Выделение цементационных заходок, расположение скважин . . . . . 24

Оборудование скважин . . . . . 26

Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению . . . . . 26

Нагнетание цементационных растворов . . . . 26

Контроль качества последующего упрочнения. . 27

4. МАТЕРИАЛЫ И РАСТВОРЫ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ . . . . . 28

4.I. Вяжущие и вода . . . . . 28

4.2. Добавки к растворам . . . . . 28

4.3. Состав упрочняющих растворов. . . . . 28

4.4. Контроль свойств упрочняющих растворов . . . . 3I

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УПРОЧНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД . . . . . 3I

5.I. Общие требования к оборудованию . . . . . 3I

5.2. Оборудование для бурения скважин . . . . . 32

5.3. Насосы для нагнетания растворов . . . . . 34

5.4. Оборудование для приготовления цементационных растворов 35

5.5. Трубопроводы и запорная арматура . . . . . 36

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ . . . . . 36

7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ 56

8. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ. . . . . 57

ЛИТЕРАТУРА . . . . . 58

ПРИЛОЖЕНИЯ . . . . . 59

# В В Е Д Е Н И Е

Предусматриваемый планом развития народного хозяйства СССР рост добычи угля требует больших объемов проведения горных выработок при строительстве, реконструкции и эксплуатации угольных шахт. В связи с увеличением глубины разработки и вовлечением в эксплуатацию большого числа месторождений со сложными горно-геологическими условиями на проведение и обеспечение устойчивости горных выработок требуются все большие затраты материальных и трудовых ресурсов. Опыт проведения и крепления горных выработок на больших глубинах в Донбассе и в сложных горно-геологических условиях Кузнецкого и Карагандинского угольных бассейнов показывает, что применяемые в настоящее время даже мощные с высокой грузонесущей способностью металлобетонные крепи не обеспечивают устойчивости горных выработок и их приходится перекреплять еще до сдачи в эксплуатацию. Поэтому задача обеспечения безремонтного поддержания горных выработок приобретает особую актуальность.

Одним из эффективных способов улучшения условий и снижения стоимости проведения и поддержания горных выработок, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях, является предварительное и последующее упрочнение горных пород цементацией. Имеющийся отечественный и зарубежный опыт показывает, что упрочненные вокруг выработки горные породы обладают высокой грузонесущей способностью и обеспечивают устойчивость и безремонтное поддержание горных выработок, пройденных в сложных горно-геологических условиях.

"Технологические схемы упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений" разработаны в соответствии с головной темой № I504 "Разработать и внедрить новые прогрессивные решения в области крепления капитальных горных выработок, обеспечивающие комплексную механизацию горнопроходческих работ" отраслевого плана Минуглепрома СССР на 1976-80 гг. (руководители темы: кандидаты технических наук Стрельцов Е.В., Косков И.Г.).

Технологические схемы разработаны на основе анализа и обобщения научно-исследовательских и опытно-промышленных работ, выполненных Кузнишахтостроем, ВНИИОМШСом и МакИСИ, а также отечественного и зарубежного опыта производства работ по упрочнению горных пород в шахтном, гидротехническом и транспортном строительстве.

Технологические схемы предназначены для применения при проектировании и производстве работ по упрочнению горных пород цементацией в капитальных горизонтальных горных выработках.

В разработке "Технологических схем..." принимали участие: кандидаты технических наук Дуда Е.Г., Бурков Ю.В., Хямяляйнен В.А. (ответственные исполнители), Комаров Г.И., инженеры Перепелкина Л.В., Федоров Н.В., Анишкин В.М., Добржинская Н.И., Понасенко Л.П., техник Коцубинская Г.И.

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Технологические схемы применяются при проектировании и производстве работ по предварительному и последующему упрочнению горных пород цементацией вокруг горизонтальных горных выработок, сооружаемых на глубине до 1500 м на участках геологических нарушений и в зонах их влияния в неустойчивых и весьма неустойчивых горных породах при смещениях контура выработки $U \geq 200$ мм (категории устойчивости горных пород приняты согласно п. 4.5. "Указаний по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР". Л., 1977, ВНИМИ).

I.2. Предварительное упрочнение горных пород следует применять при проведении капитальных горных выработок и их сопряжений в зонах геологических нарушений, когда проходку выработки вынуждены осуществлять с применением опережающей забивной и возведением усиленных грузонесущих временной и постоянной крепей.

I.3. Последующее упрочнение горных пород следует применять:

при проведении горных выработок в неустойчивых и весьма неустойчивых горных породах (при $U \geq 200$ мм);

при перекреплении горных выработок, пройденных в сложных горно-геологических условиях, для предупреждения выпусков горных пород и обеспечения безремонтного поддержания выработок при дальнейшей эксплуатации.

I.4. Для крепления выработок на участках упрочненных горных пород следует применять монолитные бетонные, блочные, панельные, тюбинговые и металлические крепи, рекомендуемые ВНИМИ (п. 4.24 "Указаний...", упомянутых в п. I.I настоящего раздела) для крепления выработок, сооружаемых в породах средней устойчивости (при $50 < U < 200$ мм).

I.5. Рекомендуемые в технологических схемах цементно-водные упрочняющие растворы применимы в условиях, характеризующихся следующими показателями:

раскрытие трещин в горных породах более 0,I5-0,20 мм, трещины и пустоты свободны от заполнения или заполнены вторичными материалами, но поддаются эффективной промывке;

гравелистые горные породы свободны от песчано-глинистых примесей, крупность зерен гравия более 2 мм.

I.6. При проектировании и сооружении горных выработок в условиях, отличающихся от приведенных в пп. I.I-I.5, целесообразность применения и параметры упрочнения горных пород цементацией должны определяться на основании требований действующих руководящих технических материалов и рекомендаций специализированных организаций (ВНИМИ, ВНИИОМШС, Кузнишахтострой, МакИСИ).

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

2.I. Отставание последующего упрочнения горных пород от проведения выработки во времени должно быть таким, чтобы осадка или деформации крепи не превышали допустимых величин. Это же требование должно выполняться и при назначении времени производства упрочнения горных пород вокруг эксплуатируемых выработок.

2.2. В геологических нарушениях толщину зоны упрочнения горного массива вокруг выработки $C$ в зависимости от ширины выработки в проходке $\ell$ и типа упрочняемых пород определяют по графикам рис. 2.I.

Вне зон и в зонах влияния геологических нарушений при незначительной нарушенности горных пород толщину зоны упрочнения следует определять в зависимости от ширины выработки в проходке $\ell$, глубины заложения выработки $H$, объемного веса $\gamma$ и прочности пород на сжатие $\sigma_{сж}$ по графикам (рис. 2.2) согласно "Указаниям по упрочнению пород с целью повышения устойчивости горных выработок". Макеевка, 1976, (МакИСИ).

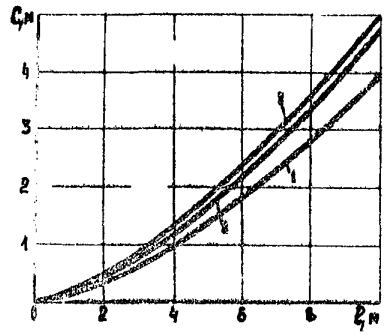



Рис. 2.I. Графики зависимости толщины зоны упрочнения $C$ от ширины выработки в проходке $\ell$:
1 – песчаник; 2 – аловролит, аргиллит; 3 – уголь

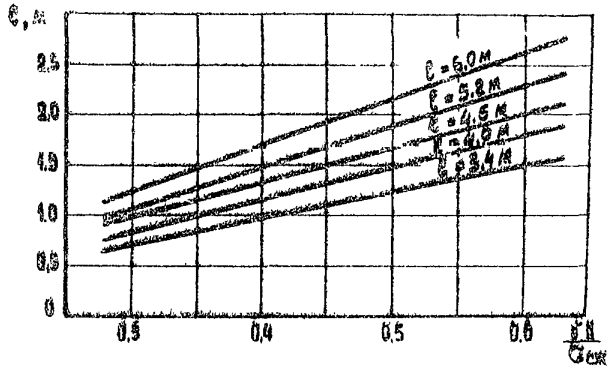



Рис. 2.2. Графики зависимости толщины зоны упрочнения $C$ от ширины выработки в проходке $\ell$ и параметра $\frac{P_H}{\sigma_{сж}}$

2.3. Количество цементационных скважин при предварительном и последующем упрочнении (в один ряду) принимают по данным табл. 2.I. Расстояние между рядами скважин при последующем упрочнении принимают в пределах 2–2,5 м. При этом скважины располагают так, чтобы их забои на внешней поверхности зоны упрочнения располагались в шахматном порядке на одинаковом расстоянии друг от друга.

В горных выработках с площадью поперечного сечения больше 20,5 м$^2$ число скважин при последующем упрочнении следует принимать из расчета одна скважина на 4–6 м$^2$ внутренней поверхности крепи выработки.

Таблица 2.I.

Количество цементационных скважин

| Площадь поперечного сечения выработки в проходке, м$^2$ | Количество цементационных скважин | |
|---|---|---|
| | предварительное упрочнение | последующее упрочнение (в одном ряду) |
| до I0,0 | 4 | 4–5 |
| I0,0 – I3,2 | 5 | 5–6 |
| I3,2 – I6,9 | 6 | 6–7 |
| I6,9 – 20,3 | 7 | 8–9 |

При предварительном упрочнении требуемый радиус цементации принимают исходя из расстояния между забоями скважин и толщины зоны упрочнения горных пород, а при последующем упрочнении принимают равным 2,5–3,0 м.

2.4. Диаметры цементационных скважин назначают в зависимости от глубины бурения и технической характеристики применяемого бурового оборудования и принимают, как правило, в пределах 40–I00 мм для предварительного и 30–60 мм для последующего упрочнения. Для увеличения скорости и снижения стоимости бурения следует назначать малые диаметры скважин. Кроме этого при малых диаметрах цементационных скважин скорость движения в них нагнетаемого раствора повышается, что уменьшает осаждение твердой фазы из раствора.

2.5. Начальное давление нагнетания $P_0$, для обеспечения нормальных условий цементации трещин по длине скважины, принимают равным 1-3 кгс/см$^2$. При последующем упрочнении начальное давление нагнетания не должно превышать конечного давления при тампонаже закрепных пустот.

2.6. Конечное давление нагнетания в зависимости от коэффициентов 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. 2.3 (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 цементации через предыдущие скважины. Учитывая трудоемкость определения фильтрационных характеристик, конечное давление нагнетания определяют по номограмме только для одной скважины $P_1$, а для всех последующих в зависимости от изменения удельного водопоглощения горного массива - по графикам, представленным на рис. 2.4.

При принятой организации работ по нагнетанию цементационного раствора с использованием принципа постепенного сближения цементируемых скважин (см. пп. 3.1.35 и 3.2.18) 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 (см. рис. 2.4).

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

2.7. Коэффициент трещиноватости $m_т$ определяют по линейному или объемному выходу керна при контрольном бурении скважин, а коэффициент трещинной проницаемости $K_0$ - по формуле

$$K_0 = 0{,}043 \cdot 10^{12} m_т^{2.1} \delta^2,$$

где $\delta$ - раскрытие трещин, принимаемое согласно п. 2.6 равным 0,001 м.

Удельные водопоглощения на первой скважине $q_1$ и последующих $q$ определяют в процессе производства работ путем гидравлического опробования упрочняемого горного массива и рассчитывают по формуле

$$q_1 = \frac{Q_в}{L P_в},$$

где $L$ - длина опробуемого участка скважины, м;
$Q_в$ - расход воды при установившемся течении, л/мин;
$P_в$ - давление нагнетания воды, м вод.ст.

2.8. Длину цементационных скважин при последующем упрочнении принимают равной толщине зоны упрочнения (п. 2.2).

Выбор длины цементационных заходок (активной части скважин) при предварительном упрочнении следует производить с учетом следующих положений:

- буровое оборудование должно обеспечивать эффективное бурение скважин принятой длины;

- с увеличением длины цементационных заходок сокращаются непроизводительные затраты времени, связанные с сооружением предохранительных бетонных перемычек (оставлением в качестве предохранительных целиков упрочненных горных пород) и подготовительно-вспомогательными работами, значительно улучшается организация и снижается стоимость работ;

- длина цементационной заходки, при прочих равных условиях, оказывает непосредственное влияние на качество упрочнения массива, поэтому во всех случаях окончательно длину заходки следует принимать с учетом относительного водопоглощения массива $q_0$, начального давления нагнетания $P_0$ и производительности средств нагнетания (расхода раствора в скважину) $Q_{ск}$ по номограмме (рис. 2.5), принимая $Ц_0$:$В_0$ согласно п. 2.10.

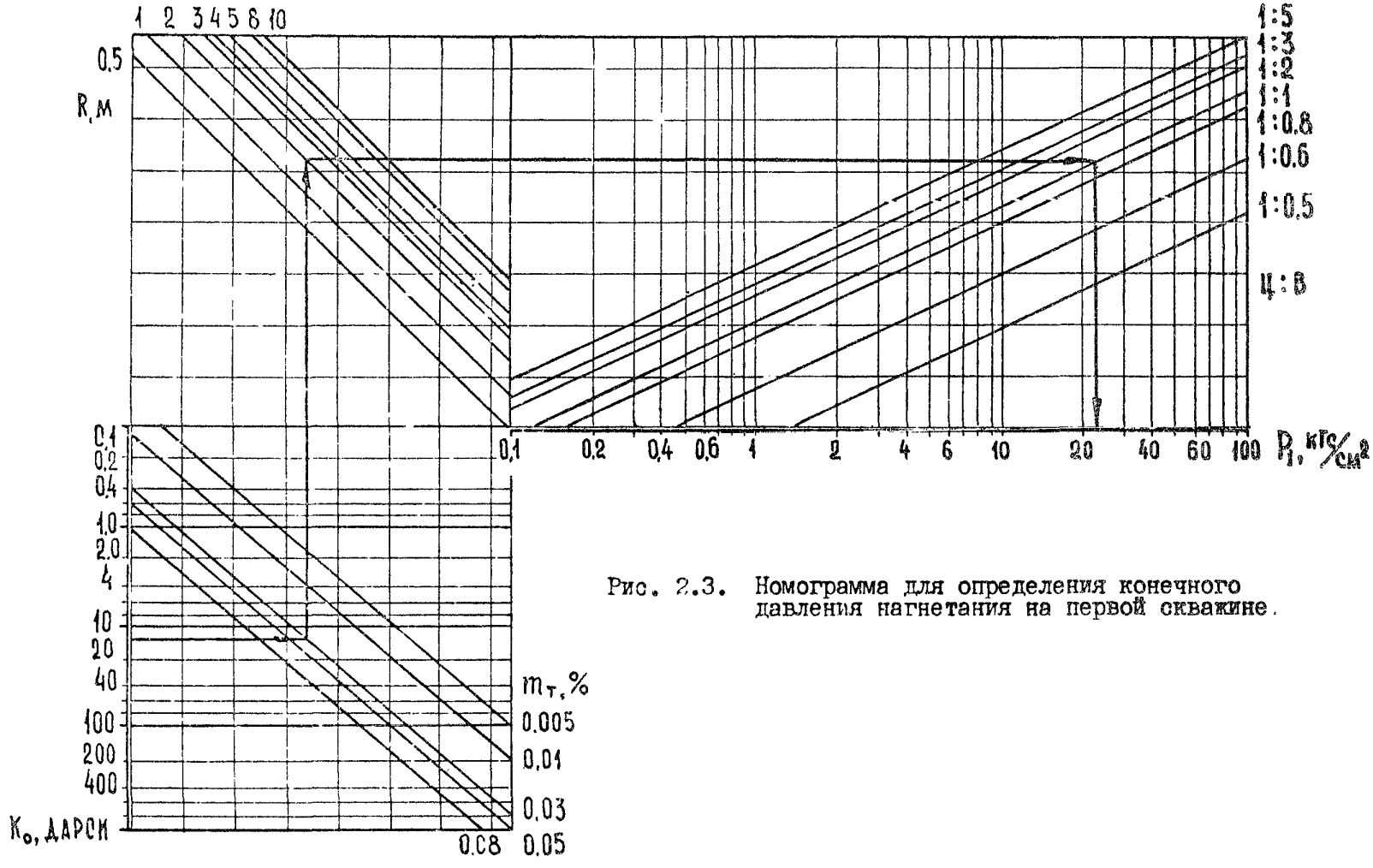



Рис. 2.3. Номограмма для определения конечного давления нагнетания на первой скважине.

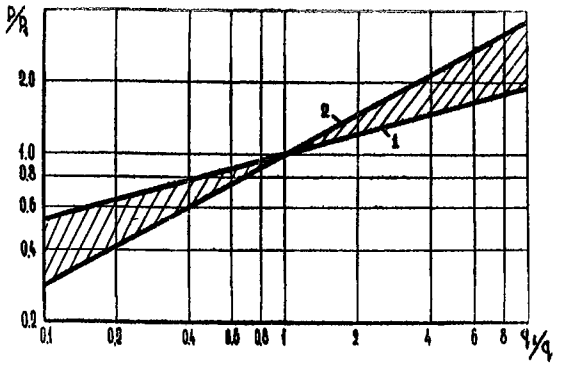



Рис. 2.4. Графики зависимости изменения конечного давления нагнетания $P$ от изменения удельного водопоглощения $q$ на последующих скважинах:
I - Ц:В $\leqslant$ I:I; 2 - Ц:В $\geqslant$ I:0,5

Относительное удельное водопоглощение определяют путем гидравлического опробования упрочняемого массива и рассчитывают по формуле

$$q_o = \frac{V}{L P_s t},$$

где $V$ - объем воды, закачанной в массив, л;
$t$ - время нагнетания ( $t$ = 10-20 мин), мин.

В целом определение допустимой длины цементационной заходки (длины активной части скважины) следует выполнять в такой последовательности: вначале определяют целесообразную длину заходки с учетом геологических, экономических и организационно-технических факторов, а затем для полученной длины цементационной заходки, с учетом поглощающей способности горных пород (скважин), подбирают цементационные насосы (насос) с производительностью, обеспечивающей нормальные условия цементации трещин и пустот в пределах всей длины цементационной заходки. Если производительность имеющихся насосов ограничена, тогда окончательную длину заходки принимают по фактической производительности этих насосов с учетом поглощающей способности горных пород.

2.9. Направление цементационным скважинам для последующего упрочнения горных пород задают такое, чтобы их забои на внешней поверхности зоны упрочнения располагались в шахматном порядке на одинаковом расстоянии друг от друга (п. 2.3).

При предварительном упрочнении скважины бурят наклонно к продольной оси выработки. При этом забои скважин в конце последней заходки должны располагаться по средней линии зоны упрочняемых горных пород за контуром выработки.

2.10. Концентрацию цементационных растворов назначают в зависимости от гидродинамических характеристик упрочняемого горного массива и, как правило, увеличивают в процессе нагнетания. Начальную концентрацию раствора назначают в зависимости от удельного водопоглощения горных пород до цементации согласно данным табл. 2.2.

Таблица 2.2

Начальная концентрация цементационного раствора

| Удельное водопоглощение пород до цементации, л/мин·м·м вод.ст. | Начальная концентрация цементационного раствора, $Ц_o:В_o$ |
|---|---|
| 0,01 - 0,1 | I:10 |
| 0,1 - 0,5 | I:5 |
| 0,5 - 1,0 | I:3 |
| 1,0 - 2,0 | I:2 |
| 2,0 - 4,0 | I:1 |
| больше 4,0 | I:0,8 - I:0,5 |

2.11. Степень отфильтровывания жидкой фазы из цементационных растворов $\eta$ в поры и микротрещины горных пород при цементации трещиновато-пористого горного массива определяют как отношение расходов отфильтровавшейся и закачанной в скважину жидкой фазы в зависимости от требуемого радиуса цементации от скважин $R$ и поровой проницаемости горных пород $K_r$ по графикам (рис. 2.6).

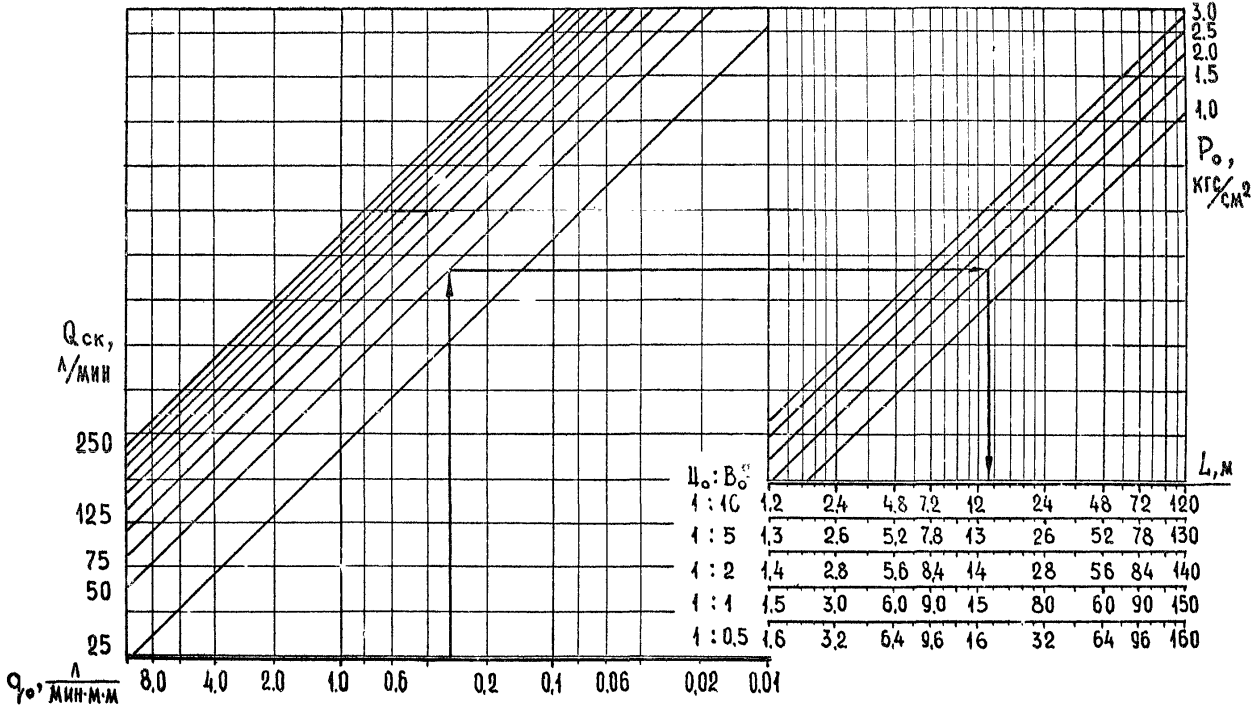



Рис. 2.5. Номограмма для определения длины цементационной заходки

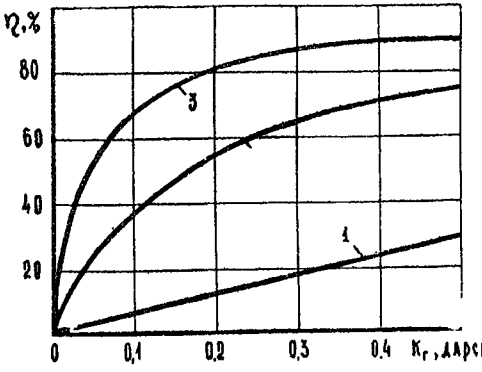



Рис. 2.6. Графики зависимости степени отфильтровывания жидкой фазы цементационных растворов от поровой проницаемости горных пород:
I – $R$ = I м; 2 – $R$ = 2 м; 3 – $R$ = 3 м

2.I2. Критерий $\eta^*$ потери подвижности раствора в трещинах вследствие отфильтровывания жидкой фазы в поры и микротрещины горных пород определяют по формуле

$$\eta^* = 100\left(1 - \frac{4_0/B_0+3}{5,5}\right).$$

2.I3. Рекомендуемые способы уменьшения степени отфильтровывания жидкой фазы при упрочнении трещиновато-пористого горного массива приведены в табл. 2.3.

2.I4. Ожидаемый расход цементно-песчаного раствора $V_р$ для тампонажа закрепного пространства на стадии проектирования определяют в зависимости от объема пустот за крепью $W$ и выхода тампонажного камня $\alpha$ из соотношения $V_р = 100\,W/\alpha$:

– в эксплуатируемых выработках объем закрепных пустот определяют на основании маркшейдерских съемок и данных обследования выработок;

– во вновь проводимых выработках, сооружаемых в зонах геологических нарушений, объем закрепных пустот, по данным практики, принимают равным не менее I5% от проектной площади поперечного сечения выработки в проходке, а расход раствора и материалов на I м длины выработки принимают по табл. 2.4;

– вне зон геологических нарушений для вновь проводимых выработок объем закрепных пустот принимают с учетом требований п. I.I0 СНиП II-II-77.

Таблица 2.3

Способы уменьшения степени отфильтровывания жидкой фазы из цементационных растворов

| $\eta / \eta^*$ | Способ уменьшения отфильтровывания |
|---|---|
| $\frac{\eta}{\eta^*} < 1$ | Не требуется |
| $1 \le \frac{\eta}{\eta^*} \le 1,4$ | Применение растворов с начальной концентрацией, рассчитанной по формуле $Ц \alpha В = Ц_0 : В_0 \frac{100}{100-\eta}$ |
| $\frac{\eta}{\eta^*} > 1,4$ | Введение добавок, уменьшающих водоотдачу, или проведение предварительной химической обработки упрочняемого горного массива |

Необходимое количество цемента, песка и воды для приготовления I м³ цементно-песчаного раствора принимают по табл. 2.5.

Таблица 2.4

Расход материалов и раствора на I м длины выработки
при тампонаже закрепных пустот

| $S_{пр}$, м² | Расход материалов и раствора с Ц:П:В | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I:2:I,5 | | | I:3:2 | | | I:4:2 | | | I:5:2 | | |
| | $F_ц$, т | $F_п$, т | $V_р$, м³ | $F_ц$, т | $F_п$, т | $V_р$, м³ | $F_ц$, т | $F_п$, т | $V_р$, м³ | $F_ц$, т | $F_п$, т | $V_р$ м³ |
| I0,0 | 0,62 | I,23 | I,53 | 0,45 | I,35 | I,50 | 0,40 | I,6I | I,55 | 0,36 | I,8I | I,53 |
| I3,2 | 0,8I | I,62 | 2,02 | 0,59 | I,78 | I,98 | 0,53 | 2,I2 | 2,04 | 0,48 | 2,39 | 2,02 |
| I6,9 | I,04 | 2,08 | 2,59 | 0,76 | 2,28 | 2,54 | 0,68 | 2,7I | 2,6I | 0,6I | 3,07 | 2,59 |
| 20,5 | I,26 | 2,52 | 3,I4 | 0,92 | 2,76 | 3,08 | 0,82 | 3,29 | 3,I7 | 0,74 | 3,72 | 3,I4 |

ПРИМЕЧАНИЕ: $F_ц$, $F_п$, $V_р$ – соответственно расход цемента, песка и раствора;

$S_{пр}$ – площадь сечения выработки в проходке

Таблица 2.5

Количество цемента, песка и воды для приготовления I м³ цементно-песчаного раствора

| Состав тампонажного раствора, Ц:П:В | Расход материалов | | |
|---|---|---|---|
| | цемент, кг | песок, кг | вода, л |
| I:2:I,5 | 402 | 804 | 580 |
| I:3:2 | 299 | 897 | 570 |
| I:4:2 | 260 | I038 | 5I9 |
| I:5:2 | 237 | II84 | 474 |

2.I5. Необходимое количество цемента и воды для приготовления I м³ цементационного раствора принимают по табл.2.6.

Ожидаемый расход цементного раствора и цемента на Iм длины выработки при коэффициенте трещиноватости $m_т$ = 0,0I определяют по табл. 2.7, полагая, что заполнение трещин производится растворами разных концентраций в равных долях. Расход раствора изменяется прямо пропорционально изменению коэффициента трещиноватости.

2.I6. Толщину $B$ предохранительных перемычек и целиков определяют по графикам рис. 2.7 и 2.8 в зависимости от ширины $\ell$ выработки в проходке и конечного давления нагнетания $P$ (изменение величины $B$ прямо пропорционально изменению величины сопротивления срезыванию $\tau_c$ материала предохранительной перемычки).

2.I7. Минимальную толщину стенки кондукторной трубы $C_к$ определяют по графикам рис. 2.9 в зависимости от внутреннего диаметра $d_o$ кондуктора и конечного давления нагнетания $P$.

2.I8. Минимальную глубину $\ell_к$ заделки кондукторной трубы при предварительном упрочнении определяют по графикам рис. 2.I0 в зависимости от внешнего диаметра кондуктора $d_к$ и конечного давления нагнетания $P$.

Таблица 2.6

Количество цемента и воды для приготовления I м³ цементационного раствора

| Состав цементационного раствора, Ц:В | Расход материалов | |
|---|---|---|
| | цемент, кг | вода, л |
| I:0,5 | I220 | 6I0 |
| I:I | 760 | 760 |
| I:2 | 430 | 860 |
| I:3 | 300 | 900 |
| I:5 | I90 | 940 |

При последующем упрочнении длину и способ заделки кондукторных труб определяют конструктивно с учетом типа крепи, состояния горных пород, в которых закрепляется кондуктор, и наибольшего давления нагнетания. Если конструктивно допустимая длина заделки кондуктора не обеспечивает безопасного ведения работ при принятом давлении нагнетания, то необходимо предусматривать дополнительное крепление кондуктора, например с помощью анкеров, или снижать давление нагнетания до безопасной величины. По данным практики, длину заделки кондукторных труб принимают в пределах 0,3–0,8 м. При тампонировании отдельных крупных полостей длина кондукторной трубы должна быть такой, чтобы конец ее не доходил до наиболее высокой точки полости на 0,2–0,3 м.

Длина выступающей в выработку части кондукторной трубы принимается в пределах 0,2–0,3 м и должна обеспечивать удобное крепление и обслуживание цементационной головки.

Таблица 2.7

Расход раствора и цемента на I м длины выработки при упрочнении горных пород цементацией ($m_r$ = 0,01)

| Упрочняемые породы | Сечение выработки в проходке, м² | Ширина выработки в проходке, м | Предварительное упрочнение | | | | | | | Последующее упрочнение | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Расход раствора (м³) с Ц:В | | | | | Общий расход | | Расход раствора (м³) с Ц:В | | | | | Общий расход | |
| | | | I:0,5 | I:I | I:2 | I:3 | I:5 | раствор, м³ | цемент, т | I:0,5 | I:I | I:2 | I:3 | I:5 | раствор, м³ | цемент, т |
| Песчаник | I0,0 | 3,70 | 0,04 | 0,06 | 0,I0 | 0,I3 | 0,I8 | 0,5I | 0,I7 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,23 | 0,II |
| | I3,2 | 4,55 | 0,05 | 0,08 | 0,I3 | 0,I9 | 0,26 | 0,7I | 0,30 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,I3 | 0,36 | 0,I6 |
| | I6,9 | 5,45 | 0,07 | 0,II | 0,I8 | 0,25 | 0,35 | 0,97 | 0,4I | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,I3 | 0,I8 | 0,50 | 0,22 |
| | 20,5 | 6,I5 | 0,I0 | 0,I5 | 0,25 | 0,36 | 0,48 | I,34 | 0,57 | 0,06 | 0,09 | 0,I5 | 0,20 | 0,28 | 0,78 | 0,33 |
| Алевролит, аргиллит | I0,0 | 3,70 | 0,04 | 0,06 | 0,II | 0,I5 | 0,2I | 0,57 | 0,I9 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,08 | 0,II | 0,30 | 0,I2 |
| | I3,2 | 4,55 | 0,06 | 0,09 | 0,I6 | 0,22 | 0,29 | 0,82 | 0,35 | 0,04 | 0,05 | 0,09 | 0,I2 | 0,I7 | 0,47 | 0,20 |
| | I6,9 | 5,45 | 0,08 | 0,I2 | 0,2I | 0,29 | 0,40 | I,I0 | 0,46 | 0,05 | 0,07 | 0,I2 | 0,I7 | 0,23 | 0,64 | 0,27 |
| | 20,5 | 6,I5 | 0,I2 | 0,I7 | 0,30 | 0,42 | 0,57 | I,58 | 0,67 | 0,08 | 0,II | 0,I9 | 0,27 | 0,36 | I,0I | 0,43 |
| Уголь | I0,0 | 3,70 | 0,05 | 0,07 | 0,II | 0,I6 | 0,22 | 0,6I | 0,26 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,I2 | 0,33 | 0,I4 |
| | I3,2 | 4,55 | 0,07 | 0,I0 | 0,I6 | 0,23 | 0,3I | 0,90 | 0,38 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,I3 | 0,I8 | 0,50 | 0,22 |
| | 16,9 | 5,45 | 0,09 | 0,I3 | 0,22 | 0,32 | 0,43 | I,I9 | 0,5I | 0,05 | 0,08 | 0,I3 | 0,I9 | 0,26 | 0,7I | 0,30 |
| | 20,5 | 6,I5 | 0,I3 | 0,I9 | 0,32 | 0,45 | 0,6I | I,70 | 0,73 | 0,08 | 0,I2 | 0,2I | 0,30 | 0,40 | I,II | 0,47 |

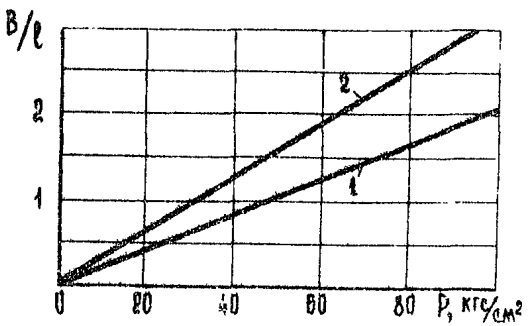



Рис. 2.7. Графики зависимости толщины предохранительной зоны из естественного или искусственно укрепленного целика породы от конечного давления нагнетания:

I - естественный целик с сопротивлением срезыванию $\tau_c$ = 24 кгс/см²; 2 - искусственно укрепленный целик с сопротивлением срезыванию $\tau_c$ = I5 кгс/см²

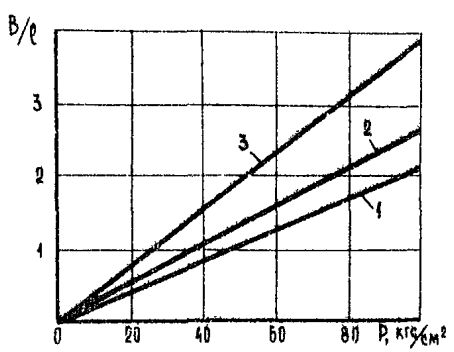



Рис. 2.8. Графики зависимости толщины бетонной перемычки от конечного давления нагнетания при бетоне марки: I-М 400; 2-М 300; 3-М 200

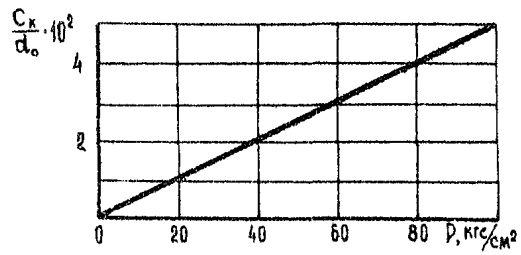



Рис. 2.9. График зависимости толщины стенки кондукторной трубы от конечного давления нагнетания (расчетное сопротивление стали растяжению принято равным 2100 кгс/см²)

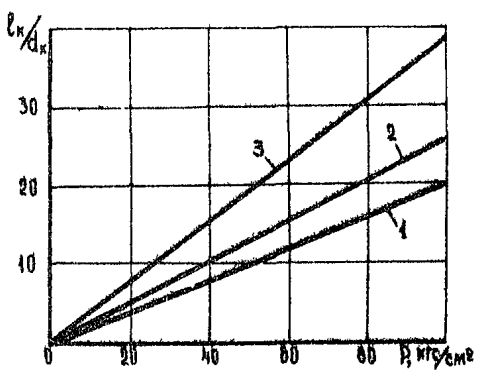



Рис. 2.IO. Графики зависимости глубины заделки кондукторной трубы от конечного давления нагнетания при бетоне марки:
I - М 400; 2 - М 300; 3 - М 200

## 3. ПРОИЗВОДСТВО УПРОЧНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

### 3.I. Предварительное упрочнение

3.I.I. Предварительное упрочнение горных пород, как правило, выполняют из забоя проводимой выработки.

В некоторых условиях предварительное упрочнение может осуществляться из соседних выработок или с поверхности земли. Целесообразность применения предварительного упрочнения из соседней выработки или с поверхности земли должна быть обоснована технико-экономическими расчетами.

3.I.2. Предварительное упрочнение горных пород из подземных выработок включает следующие виды работ:

сооружение бетонной предохранительной перемычки с установкой кондукторов или, если вместо бетонной перемычки используют предохранительный естественный или искусственно упрочненный породный целик, бурение скважин под кондукторы и установку кондукторов;

монтаж на кондукторах запорной арматуры и гидравлическое опробование кондукторов;

бурение цементационных скважин;

промывку цементационных скважин и определение удельного водопоглощения;

приготовление и нагнетание цементационных растворов;

бурение контрольных скважин;

демонтаж запорной арматуры и разборку предохранительной бетонной перемычки.

#### Тампонажные перемычки и предохранительные целики

3.I.3. Предварительное упрочнение горных пород осуществляют под прикрытием бетонных тампонажных перемычек или предохранительных породных целиков.

Бетонные тампонажные перемычки устраивают в тех случаях, когда перед подлежащим упрочнению массивом залегают неустойчивые горные породы, которые не могут служить предохранительным целиком.

Если перед зоной упрочнения залегают достаточно плотные и прочные горные породы, то их следует использовать в качестве предохранительного целика.

При упрочнении горных пород несколькими заходками перед каждой следующей заходкой оставляют участок из упрочненных горных пород предыдущей заходки в качестве предохранительного породного целика.

3.I.4. Тампонажные бетонные перемычки сооружают из быстротвердеющих бетонов марки не ниже 200, приготовленных на портландцементе с добавками хлористого кальция 2-3% от веса цемента или на быстротвердеющем цементе.

3.I.5. При сооружении тампонажных бетонных перемычек бетон следует подавать, как правило, с помощью бетоноукладчиков. Для получения плотного контакта между бетоном перемычки и окружающими горными породами, после набора бетоном перемычки 50% прочности, следует выполнять цементацию контакта. Цементационные растворы нагнетают через кондукторы цементационных скважин при давлении 3-5 кгс/см$^2$. Нагнетание раствора начинают с нижних скважин.

3.I.6. Процесс возведения бетонных тампонажных перемычек является трудоемким и продолжительным. Поэтому, как показывает практика, во многих случаях целесообразно вместо бетонных использовать комбинированные тампонажные перемычки, состоящие из бетонной перемычки толщиной 0,4-0,6 м и целика упрочненных горных пород расчетной толщины.

Комбинированные тампонажные перемычки устраивают следующим образом. Перед упрочняемой зоной разделывают вруб глубиной 0,5 м. Возводят опалубку и устанавливают кондукторы длиной I,8-2,0 м. В связи с тем, что длина кондукторов превышает толщину бетонной перемычки, в упрочняемых породах бурят скважины под их установку на глубину I,2-I,7 м. Кондукторы в скважинах устанавливают на быстросхватывающемся цементном растворе. Затем укладывают бетон. После набора бетоном перемычки 50% прочности упрочняют горные породы перед перемычкой

на расчетную глубину.

Количество скважин для упрочнения породного целика принимают равным двойному количеству цементационных скважин для предварительного упрочнения. Скважины для упрочнения предохранительного целика располагают равномерно по площади забоя выработки.

### Оборудование скважин

3.I.7. Каждая цементационная (контрольная) скважина должна быть оборудована направляющей трубой - кондуктором. Кондуктор предназначен для крепления и герметизации устья скважины, обеспечения заданного направления бурения скважины, для установки на скважине цементационной головки с запорной арматурой и измерительными приборами.

3.I.8. В тампонажных перемычках кондукторные трубы цементационных скважин устанавливают до укладки бетона. В предохранительных породных целиках под кондукторы бурят скважины расчетной длины. Кондукторные трубы в скважинах устанавливают на быстротвердеющем цементном растворе. Для улучшения сцепления кондукторных труб с бетоном перемычки или цементным камнем в скважине предохранительного целика на наружную поверхность труб наваривают кольцевые выступы.

Направление кондукторным трубам задают на основании инструментальных маркшейдерских измерений.

3.I.9. В случаях упрочнения горных пород с напорными водами, поступающими в забой выработки, следует применять кондукторы, закрепляемые в скважинах с помощью уплотнительных устройств.

3.I.I0. Прочность сцепления кондуктора или уплотнительного устройства со стенками скважины или обсадной трубы должна проверяться нагнетанием воды под давлением, превышающем в I,5 раза наибольшее давление нагнетания цементационного раствора.

3.I.II. Цементационная головка или нагнетатель перед установкой на скважине должны быть тщательно осмотрены с целью выявления неисправностей, промыты и опробованы под давлением, превышающем в I,5 раза наибольшее давление нагнетания раствора.

### Бурение скважин

3.I.I2. Каждая скважина должна иметь номер. Номера наносят у устья скважин и сохраняют до полного завершения цементационных работ.

Для обеспечения сплошности цементационной завесы при бурении скважин необходимо выполнять мероприятия, предупреждающие их искривление.

3.I.I3. Для бурения скважин при предварительном упрочнении горных пород из подземных выработок применяют буровые машины, приведенные в п. 5.2.I.

3.I.I4. При упрочнении массива горных пород из забоя выработки устья цементационных скважин располагают по контуру выработки. Расстояние между устьями скважин и внутренней поверхностью крепи принимают минимальным, обеспечивающим удобное бурение скважин принятыми буровыми средствами. При бурении перфораторами это расстояние принимают 200-300 мм, при бурении станком НКР-I00 - до 700 мм.

3.I.I5. Промывка скважин при их бурении должна осуществляться чистой водой, свободной от примесей, способных вызвать засорение трещин.

В горных породах с напорными водами, когда скорость истечения воды из скважин достаточна для выноса бурового шлама, искусственная промывка скважин не требуется.

3.I.I6. При бурении скважин в горных породах, содержащих напорные воды, на кондукторах скважин должна быть установлена запорная арматура (превенторы), исключающая прорыв подземных вод в выработку.

3.I.I7. Для уточнения условий цементации часть скважин должна буриться с отбором кернов, по которым уточняется геологический разрез, физико-механические свойства подлежащих упрочнению горных пород, размеры и направление трещин в них.

Необходимость и количество скважин, подлежащих бурению с отбором кернов, устанавливаются в зависимости от степени изученности и сложности геологических и гидрогеологических условий.

3.I.I8. Некоторые варианты вскрытия упрочняемых горных пород скважинами приведены на рис. 3.I.

I-й в а р и а н т. Бурение и цементацию скважин очередной заходки начинают после окончания цементации всех скважин предыдущей заходки (рис. 3.I,а).

2-й в а р и а н т. Каждую скважину бурят и цементируют отдельными заходками на всю длину упрочняемой зоны (рис. 3.I,б).

3-й в а р и а н т. В отличие от 2-го варианта длины заходок на последующих скважинах увеличивают сообразно с уменьшением проницаемости (водопоглощения скважин) упрочняемого массива за счет цементации предыдущих скважин. Оптимальную длину заходок назначают в зависимости от поглощающей способности скважины и производительности средств нагнетания (см. также п. 2.8). Водопоглощение скважины определяют в процессе ее бурения при начальном давлении нагнетания раствора. Бурение прекращают и начинают цементацию при величине водопоглощения, равной расходу раствора в скважину (рис. 3.I,в).

### Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению

3.I.I9. Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению включает очистку скважин и трещин от бурового шлама, опробование вскрытых пород нагнетанием воды и, при необходимости, предварительную химическую обработку массива.

3.I.20. Промывку скважин после окончания их бурения осуществляют нагнетанием в них чистой воды. Производительность промывочных насосов должна обеспечивать полный вынос бурового шлама из скважины. Промывку продолжают до появления в устье скважины чистой воды.

В горных породах, содержащих напорные воды, скорость истечения которых через скважину достаточна для выноса бурового шлама, промывка скважин не требуется.

3.I.2I. Промывку трещин, заполненных вторичным материалом, препятствующим качественной цементации, следует осуществлять при наибольшем допустимом давлении с тем, чтобы заполняющий трещины материал был размыт и вытеснен от скважины на возможно большее расстояние. Эффективность промывки может быть повышена за счет уменьшения длины обрабатываемого участка скважины или увеличения расхода промывочной воды в скважину. В случае глинистого или илистого заполнения трещин целесообразно применять промывку 5%-ным раствором едкого натра ($NaOH$) с последующей промывкой скважины чистой водой.

3.I.22. По окончании промывки цементационной скважины и трещин определяют удельное водопоглощение горных пород, подлежащих упрочнению. Удельное водопоглощение определяют по сокращенной методике при давлении нагнетания I-2 кгс/см$^2$ и рассчитывают по формуле п. 2.7.

3.I.23. Целесообразность выполнения мероприятий по снижению отфильтровывания жидкой фазы из цементационных растворов при цементации трещиновато-пористых горных пород устанавливается по интенсивности отфильтровывания, определяемой согласно пп. 2.II - 2.I2.

3.I.24. Предварительную химическую обработку упрочняемого массива осуществляют путем раздельного нагнетания водных растворов жидкого стекла ($Na_2O \cdot n \cdot SiO_2$) и хлористого кальция ($CaCl_2$). Концентрацию указанных растворов подбирают такой, чтобы гель, образовавшийся в результате их взаимодействия, легко вытеснялся из цементируемых трещин при нагнетании цементационных растворов. Этому требованию удовлетворяют растворы жидкого стекла и хлористого кальция с удельным весом соответственно I,02-I,08 и I,0I-I,06 т/см$^3$.

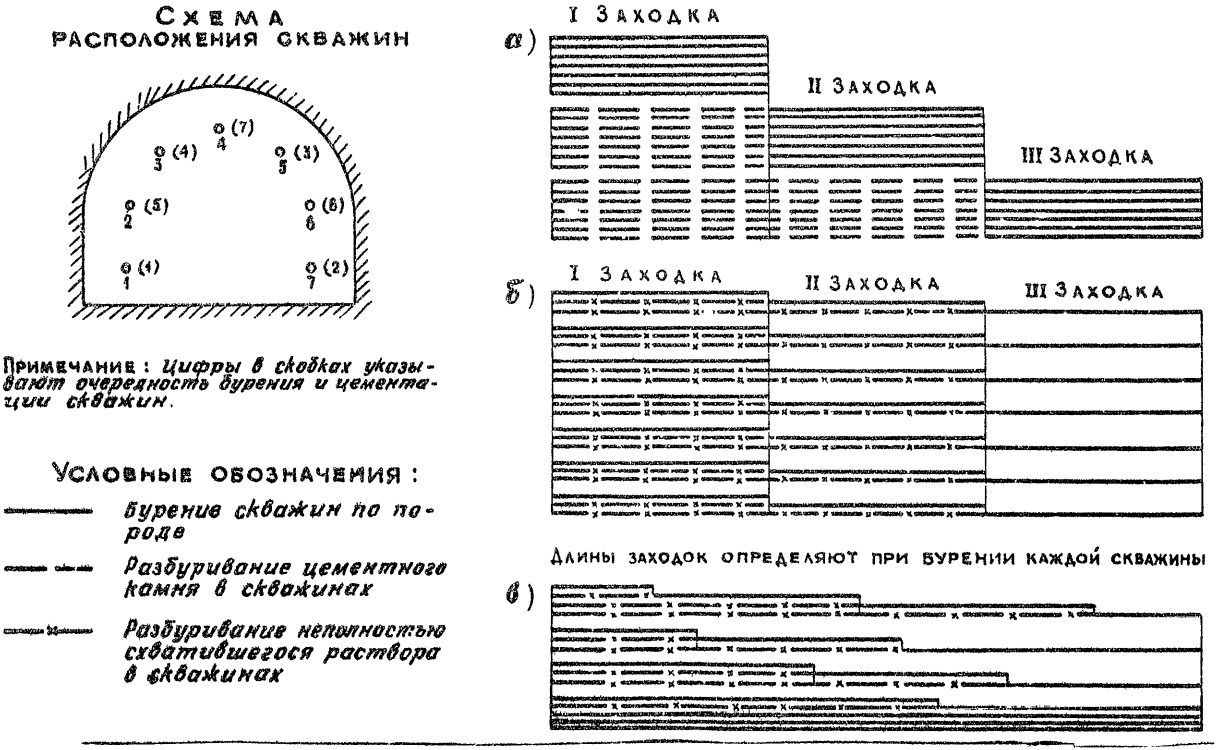



Рис. 3.1. Вскрытие упрочняемых горных пород скважинами

## Нагнетание цементационных растворов

3.I.25. 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.

3.I.26. 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 пп. 3.I.27-3.I.34.

3.I.27. При циркуляционной схеме (рис. 3.2,а) по нагнетательной трубе, доходящей до забоя скважины, подают раствора больше, чем могут поглотить трещины при принятом давлении нагнетания. Избыток раствора, протекая вдоль стенок скважины, возвращается в расходную емкость.

Необходимое условие применения циркуляционной схемы нагнетания: скорость движения раствора в затрубном пространстве скважины и отводящих трубопроводах должна быть достаточной для переноса во взвешенном состоянии наиболее крупных частиц твердой фазы. Для цементационных растворов, приготовленных на цементах марки 300-500, эта скорость должна быть не менее 0,7 м/с. При использовании других растворов допустимую минимальную скорость следует определять опытным путем.

3.I.28. Циркуляционная схема является универсальной и обеспечивает высокое качество цементации трещин и пустот любых размеров при использовании тампонажных растворов различных концентраций.

Благодаря отсутствию осаждения твердой фазы в скважине при циркуляционной схеме нагнетания создаются благоприятные условия для цементации тонких трещин (исключается кольматация устьев тонких трещин частицами осевшей твердой фазы).

При цементации крупных трещин, когда в целях ограничения радиусов распространения раствора требуется применять небольшие давления нагнетания, а для повышения плотности заполнения трещин цементационным материалом скважины необходимо выдерживать при наибольшем давлении нагнетания в течение времени, достаточного для уплотнения раствора, также целесообразно применять циркуляционную схему нагнетания.

3.I.29. Допустимая длина цементационной заходки при циркуляционной схеме нагнетания определяется только производительностью цементационных насосов, которая должна обеспечивать выполнение условий, изложенных в п. 3.I.27. При высокопроизводительных насосах циркуляционная схема обеспечивает качественную цементацию горных пород заходками большой длины.

3.I.30. При полуциркуляционной схеме (рис.3.2,б) циркуляцию цементационного раствора осуществляют только 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.

3.I.3I. Полуциркуляционную схему нагнетания можно применять для цементации горных пород как с тонкими, так и 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.

3.I.32. При использовании циркуляционной и полуциркуляционной схем 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 получения плотного заполнения трещин цементационным материалом при использовании низкоконцентрированных растворов с малым выходом цементного камня.

3.I.33. При зажимной схеме (рис. 3.2.,в) раствор подают в скважину в количестве, соответствующем производительности насоса. Механизм движения раствора в скважине тот же, что и при полуциркуляционной схеме.

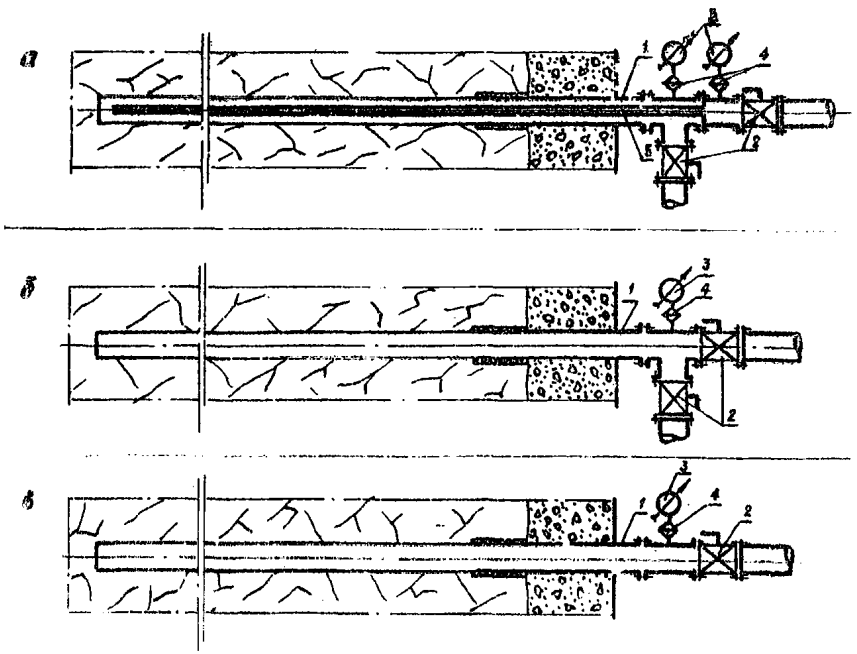



Рис. 3.2. Принципиальные схемы оборудования скважин при циркуляционной (а), полуциркуляционной (б) и зажимной (в) схемах нагнетания:
I - кондуктор; 2 - запорный кран; 3 - манометр; 4 - разделитель; 5 - нагнетательная труба

Цементационный раствор нагнетают в скважину при постоянном расходе. Давление нагнетания при этом не регулируют и оно повышается по мере заполнения трещин цементационным материалом. Нагнетание прекращают при достижении заданного конечного давления.

3.I.34. Зажимную схему нагнетания можно применять для цементации горных пород как с тонкими, так и крупными трещинами при использовании седиментационно устойчивых растворов с выходом цементного камня не менее 96-98% при цементации трещин с раскрытием до I0 мм и не менее I00% при большем раскрытии, а также для заполнения закрепных пустот цементно-песчаными и другими многокомпонентными растворами перед упрочнением горных пород.

Применение зажимной схемы нагнетания для цементации трещиноватых горных пород седиментирующими цементационными растворами с выходом цементного камня менее указанных величин, особенно при крупных трещинах, нецелесообразно.

3.I.35. При назначении очередности цементации скважин следует соблюдать два общих технологических правила: цементацию всегда начинают с нижних скважин, постепенно переходя к цементации вышерасположенных. При количестве цементационных скважин пять и более очередность цементации должна быть такой, при которой последующие отдельные или группы скважин являются контрольными по отношению к ранее зацементированным, т.е. должен соблюдаться принцип постепенного сближения цементируемых скважин. Такая последовательность цементации обеспечивает качество работ и в ряде случаев позволяет отказаться от бурения дополнительных контрольных скважин (рис. 3.I).

3.I.36. Цементационный раствор можно нагнетать в одиночные скважины или одновременно в группу их. Групповое нагнетание раствора допускается, когда скважинами, входящими в группу, вскрыты горные породы со сходными удельными водопоглощениями и характером трещиноватости. В остальных случаях раствор следует нагнетать в одиночные скважины. При групповой цементации производительность цементационных насосов должна быть не менее наибольшей величины суммарного поглощения раствора группой скважин при заданном давлении нагнетания.

3.I.37. При зажимной схеме нагнетания к бурению и цементации скважин следующей очереди или в следующей заходке приступают после схватывания закачанного раствора.

При циркуляционной и полуциркуляционной схемах нагнетания к бурению и цементации последующих скважин приступают после выдерживания предыдущих скважин под наибольшим давлением нагнетания для уплотнения закачанного раствора (п.3.I.42).

3.I.38. Во всех случаях цементацию следует начинать с нагнетания растворов малых концентраций, назначаемых согласно п. 2.IO.

В процессе нагнетания концентрацию раствора следует изменять сообразно с условиями поглощения его скважиной, руководствуясь следующим правилом: если при нагнетании раствора с принятой первоначальной концентрацией в течение I5-30 мин количество раствора, принимаемого скважиной, не уменьшается или не наблюдается роста давления нагнетания, концентрацию раствора увеличивают на одну ступень. Таким образом концентрацию увеличивают до тех пор, пока не будет подобран раствор, при котором начнется плавное снижение расхода или повышение давления нагнетания. Такой раствор следует нагнетать до полного насыщения трещин цементационным материалом. Увеличение концентрации цементационного раствора сразу на несколько ступеней не допускается.

При резком увеличении давления нагнетания или резком уменьшении поглощения раствора скважиной концентрацию уменьшают сразу на несколько ступеней.

3.I.39. При упрочнении горных пород, содержащих тонкие и крупные трещины, для обеспечения качественной цементации тонких трещин используют низкоконцентрированные цементационные растворы. Такие растворы распространяются по крупным трещинам на чрезмерно большие расстояния, что приводит к излишнему расходу материалов, увеличению продолжительности и снижению качества работ.

Для устранения указанных недостатков (в условиях, когда цементационные скважины вскрывают одни и те же системы трещин) целесообразно применять следующий технологический прием.

Все цементационные скважины разделяют на две группы. В скважины первой группы нагнетают высококонцентрированные цементационные растворы для заполнения крупных трещин. В скважины второй группы, расположенные между скважинами первой, нагнетают низкоконцентрированные цементационные растворы под давлением, достаточным для цементации тонких трещин. Цементацию выполняют через одиночные скважины.

3.I.40. Для упрочнения горных пород, содержащих крупные трещины и полости, следует применять растворы высоких концентраций с инертными и активными добавками. Применяемые добавки не должны существенно снижать прочность цементного камня.

3.I.4I. Цементацию каждой скважины продолжают до отказа. За отказ принимают полное прекращение поглощения цементационного раствора или снижение удельного расхода раствора до величины менее 0,0I л/мин (на I м цементируемой зоны и на I м напора) при наибольшем давлении нагнетания раствора.

3.I.42. После наступления отказа каждую скважину следует выдерживать под наибольшим конечным давлением нагнетания не менее 30 мин для уплотнения закачанного раствора. При цементации крупных трещин время выдерживания увеличивают до 60 мин.

### Контроль качества предварительного упрочнения

3.I.43. Контроль качества предварительного упрочнения горных пород осуществляют в процессе нагнетания раствора и гидравлического опробования цементационных скважин.

Дополнительные контрольные скважины для определения качества упрочнения массива следует бурить в особо сложных условиях цементации (сильно перемятые горные породы, наличие в цементируемом массиве нарушенных глинистых горных пород, склонных к набуханию и размоканию, наличие напорных подземных вод). Число контрольных скважин определяется проектом. Контрольные скважины бурят с отбором керна.

После проведения выработки в зоне упрочненных горных пород следует осуществлять контроль качества упрочненного массива с целью установления его основных физико-механических свойств.

## 3.2. Последующее упрочнение

3.2.I. Последующее упрочнение горных пород осуществляют из проводимой или пройденной выработки. Работы выполняют,

как правило, в два этапа: вначале заполняют закрепные пустоты цементационными растворами с добавками песка, глины или других наполнителей (тампонаж закрепного пространства), а затем бурят цементационные скважины и выполняют через них собственно упрочнение горных пород.

3.2.2. Последующее упрочнение горных пород включает следующие виды работ:

заделка неплотностей в крепи выработки;

разделение упрочняемого участка выработки на заходки и возведение на границах участков цементационных завес;

установка цементационных трубок (инъекторов) и тампонаж закрепных пустот;

разметка и бурение цементационных скважин;

подготовка скважин и упрочняемого массива горных пород к цементации;

приготовление и нагнетание цементационных растворов;

бурение контрольных скважин с отбором керна.

3.2.3. До производства упрочнения горных пород должны быть выполнены работы по тщательной заделке трещин, раковин, зазоров между затяжками и других дефектов крепи, которые могут привести к прорывам упрочняющих растворов в выработку. При значительных объемах работ по герметизации рамной крепи с железобетонной затяжкой для заделки неплотностей целесообразно наносить на поверхность крепи слой набрызгбетона толщиной 2-3 см.

### Выделение цементационных заходок, расположение скважин

3.2.4. Выработку или участок выработки, подлежащие упрочнению, разделяют на заходки. Границы участка и заходок, а также номера заходок должны быть нанесены яркой краской на крепи выработки. Отметка границ заходок и их номера должны сохраняться до полного завершения и сдачи выполненных работ заказчику.

3.2.5. Длину заходок назначают исходя из удобства организации работ по тампонажу закрепных пустот и упрочнению горных пород. В пройденных выработках длину заходки следует принимать в пределах 30-50 м. При упрочнении вслед за подвиганием забоя длину заходок назначают с учетом организации горнопроходческих работ.

3.2.6. После разделения упрочняемого участка выработки на заходки на границах последних возводят цементационные завесы. В пройденных выработках цементационные завесы возводят путем нагнетания в закрепное пространство густых цементно-песчаных растворов. При упрочнении горных пород вслед за подвиганием забоя завесы устраивают по мере возведения постоянной крепи путем укладки в закрепное пространство через заданные расстояния горной породы на цементно-песчаном растворе или бетона.

3.2.7. После возведения цементационных завес в пределах каждой заходки в крепи выработки бурят скважины для тампонажа закрепных пустот. Скважины располагают рядами, расположенными в плоскости, перпендикулярной продольной оси выработки. В каждом ряду бурят обычно три скважины - две в бортах и одну в сводовой части крепи выработки. Расстояние между рядами скважин принимают в зависимости от характера закрепных пустот и свойств применяемых тампонажных растворов. На стадии проектирования это расстояние следует принимать равным 4-6 м. При производстве работ требуемое расстояние устанавливают опытным путем, используя принцип постепенного сближения скважин.

3.2.8. Скважины для упрочнения горных пород располагают рядами. В соседних рядах скважины располагают в шахматном порядке. Расстояние между рядами и количество скважин в рядах назначают согласно п. 2.3.

3.2.9. Скважины, предназначенные для тампонажа закрепных пустот и собственно упрочнения горных пород, подлежат маркировке. Номера скважин проставляют у их устья на крепи выработки яркой краской. Номера сохраняют до полного завершения упрочнения и сдачи выполненных работ заказчику.

Номера рядов в заходке возрастают по ходу производства работ. Номера скважин в рядах возрастают по ходу часовой стрелки. Первый номер присваивают скважине, расположенной в нижней части левого борта выработки (рис. 3.3).

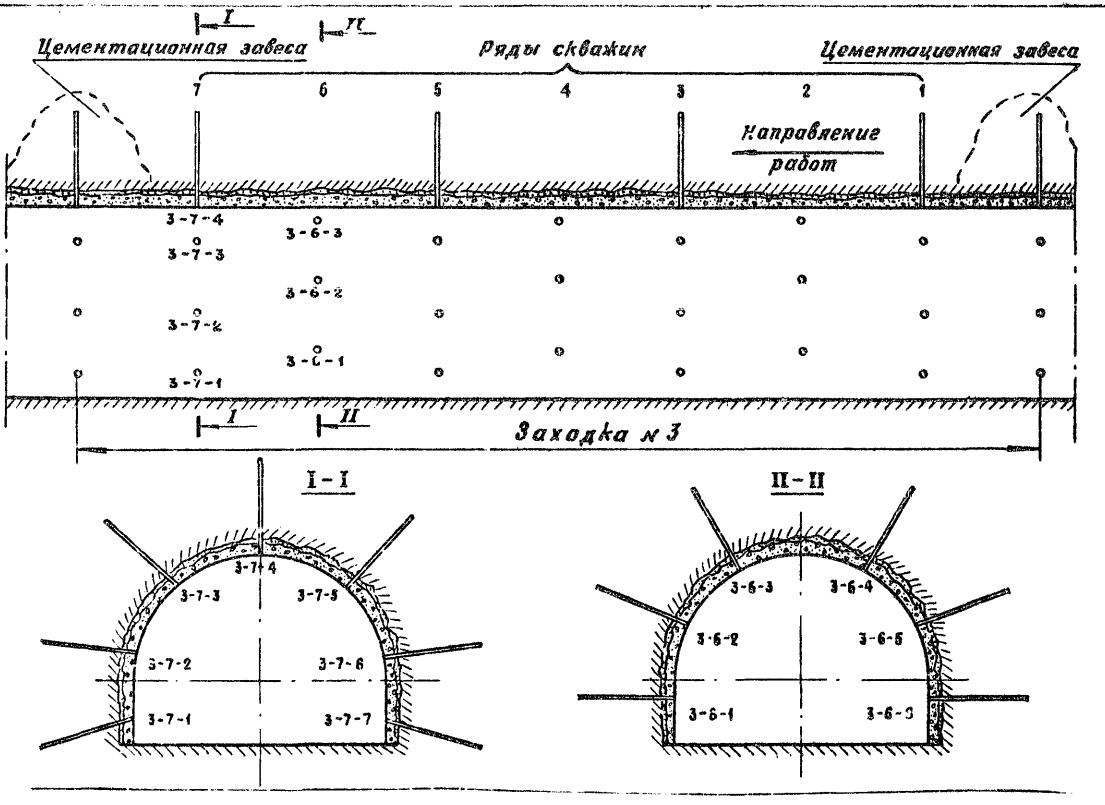



Рис. 3.3. Схема расположения и нумерация скважин при последующем упрочнении

Номера скважин рекомендуется обозначать тремя числами: первое число указывает номер заходки, второе – номер ряда скважин в заходке и третье – номер скважины в ряду. Например, номер скважины I2-I6-5 указывает, что скважина 5 относится к I6-му ряду I2-й заходки.

Контрольные скважины нумеруются аналогично, но вместо номера скважины вводится буква "К". Для уточнения местоположения контрольной скважины буквой "К" обозначают контрольную скважину, расположенную в своде выработки. Контрольную скважину, расположенную в левом борту выработки, обозначают – К1, а в правом – К2. При таком обозначении номер контрольной скважины, например I2-I6-К, обозначает, что скважина относится к I2-й заходке, пробурена в районе ряда I6-го в своде выработки, а номер I2-I6-К2 – что контрольная скважина пробурена в том же ряду, но в правом борту выработки.

3.2.I0. В результате упрочнения вокруг выработки должна быть образована зона упрочненных горных пород с заданными геометрическими параметрами и определенной грузонесущей способностью. Поэтому часть цементационных скважин (3–5%) необходимо бурить с отбором керна для уточнения размеров зоны неупругих деформаций и характера трещиноватости.

### Оборудование скважин

3.2.II. Скважины для тампонажа закрепных пустот и упрочнения горных пород должны оборудоваться кондукторными трубами, закрепляемыми на быстротвердеющем цементном растворе, или инъекторами с механическими уплотнительными устройствами многократного использования. В зависимости от принятого способа нагнетания растворов на кондукторные трубы устанавливают краны или цементационные головки, обеспечивающие циркуляцию нагнетаемого раствора.

### Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению

3.2.I2. Подготовка скважин и массива горных пород к упрочнению включает очистку скважин и трещин от бурового шлама, опробование вскрытых пород нагнетанием воды и, при необходимости, предварительную химическую обработку упрочняемого массива. Требования к подготовке скважин и массива горных пород к упрочнению те же, что и при предварительном упрочнении (см. пп. 3,I.I9–3.I.23).

### Нагнетание цементационных растворов

3.2.I3. К нагнетанию растворов приступают сразу после промывки скважин и определения удельного водопоглощения или завершения предварительной химической обработки, если последняя применялась. При перерывах между окончанием промывки скважин и началом цементации более суток промывку скважин повторяют.

3.2.I4. Растворы нагнетают без перерывов до полного насыщения трещин и пустот цементационным материалом. Завершают цементацию скважины при полном прекращении поглощения раствора или при снижении расхода раствора в скважину при заданном конечном давлении нагнетания до величины менее 0,0I л/мин (на I м цементируемой зоны и на I м напора).

3.2.I5. При тампонаже закрепных пустот с использованием высококонцентрированных тампонажных растворов следует, как правило, применять зажимную схему нагнетания (см. также пп. 3.I.33, 3.I.34). В случаях, когда повышение устойчивости горных выработок обеспечивается только тампонажем закрепных пустот, целесообразно применять полуциркуляционную схему нагнетания, которая обеспечивает более плотное заполнение пустот цементационным материалом.

Давление нагнетания при тампонаже закрепных пустот не должно превышать 2–3 кгс/см$^2$.

3.2.I6. Нагнетание растворов в скважины, предназначенные для упрочнения горных пород, следует осуществлять по полуциркуляционной или циркуляционной схемам (см. также пп. 3.I.27–3.I.32).

3.2.I7. Нагнетание раствора можно осуществлять в одиночные или группы скважин со сходными удельными водопоглощениями и трещиноватостью. При цементации групп скважин производитель-

ность цементационных насосов должна соответствовать суммарной поглощающей способности одновременно цементируемых скважин и расходу раствора на его циркуляцию.

3.2.18. Очередность цементации скважин устанавливают с учетом правила постепенного сближения скважин. В пределах заходки скважины разделяют на две очереди. В первую очередь цементируют нечетные ряды скважин, а затем четные. В рядах цементацию начинают с нижних скважин и постепенно переходят к верхним.

3.2.19. При упрочнении горных пород, склонных к пучению, цементационные скважины, расположенные в нижней части бортов выработки, бурят и цементируют в последнюю очередь.

3.2.20. При упрочнении ограниченных по объему зон трещиноватости, а также горных пород, склонных к пучению, необходимо предусматривать дренирование отфильтровавшейся 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 (п.3.2.19). Скважины цементируют через одну по длине заходки, 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.

3.2.21. Давление нагнетания раствора в скважины при упрочнении горных пород назначают в соответствии с рекомендациями, изложенными в пп. 2.5, 2.6. Во всех случаях следует принимать допустимые наибольшие давления нагнетания, обеспечивающие более плотное заполнение трещин цементационным материалом.

3.2.22. В течение всего времени нагнетания раствора необходимо тщательно 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 насос и трубопроводы должны быть тщательно промыты водой.

3.2.23. Концентрацию цементационных растворов и способы нагнетания назначают с учетом требований, изложенных в пп. 2.10, 3.1.27-3.1.34.

### Контроль качества последующего упрочнения

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

3.2.25. 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 упрочненных 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.м вод.ст.

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

## 4. МАТЕРИАЛЫ И РАСТВОРЫ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ

### 4.I. Вяжущие и вода

4.I.I. Для упрочнения горных пород можно применять следующие вяжущие: портландцемент, шлаковый портландцемент, глиноземистый цемент, сульфатостойкий портландцемент, тампонажный портландцемент. Свойства цемента должны удовлетворять требованиям соответствующих государственных стандартов.

При упрочнении горных пород, не содержащих агрессивных вод, следует применять растворы, приготовленные на портландцементе марки 400 и выше. Более низкие марки цементов можно применять для тампонажа закрепных пустот и крупных трещин.

При наличии агрессивных вод следует применять цементы, обладающие достаточной химической стойкостью. Тип цемента в таких условиях выбирают с учетом требований СНиП П-28-73 "Защита строительных конструкций от коррозии".

4.I.2. До употребления цемента в дело должна быть выполнена проверка физико-механических свойств каждой партии цемента и их соответствие требованиям государственных стандартов или техническим условиям.

4.I.3. Вода для приготовления упрочняющих растворов должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к воде для приготовления бетонов, и не должна содержать вредных примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению вяжущих.

### 4.2. Добавки к растворам

4.2.I. Для регулирования свойств цементационных растворов и процессов взаимодействия их с упрочняемыми горными породами следует применять активные и наполнительные добавки. Наиболее употребительные активные добавки приведены в табл. 4.I.

Наполнительные искусственные и естественные минеральные добавки применяют при тампонировании закрепных пустот и крупных трещин. В практике в качестве наполнительных добавок наиболее часто применяют песок, различные глины и глинопорошки.

4.2.2. Крупность помола минеральных добавок при цементации горных пород, содержащих мелкие трещины, не должна превышать 0,I мм, а крупно-трещиноватых и закаротованных горных пород - I мм, за исключением случаев цементации отдельных крупных полостей, когда крупность помола устанавливают опытным путем.

4.2.3. Глинистые добавки (суглинки, глины) не должны содержать вредных примесей, ухудшающих физико-механические свойства раствора. Содержание сернистых и сернокислых соединений в растворе не должно превышать I% по весу цемента, считая на $SO_3$, а слюды - 3% по весу.

4.2.4. Добавки к растворам, используемым собственно для упрочнения горных пород, должны вводиться в количествах, не вызывающих существенного снижения прочности, ухудшения адгезионных и других физико-механических свойств цементного камня, влияющих на качество упрочненного массива.

Целесообразное количество добавок к цементационным растворам следует во всех случаях определять на основании лабораторных исследований.

### 4.3. Состав упрочняющих растворов

4.3.I. Для упрочнения горных пород применяют как простые (цементно-водные), так и сложные (многокомпонентные) растворы. Концентрацию раствора задают в виде весового отношения воды и минеральных добавок (в случае сложных растворов) к цементу, принятому за единицу.

4.3.2. Сложные тампонажные растворы (цементно-песчаные, цементно-суглинистые, цементно-песчано-суглинистые) следует применять для тампонажа закрепных пустот, крупных трещин и полостей. При этом для получения наибольшего упрочняющего эффекта предпочтительно применять цементно-песчаные растворы, обеспечивающие, при правильном подборе состава, высокую механическую прочность тампонажного камня при малой усадке и хороших адгезионных свойствах.

Таблица 4.I

Основные сведения о наиболее часто употребляемых активных добавках к цементационным растворам

| Наименование добавки | Назначение добавки | Способ введения в цементационный раствор | Рекомендуемая дозировка | Степень воздействия | Побочные воздействия |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Кальций хлористый ($CaCl_2$) | Ускорение схватывания и твердения цементационного раствора. Снижение температуры замерзания цементационного раствора | С водой затворения | I–5% от веса цемента | Сильный ускоритель схватывания и твердения | При добавлении к сухому цементу вызывает комкование и одеревание. Добавка более 5% снижает долговечность цементного камня. Пластифицирует раствор в начальный период |
| Натрий хлористый ($NaCl$) | Ускорение схватывания и твердения раствора. Снижение температуры замерзания цементационного раствора. Цементация в солевых отложениях | С водой затворения и в сухом виде в цементный порошок<br>До насыщения | 5%<br>I5% | Умеренно ускоряет схватывание и твердение при дозировке до 5%. При дозировке более I5% слабый замедлитель схватывания и твердения | Улучшается подвижность цементационного раствора, улучшается сцепление с цементируемыми породами |
| Силикат натрия, жидкое стекло ($Na_2O \cdot n SiO_2$) | Ускорение схватывания и твердения цементационных растворов. Приготовление быстросхватывающихся смесей. Седиментационная стабилизация растворов. Повышение выхода цементного камня | С водой затворения | 5% | Сильный ускоритель схватывания и твердения. Степень воздействия на свойства растворов зависит от модуля жидкого стекла | При добавках более I0% резко снижается прочность цементного камня. В воздушно-сухих условиях цементный камень разрушается |
| Кальцинированная сода ($Na_2CO_3$) | Ускорение схватывания цементационных растворов при низких положительных температурах. Ускорение схватывания и твердения (малоактивных белито-кремнеце- | С водой затворения | I–5% | Сильный ускоритель схватывания и твердения малоактивных вяжущих | Незначительные |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| | мистых, шлаковых) цементов при низкой положительной температуре | | | | |
| Нитрит натрия ($NaNO_2$) | Обеспечивает твердение цементационного раствора при температурах от -I до -I5°С | С водой затворения | 5-I0% от веса цемента | Умеренный ускоритель схватывания | При концентрации в жидкости затворения менее I% слабый замедлитель схватывания |
| Поташ ($K_2CO_3$) | Ускорение схватывания и твердения цементационного раствора при отрицательных и низких положительных температурах | С водой затворения | До I5% от веса цемента | Сильный ускоритель схватывания | Загустевание раствора |
| Сульфит-спиртовая барда (ССБ) | Пластификация растворов. Снижение водо-цементного отношения с целью повышения плотности цементационного раствора и прочности цементного камня | С водой затворения | 0,I-0,5% сухого вещества от веса цемента | Сильный пластификатор | Замедление схватывания, пенообразование, замедление твердения |

4.3.3. Для уменьшения расслаиваемости, повышения проникающей способности и снижения вредного воздействия цементно-песчаных растворов на инъекционное оборудование в растворы следует вводить добавки глин или глинопорошков в количестве 2-5% от веса цемента. При этом необходимо учитывать, что введение в раствор добавок глины более 8-10% от веса цемента приводит к существенному снижению прочности тампонажного камня.

4.3.4. Цементно-водные растворы следует применять для упрочнения горных пород, содержащих трещины с раскрытием менее 10 мм. Для регулирования свойств таких растворов в них следует вводить активные добавки.

4.3.5. Подбор составов упрочняющих растворов с требуемыми физико-механическими свойствами цементного камня во всех случаях должен осуществляться только на основании лабораторных исследований.

### 4.4. Контроль свойств упрочняющих растворов

4.4.1. В процессе нагнетания необходимо осуществлять систематический контроль свойств цементационных растворов.

4.4.2 При изменении партии, типа или марки цемента и добавок следует осуществлять полный контроль свойств раствора, при котором определяют: объемный вес, расплыв, сроки схватывания, выход цементного камня, продолжительность полной водоотдачи и прочность цементного камня.

4.4.3. В течение смены, при производстве работ, осуществляют контроль концентраций растворов путем определения удельного веса с помощью ареометров, например типа АГ-2м или АГ-3ШП.

4.4.4. Пробы для контроля свойств цементационных растворов лучше отбирать непосредственно у устьев скважин, что дает возможность учитывать изменение свойств растворов после дополнительного перемешивания при движении их через насосы и растворопроводы.

4.4.5. При значительных отклонениях свойств растворов от заданных следует проверить правильность дозировки составляющих и, при необходимости, выполнить дополнительные анализы воды, цемента и добавок для выявления и устранения причин, вызвавших изменение свойств растворов.

## 5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА УПРОЧНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

### 5.1. Общие требования к оборудованию

5.1.1. Для производства предварительного и последующего упрочнения горных пород следует применять серийно изготавливаемое промышленностью буровое, насосное и растворосмесительное оборудование, а также запорную арматуру, шланги и контрольно-измерительные приборы.

5.1.2. Наборы оборудования для упрочнения горных пород, кроме соответствия требованиям процесса упрочнения, должны обеспечивать наименьшее загромождение выработки, удобство транспортирования, монтажа, демонтажа и безопасное техническое обслуживание машин и механизмов.

5.1.3. 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.

5.1.4. 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 КПГ-1.

Техническая характеристика комплекса КПГ-1

| | |
|---|---|
| Тип буровой машины | КБУ-50, БУ-70У |
| Глубина бурения скважин, м | 25, 50 |
| Диаметр бурения, мм | |
| под кондуктор | 105 |
| цементационной скважины | 50-70 |
| Тип насоса для промывки скважин и нагнетания раствора | НГР-250/50 |
| Производительность насоса, л/мин | 250 |
| Максимальное рабочее давление, кгс/см$^2$ | 50 |
| Производительность смесителя по готовому раствору, л/мин | 250 |

5.1.5. В условиях, когда оборудование, расположенное на рельсовых путях, затрудняет работу шахтного транспорта и ведение других горных работ, следует применять комплекты оборудования, располагаемые вне транспортных путей в самой выработке или в нишах.

При расположении оборудования в специально сооружаемых нишах, для сокращения числа последних, необходимо предусматривать транспортирование раствора от цементационного насоса к скважинам по растворопроводам на возможно большее расстояние.

5.1.6. Для заполнения закрепных пустот цементно-песчаными растворами и нанесения набрызгбетона при герметизации крепи целесообразно применять машину ПБМ-2Э конструкции Криворожского филиала ВНИИОМШСа.

Техническая характеристика машины ПБМ-2Э

| | |
|---|---|
| Объем сухой смеси, м$^3$ | 2 |
| Производительность по сухой смеси, м$^3$/ч | 4-6 |
| Рабочее давление в сосуде, кгс/см$^2$ | 2-2,8 |
| Давление воздуха в сети, кгс/см$^2$ | 5 |
| Пневматический двигатель | |
| тип | П 2,5Б |
| мощность, кВт | 8,8 |
| Дальность подачи смеси, м | 200 |
| Давление воды в магистрали не менее, кгс/см$^2$ | 2 |
| Размеры, мм | |
| длина | 3450 |
| ширина | 1220 |
| высота | 1680 |
| Ширина колеи, мм | 750-900 |
| Масса, кг | 3100 |

## 5.2. Оборудование для бурения скважин

5.2.1. Для бурения скважин при предварительном упрочнении горных пород из горных выработок применяют буровые машины, приведенные в табл. 5.1, а также буровые установки типа БСК-2М-100 и ЗИВ-150А.

5.2.2. При последующем упрочнении горных пород могут применяться буровые машины, приведенные в табл. 5.1, или ручные перфораторы ПР-24л, ПР-29 и др. при небольшой глубине скважин.

Таблица 5.I

Краткая техническая характеристика буровых машин для бурения скважин из подземных выработок

| Параметры | Тип буровых машин | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ПК-5Н | ПК-50 | ПК-65 | БУ-70 | ТП-I | НКР-100М | САБ-2 |
| Глубина бурения, м | 20 | 20 | 50 | 50 | I00 | 50 | I00 |
| Диаметр коронок, мм | 40-65 | 40-65 | 55-70 | 60-70 | 36-76 | 85-I05 | 36-59 |
| Диаметр штанг, мм | 32 | 32 | 38 | 38 | 38 | 63,5 | 33,5-42 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | - | - | - | I50 | I50 | 76 | 250-I500 |
| Длина хода шпинделя, мм | - | - | - | 800 | 800 | 365 | 400 |
| Осевое усилие, кгс | 300 | 800 | I000 | 700 | 800 | 600 | I500 |
| Работа удара, кгс·м | I0 | 9,2 | I5 | I4 | - | 7,5 | - |
| Число ударов в минуту | 2500 | 2600 | 2300 | 2I00 | - | I900 | - |
| Крутящий момент, кгс·см | I200 | I800 | 2500 | 3500 | - | - | - |
| Расход воздуха, $м^3$/мин | 7,5 | 9,0 | I2 | I6 | - | 7 | - |
| Давление воздуха, $кгс/см^2$ | 5 | 5 | 5 | 5 | - | 5 | - |
| Размеры, мм | | | | | | | |
| длина | - | - | - | I900 | I000 | I500 | I430 |
| ширина | - | - | - | I200 | 900 | 665 | II00 |
| высота | - | - | - | 820 | I500 | 645 | I780 |
| Масса, кг | 42 | 50 | 3I0 | 62I | 300 | 360 | 376 |

Техническая характеристика буровых установок БСК-2М-100 и ЗИВ-150А

| | БСК-2М-100 | ЗИВ-150А |
|---|---|---|
| Глубина бурения, м | 100 | 150 |
| Диаметр бурения, мм | | |
| начальный | 93 | 76 |
| конечный | 36 | 36 |
| Угол бурения к горизонту, град. | 0-360 | 0-360 |
| Диаметр бурильных труб, мм | 33,6; 42 | 33,5; 42 |
| Частота вращения шпинделя, об/мин | 300, 600 | 125-915 |
| Длина хода шпинделя, мм | 450 | 450 |
| Наибольшее усилие подачи, тс | 1,2 | 1,8 |
| Мощность привода, кВт | 7,5 | 7,0 |
| Буровой насос, тип | 2НБ-7З | УНБ-100 |
| Размеры станка, мм | | |
| длина | 1710 | 1270 |
| ширина | 710 | 935 |
| высота | 1400 | 1495 |
| Масса станка, кг | 480 | 658 |

## 5.3. Насосы для нагнетания растворов

5.3.1. Технические характеристики насосов, рекомендуемых для нагнетания упрочняющих растворов, приведены в табл. 5.2. При выборе типа насоса предпочтение следует отдавать малогабаритным насосам Гр-16/40 и НГР-250/50.

Таблица 5.2

Техническая характеристика насосов для нагнетания цементационных растворов

| Параметры | Тип насоса | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Гр-16/40 | НГР-250/50 | IIГрБ | IIГрИ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Производительность, м³/ч | 2-16 | 15 | 13,5; 18 | 12,5; 18; 23,4 |
| Наибольшее давление, кгс/см² | 40 | 50 | 63; 50 | 63; 50; 40 |
| Число цилиндров | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Диаметр цилиндр. (сменных втулок), мм | 90 | 85 | 80; 90 | 80; 90; 100 |
| Мощность привода, кВт | 22 | 22 | 35 | 40 |
| Внутренний диаметр патрубка, мм | | | | |
| всасывающего | 45 | 75 | 100 | 100 |
| нагнетательного | 38 | 38 | 50 | 50 |
| Наибольшая высота всасывания, м | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Габаритные размеры, мм | | | | |
| длина | 1340 | 1444 | 1930 | 1835 |
| ширина | 930 | 873 | 990 | 990 |
| высота | 1080 | 932 | 1270 | 1410 |
| Масса без привода, кг | 550 | 700 | 1150 | 1150 |

Для тампонирования закрепных пустот цементно-песчаными растворами следует использовать диафрагмовые растворонасосы, приведенные в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Техническая характеристика диафрагмовых растворонасосов

| Параметры | Тип насоса | | |
|---|---|---|---|
| | СО-29 | СО-30 | СО-10 |
| Производительность, м³/ч | 2 | 4 | 6 |
| Предельное рабочее давление, кгс/см² | 15 | 15 | 15 |
| Плунжер | | | |
| диаметр, мм | 80 | 90 | 110 |
| ход, мм | 74 | 90 | 100 |

| I | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| число двойных ходов поршня в минуту | I65 | I65 | I65 |
| Мощность электродвигателя, кВт | I,7 | 4,5 | 7 |
| Наименьшая подвижность перекачиваемого раствора, см | 8-9 | 8-9 | 8-9 |
| Габариты, мм | | | |
| длина | II60 | I285 | I040 |
| ширина | 470 | 500 | 570 |
| высота | 760 | 805 | I025 |
| Дальность подачи раствора, м | | | |
| по горизонтали | 50 | I00 | 200 |
| по вертикали | I5 | 30 | 40 |
| Масса, кг | I95 | 254 | 400 |

## 5.4. Оборудование для приготовления цементационных растворов

5.4.I. Состав комплекта оборудования для приготовления растворов определяется требованиями, предъявляемыми к свойствам и составу растворов. В зависимости от принятой технологии производства работ по упрочнению и требуемого расхода раствора последний может приготавливаться на поверхности или в подземных выработках в стационарных или передвижных (переставных) растворосмесительных установках.

5.4.2. 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 Кузниишахтостроя приведены в табл. 5.4.

Кроме перечисленных в табл. 5.4 могут быть использованы также турбулентные смесители емкостью I45 л конструкции Кузниишахтостроя, лопастные смесители ВНИПСМШСа, лопастные и турбинные растворомешалки ЛРМ-350, РМ-500 и РМ-750 Гидроспецстроя (табл. 5.5), изготавливаемые отдельными партиями местными предприятиями.

Таблица 5.4

Техническая характеристика турбулентных растворосмесителей

| Параметры | Тип смесителя | | | |
|---|---|---|---|---|
| | СБ-43Б | СБ-8I | СБ-I08 | СБ-I20 |
| Емкость по загрузке, л | 80 | I000 | I000 | I200 |
| Объем готового замеса, л | 65 | 800 | 600 | I000 |
| Частота вращения, об/мин | | | | |
| ротора | 550 | 408 | 320 | 320 |
| разгрузочных лопастей | - | 3I | 24,5 | - |
| Продолжительность перемешивания, с | I0-30 | I0-30 | I0-30 | I0-30 |
| Мощность электродвигателя, кВт | 3 | 40 | 55 | 55 |
| Габаритные размеры, мм | | | | |
| длина | I470 | 2535 | 2840 | I900 |
| ширина | 585 | I6I0 | I6I0 | I730 |
| высота | 895 | I860 | 2I30 | I770 |
| Масса, кг | I60 | I900 | 2400 | 2500 |

Таблица 5.5.

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 | I | 4,5 | 7 |
| Габариты, мм | | | |
| длина | I200 | I500 | 2000 |
| ширина | I200 | I400 | II00 |
| высота | I200 | I300 | I000 |
| Масса, кг | 200 | 350 | 5I2 |

5.5 Трубопроводы и запорная арматура

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

5.5.2. В качестве гибких элементов трубопроводов могут быть использованы:

рукава резиновые напорные с нитяными оплетками по ГОСТ I0362-63;

рукава буровые оплеточные по МРТУ 38-I0557-73;

рукава резинотканевые напорные по ГОСТ 8318-57.

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

## 6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

6.I. Приведенные ниже технологические схемы являются примерными. Для конкретных условий в них должны вноситься уточнения с учетом факторов, влияющих на стоимость и организацию цементационных работ.

6.2. Схемы размещения цементационного оборудования уточняются в зависимости от конкретных условий: сечения выработки, протяженности участка упрочняемых горных пород, конструктивных параметров применяемого оборудования и организационно-технических условий производства работ.

6.3. При отсутствии комплектов оборудования, принятых в схемах, отдельные виды оборудования можно выбирать пользуясь данными раздела 5.

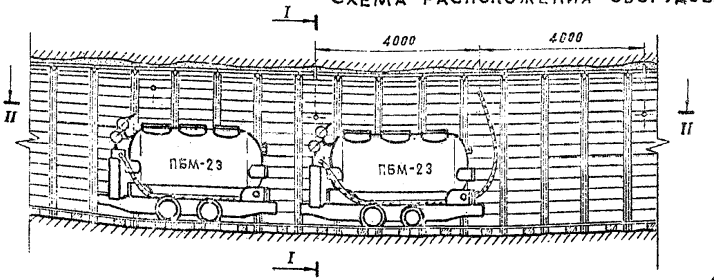
6.4. Расход раствора и материалов в технологических схемах предварительного и последующего упрочнения определен для горных пород с коэффициентом трещиноватости $m_т$ = 0,0I. При других значениях коэффициента трещиноватости расходы раствора и материалов на их приготовление принимаются пропорционально изменению $m_т$.

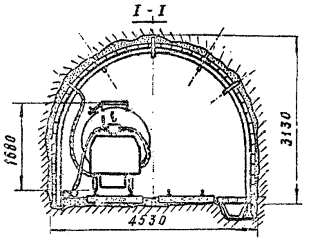
6.5. Норма времени на бурение скважин в технологических схемах условно принята для пород IУ категории.

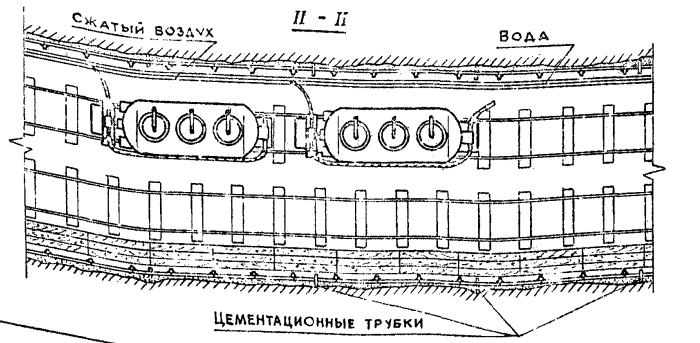
6.6. Параметры организации работ для условий, отличающихся от принятых в технологических схемах, определяются в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделах 2-5.

# Технология тампонажа закрепных пустот в выработке, закрепленной крепью СВП с железобетонной затяжкой или сборной железобетонной крепью

## Схема расположения оборудования и скважин



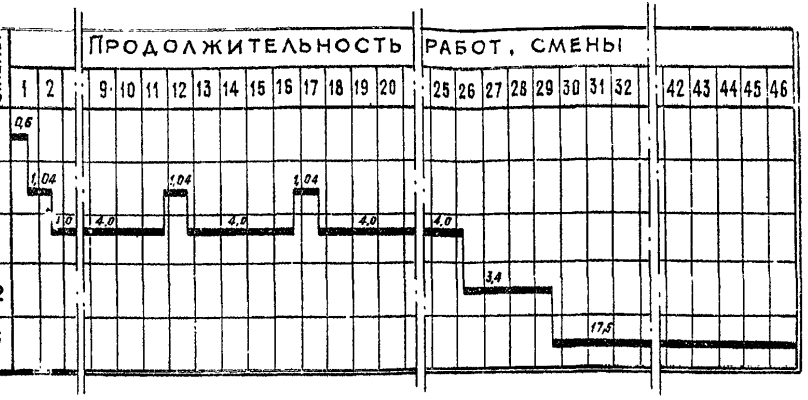

## Основное оборудование

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Пневмобетономашина ПБМ-23 | шт. | 2 |
| Перфоратор ПР-30 А | шт. | 2 |
| Цементационная головка | шт. | 2 |
| Рукав резиновый напорный | | |
| с нитяными оплетками | м | 30 |
| Вагонетка УВГ-2,5 | шт. | 2 |

Схема 1, лист 1

# График организации тампонажных работ

| Наименование операций | Объем работ: ед. изм. | Объем работ: кол-во | Число проходч. чел. | Время по графику, смены |
|---|---|---|---|---|
| Бурение скважин ∅ 54мм и заделка цементационных трубок | м | 16,3 | 3 | 0,6 |
| Пикотаж зазоров в стенах крепи | м² | 190 | 3 | 5,2 |
| Пикотаж зазоров в своде крепи | м² | 450 | 3 | 20 |
| Устройство цементационных завес быстротвердеющими растворами | м³ | 8×2 | 3 | 1,7×2 |
| Тампонаж закрепного пространства | м³ | 83,2 | 3 | 17,5 |

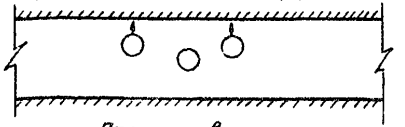



## Основные показатели

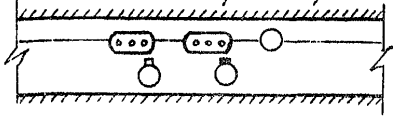
| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Площадь сечения в свету | м² | 10,0 |
| в проходке | м² | 13,2 |
| Тип крепи - СВП с ж/б затяж. | рам | 2 |
| Протяженность участка | м | 50 |
| Расстояние между ряд. скваж. | м | 4 |
| Количество скваж. в ряду | шт. | 2÷3 |
| Количество рабочих в смену | чел. | 3 |
| Продолжительность работ | смены | 46 |
| Трудозатраты | чел-см. | 140 |
| Производительность труда | м³ в св / чел-см | 3,57 |

## Расстановка рабочих по операциям

*Пикотаж щелей и заделка цементационных трубок*



*Приготовление и нагнетание раствора*



- *Нагнетание раствора*
- *Вспомогательные работы*

## Расход раствора и материалов

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Раствор состава Ц:П:В (1:2:1,5) | м³ | 2,6 |
| Раствор состава Ц:П:В (1:3:2) | м³ | 99,2 |
| Цемент | т | 31,0 |
| Песок | т | 97,6 |
| Хлористый кальций | т | 0,9 |

## Условные обозначения

- *Пикотаж щелей*
- *Приготовление раствора*

Схема 1, лист 2

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТАМПОНАЖА ЗАКРЕПНЫХ ПУСТОТ ДЛЯ ВЫРАБОТОК, ЗАКРЕПЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПЬЮ

(длина тампонируемого участка $L$ = 50 м)

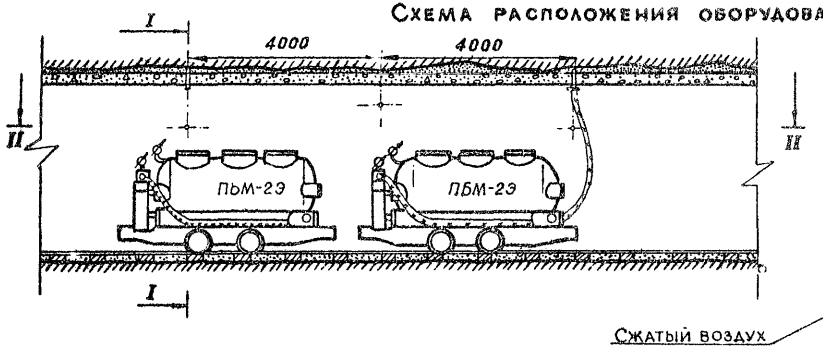
| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Бурение скважин ∅ 54 мм перфораторами и заделка в них цементационных трубок | м | 9,7 | ЕОНВ-76, §6 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 16,3 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Пикотаж зазоров в крепи: | | | | | | | | | | | |
| стены | м² | 12,1 | Т-66-71, §11 | 190,0 | 190,0 | 190,0 | 190,0 | 15,7 | 15,7 | 15,7 | 15,7 |
| свод | м² | 7,55 | Т-66-71, §11 | 310,0 | 450,0 | 600,0 | 750,0 | 41,1 | 59,6 | 79,5 | 99,3 |
| Устройство цементационных завес быстротвердеющими растворами | м³ | 1,58 | ЕНиР №36, §36-1-112 | 12,0 | 16,0 | 20,2 | 24,8 | 7,6 | 10,1 | 12,8 | 15,6 |
| Тампонаж закрепного пространства | м³ | 1,58 | ЕНиР №36, §36-1-112 | 63,0 | 83,2 | 106,3 | 130,2 | 39,9 | 52,6 | 67,3 | 82,4 |

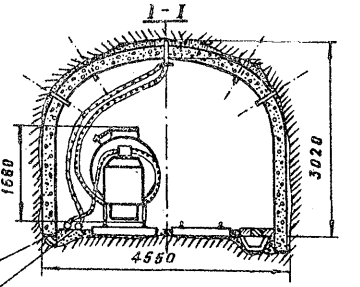
| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость тампонажа закрепных пустот | чел.-смены | 106,0 | 139,7 | 177,0 | 214,7 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 23,2 | 31,0 | 40,0 | 47,8 |
| песок | т | 73,7 | 97,6 | 124,0 | 152,0 |
| хлористый кальций | т | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,4 |

Схема 1, лист 3

# Технология тампонажа закрепных пустот в выработке с монолитной бетонной крепью

## Схема расположения оборудования и скважин

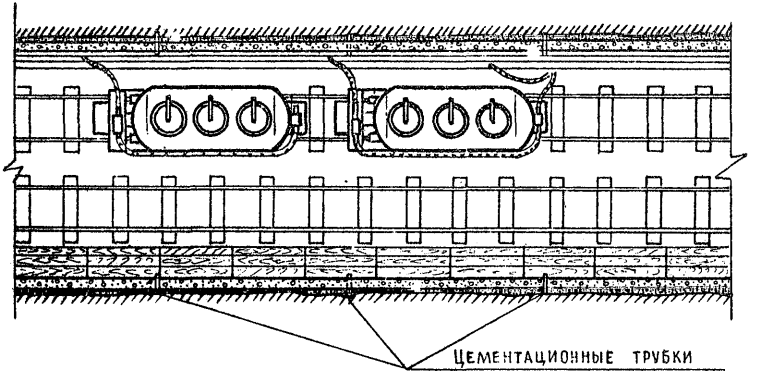



Сжатый воздух

Вода

II - II




## Основное оборудование

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Пневмобетономашина ПБМ-2э | шт. | 2 |
| Перфоратор ПР-30Л | шт. | 2 |
| Цементационная трубка | шт. | 32 |
| Рукав резиновый напорный с нитяными опл. ГОСТ 10362-63 | м | 30 |
| Вагонетка УВГ-2,5 | шт. | 2 |

Схема 2, лист 1

# График организации тампонажных работ

| Наименование операций | Объем работ: ед. изм. | Объем работ: кол-во | Число проходч. чел. | Время по графику, смены | Продолжительность работ, смены: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бурение скважин ⌀ 54 мм и заделка цементационных трубок | м | 16,3 | 3 | 0,6 | 0,6 | | | | | | | | | | | | | | |
| Устройство цементационных завес быстротвердеющими растворами | м³ | 8×2 | 3 | 1,7×2 | | | 3,4 | | | | | | | | | | | | |
| Тампонаж закрепного пространства | м³ | 83,2 | 3 | 17,6 | | | | | | | | | | | 17,6 | | | | |

## Основные показатели

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Площадь сечения в свету | м² | 10,0 |
| в проходке | м² | 13,2 |
| Тип крепи - монолит. бетон | - | - |
| Протяженность участка | м | 50 |
| Расстояние между ряд. скважин | м | 4 |
| Количество скваж. в ряду | шт. | 2÷3 |
| Количество рабочих в смену | чел. | 3 |
| Продолжительность работ | смены | 22 |
| Трудозатраты | чел-см | 64,5 |
| Производительность труда | м³ в сб. чел-см | 7,75 |

## Расход раствора и материалов

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Раствор состава Ц:П:В (1:3:2) | м³ | 99,2 |
| Цемент | т | 59,5 |
| Песок | т | 176,6 |
| Хлористый кальций | т | 0,° |

## Условные обозначения

- Бурение скважин
- Заделка цементационных трубок
- Приготовление раствора
- Нагнетание раствора
- Вспомогательные работы

## Расстановка рабочих по операциям




Схема 2, лист 2

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТАМПОНАЖА ЗАКРЕПНЫХ ПУСТОТ В ВЫРАБОТКЕ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПЬЮ
(длина тампонируемого участка L = 50 м)

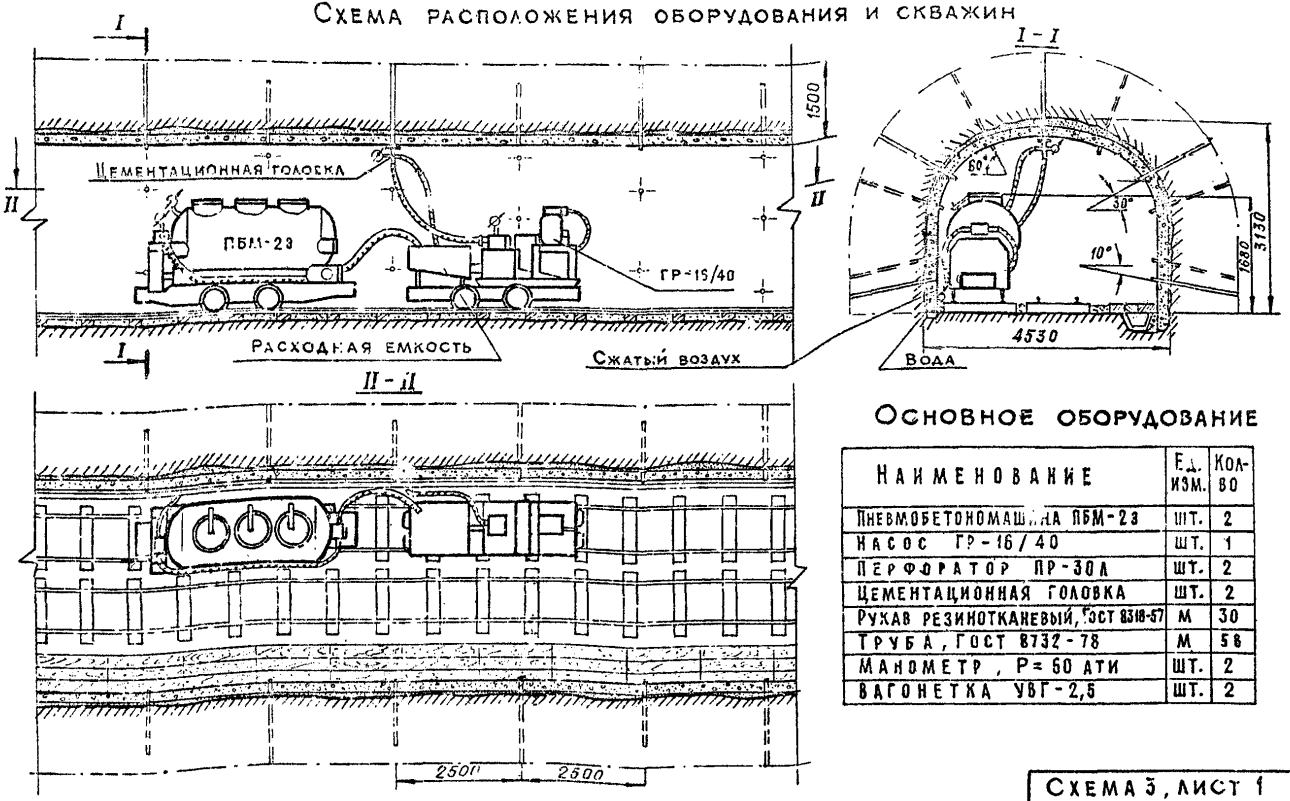
| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | I0,0 | I3,2 | I6,9 | 20,5 | I0,0 | I3,2 | I6,9 | 20,5 |
| Бурение скважин ∅ 54 мм перфораторами и заделка в них цементационных трубок | м | 9,7 | ЕОНВ-76, § 6 | I6,3 | I6,3 | I6,3 | I6,3 | I,7 | I,7 | I,7 | I,7 |
| Устройство цементационных завес быстротвердеющими растворами | м³ | I,58 | ЕНиР №36, §36-I-II2 | I2,0 | I6,0 | 20,2 | 24,8 | 7,6 | I0,I | I2,8 | I5,6 |
| Тампонаж закрепного пространства | м³ | I,58 | ЕНиР №36, §36-I-II2 | 83,0 | 83,2 | I06,3 | I30,2 | 39,9 | 52,6 | 67,3 | 82,4 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I0,0 | I3,2 | I6,9 | 20,5 |
| Трудоемкость тампонажа закрепных пустот | чел.-смены | 49,2 | 64,4 | 8I,8 | 99,7 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 22,4 | 29,7 | 37,8 | 46,3 |
| песок | т | 72,0 | 95,4 | I2I,4 | I48,7 |
| хлористый кальций | т | 0,7 | 0,9 | I,2 | I,4 |

Схема 2, лист 3

# Технология последующего упрочнения массива горных пород вокруг горной выработки

## Схема расположения оборудования и скважин




## Основное оборудование

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Пневмобетономашина ПБМ-23 | шт. | 2 |
| Насос ГР-16/40 | шт. | 1 |
| Перфоратор ПР-30Л | шт. | 2 |
| Цементационная головка | шт. | 2 |
| Рукав резинотканевый, ГОСТ 8318-57 | м | 30 |
| Труба, ГОСТ 8732-78 | м | 56 |
| Манометр, Р=60 ати | шт. | 2 |
| Вагонетка УВГ-2,5 | шт. | 2 |

Схема 3, лист 1

# ГРАФИК ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ПОСЛЕДУЮЩЕМУ УПРОЧНЕНИЮ ГОРНЫХ ПОРОД

| Наименование операций | Объем работ: ед. изм. | Объем работ: кол-во | Число проходч. чел. | Время по графику, смены | Продолжительность работ, смены: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Бурение скважин ⌀ 54 мм и заделка в них цементационных трубок | м | 58 | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Бурение скважин ⌀ 43 мм | м | 116 | 3 | 1,42 | | | | | | | | | | | | |
| Устройство цементационных завес: приготовление раствора | м³ | 2,4 | 1 | 0,6 | | | | | | | | | | | | |
| нагнетание раствора | м³ | 2,4 | 2 | 0,7 | | | | | | | | | | | | |
| Приготовление цементационного раствора | м³ | 21,2 | 1 | 5,3 | | | | | | | | | | | | |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | 21,2 | 2 | 6,15 | | | | | | | | | | | | |
| Бурение контрольных скважин ⌀ 76 мм с отбором керна | м | 36 | 3 | 1,6 | 0,8 | | | | | | | | | | | 0,8 |
| Вспомогательные работы | - | - | 1 | 0,85 | | | | | | | | | | | | |

## Основные показатели

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Площадь сечения в свету | м² | 10,0 |
| в проходке | м² | 13,2 |
| Протяженность участка | м | 50 |
| Толщина упрочняемой зоны | м | 1,5 |
| Количество скважин в ряду | шт. | 5÷6 |
| Расстояние между ряд. скваж. | м | 2,5 |
| Глубина скважин | м | 1,5 |
| Количество рабочих в смену | чел. | 3 |
| Трудозатраты | чел-см | 32,4 |
| Продолжительность работ | смены | 11,87 |
| Производительность труда | м³ в св. чел-см | 15,4 |

## Расстановка рабочих по операциям




## Расход раствора и материалов

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Раствор состава (Ц:В): | | |
| 1 : 0,6 | м³ | 2 |
| 1 : 1 | м³ | 2,5 |
| 1 : 2 | м³ | 4,5 |
| 1 : 3 | м³ | 6,0 |
| 1 : 5 | м³ | 8,5 |
| Цемент | т | 10,0 |
| Хлористый кальций | т | 0,3 |

## Условные обозначения

- Бурение скважин
- Установка цементац. трубок
- Вспомогательные работы

Схема 3, лист 2

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЛЕДУЮЩЕГО УПРОЧНЕНИЯ

(длина упрочняемого участка $L$ = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_т$ = 0,01, упрочняемая порода – песчаник)

| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Бурение скважин ∅ 54 мм перфораторами и заделка в них цементационных трубок | м | 9,7 | ЕОНВ-76, §6 | 47,0 | 58,0 | 68,0 | 89,0 | 4,9 | 6,0 | 7,0 | 9,2 |
| Бурение цементационных скважин ∅ 43 мм | м | 27,3 | ЕНиР №36, §36-1-46 | 37,6 | 81,2 | 136,0 | 267,0 | 1,4 | 3,0 | 5,0 | 9,8 |
| Устройство цементационных завес: | | | | | | | | | | | |
| приготовление цементационного раствора | м³ | 4,0 | СНиП-65,ч.IУ,гл.20, §26, т.20-29 | 1,2 | 1,8 | 2,5 | 3,9 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,9 |
| нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 1,2 | 1,8 | 2,5 | 3,9 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 2,3 |
| Приготовление цементационного раствора для упрочнения | м³ | 4,0 | СНиП-65,ч.IУ,гл.20, §26,т.20-29 | 10,4 | 16,2 | 22,5 | 35,1 | 2,6 | 4,1 | 5,6 | 8,8 |
| Нагнетание цементационного раствора для упрочнения | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 10,4 | 16,2 | 22,5 | 35,1 | 6,1 | 9,4 | 16,1 | 20,4 |
| Бурение контрольных скважин ∅ 76 мм с отбором керна | м | 8,0 | ЕОНВ-76, §60 | 25,2 | 30,6 | 36,0 | 45,0 | 3,2 | 3,8 | 4,5 | 5,6 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 19,2 | 27,9 | 40,3 | 57,0 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 5,5 | 8,0 | 11,0 | 16,5 |
| хлористый кальций | т | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,5 |

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЛЕДУЮЩЕГО УПРОЧНЕНИЯ

(длина упрочняемого участка L = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_т$ = 0,01, упрочняемая порода - аргиллит, алевролит)

| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Бурение скважин ϕ 54 мм перфораторами и заделка в них цементационных трубок | м | 9,7 | ЕОНВ-76, § 6 | 47,0 | 58,0 | 68,0 | 89,0 | 4,9 | 6,0 | 7,0 | 9,2 |
| Бурение цементационных скважин ϕ 43 мм | м | 27,3 | ЕНиР №36; §36-1-46 | 56,4 | 116,0 | 176,8 | 356,0 | 2,1 | 4,3 | 6,5 | 13,0 |
| Устройство цементационных завес: | | | | | | | | | | | |
| приготовление цементационного раствора | м³ | 4,0 | СНиП-65, ч.IУ, гл. 20, §26 | 1,5 | 2,4 | 3,2 | 5,1 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,3 |
| нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, § 14 | 1,5 | 2,4 | 3,2 | 5,1 | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 3,0 |
| Приготовление цементационного раствора для упрочнения | м³ | 4,0 | СНиП-65, ч.IУ, гл. 20, § 26 | 13,5 | 21,2 | 28,8 | 45,5 | 3,4 | 5,3 | 7,2 | 11,4 |
| Нагнетание цементационного раствора для упрочнения | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, § 14 | 13,5 | 21,2 | 28,8 | 45,5 | 7,8 | 12,3 | 16,7 | 26,5 |
| Бурение контрольных скважин ϕ 76 мм с отбором керна | м | 8,0 | ЕОНВ-76, § 60 | 28,8 | 36,0 | 41,4 | 54,0 | 3,6 | 4,5 | 5,2 | 6,8 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 23,1 | 34,4 | 45,3 | 71,2 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 6,0 | 10,0 | 13,5 | 21,5 |
| хлористый кальций | т | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,7 |

СХЕМА 3, ЛИСТ 4

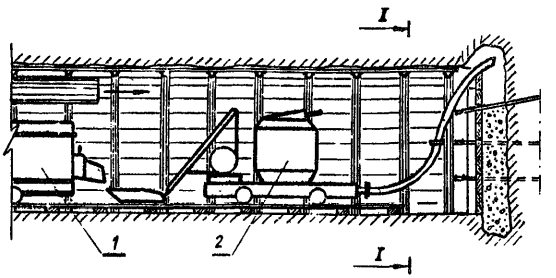
## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОСЛЕДУЮЩЕГО УПРОЧНЕНИЯ
(длина упрочняемого участка $L$ = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_T$ = 0,01, упрочняемая порода - уголь)

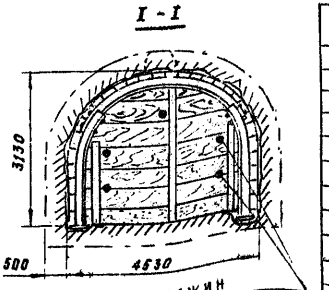
| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Бурение скважин ∅ 54 мм перфораторами и заделка в них цементационных трубок | м | 9,70 | ЕОНВ-76, §6 | 47,0 | 58,0 | 68,0 | 89,0 | 4,9 | 6,0 | 7,0 | 9,2 |
| Бурение цементационных скважин ∅ 43мм | м | 27,30 | ЕНиР №36, §36-1-46 | 65,8 | 127,6 | 204,0 | 391,6 | 2,4 | 4,7 | 7,5 | 14,3 |
| Устройство цементационных завес: | | | | | | | | | | | |
| приготовление цементационного раствора | м³ | 4,0 | СНиП-65,ч.IУ,гл.20 §26,т.20-29 | 1,7 | 2,5 | 3,6 | 5,5 | 0,4 | 0,6 | 0,9 | 1,4 |
| нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 1,7 | 2,5 | 3,6 | 5,5 | 1,0 | 1,5 | 2,1 | 3,2 |
| Приготовление цементационного раствора для упрочнения | м³ | 4,00 | СНиП-65,ч.IУ,гл.20 §26,т.20-29 | 14,9 | 22,5 | 32,0 | 49,5 | 3,7 | 5,6 | 8,0 | 12,4 |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 14,9 | 22,5 | 32,0 | 49,5 | 8,7 | 13,1 | 18,6 | 28,8 |
| Бурение контрольных скважин ∅ 76 мм с отбором керна | м | 8,00 | ЕОНВ-76, §60 | 30,6 | 37,8 | 45,0 | 57,6 | 3,8 | 4,7 | 5,6 | 7,2 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 24,9 | 36,2 | 49,7 | 76,5 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 7,0 | 11,0 | 15,2 | 23,5 |
| хлористый кальций | т | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,7 |

# Технология возведения комбинированной тампонажной перемычки при предварительном упрочнении горных пород

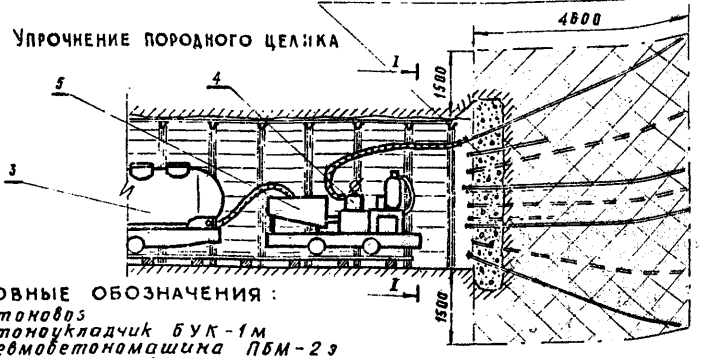
## Возведение бетонной перемычки



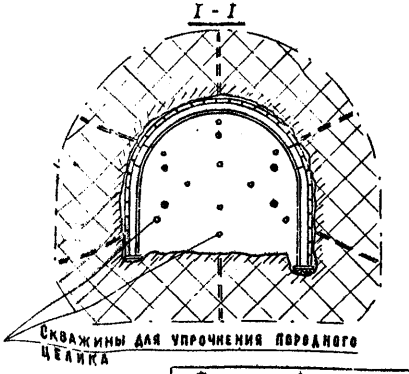

Кондукторные трубы основных скважин

## Упрочнение породного целика




## Основное оборудование

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Буровой станок НКР-100М | шт. | 1 |
| Перфоратор ПР-30 А | шт. | 1 |
| Бетоноукладчик БУК-1м | шт. | 1 |
| Пневмобетономашина ПБМ-2э | шт. | 1 |
| Насос ГР-16/40 | шт. | 1 |
| Цементационная головка | шт. | 2 |
| Рукав буровой оплеточн. по МРТУ 38-10587-73 | м | 8 |
| Труба Гост 8732-78 | м | 8,5 |
| Манометр Р=25-40 ати | шт. | 2 |
| Манометр Р=80-100 ати | шт. | 2 |




Скважины для упрочнения породного целика

## Условные обозначения:

1 - Бетоновоз
2 - Бетоноукладчик БУК-1м
3 - Пневмобетономашина ПБМ-2э
4 - Насос ГР-16/40
5 - Расходная емкость

Схема 4, лист 1

# График организации работ по возведению комбинированной тампонажной перемычки

| Наименование операций | Объем работ: ед. изм. | Объем работ: кол-во | Число проходч. чел. | Время по граф. смены | Продолжительность работ, смены: 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Разделка вруба для перемычки | м³ | 4,2 | 3 | 0,66 | | | | | | | | | | |
| Монтаж и демонтаж НКР-100 м | компл | 3 | 3 | 1,4 | | | | | | | | | | |
| Бурение скважин ф125 мм под кондукторы | м | 6,0 | 3 | 0,4 | | | | | | | | | | |
| Устройство бетонной перемычки | м³ | 10,8 | 3 | 4,5 | | | | | | | | | | |
| Бурение скважин ф54 мм и заделка цементац. трубок | м | 10,8 | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| Бурение скважин ф43 мм для упрочнения пород. целика | м | 31 | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| Приготовление раствора для упрочнения пород. целика | м³ | 3,4 | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| Нагнетание раствора | м³ | 3,4 | 2 | 1,0 | | | | | | | | | | |
| Вспомогательные работы | - | - | 1 | 1,0 | | | | | | | | | | |

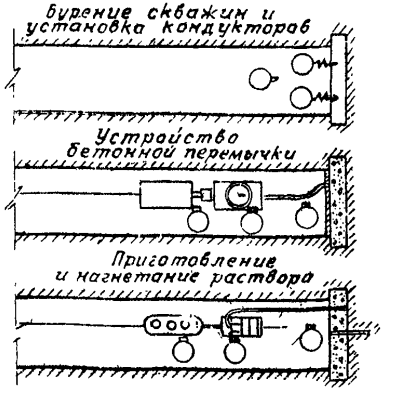
## Основные показатели

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Площадь поперечного сечения в свету | м² | 10,0 |
| в проходке | м² | 13,2 |
| Толщина бетонной перемычки | м | 0,5 |
| Толщина упрочняемого целика | м | 4,1 |
| Количество скв. для упрочн. массива | шт. | 5 |
| Кол-во скваж. для упрочн. целика | шт. | 10 |
| Количество рабочих в смену | чел. | 3 |
| Трудозатраты | чел см | 21,9 |
| Продолжительность работ | смен | 9 |

## Условные обозначения:

- - бурение скважин
- - установка кондукторов
- - приготовление раствора
- - нагнетание раствора

## Расстановка рабочих по операциям




## Расход раствора и материалов

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Бетон М 150 | м³ | 10,8 |
| Раствор состава (Ц:В): | | |
| 1 : 0,5 | м³ | 0,3 |
| 1 : 1 | м³ | 0,4 |
| 1 : 2 | м³ | 0,7 |
| 1 : 3 | м³ | 0,9 |
| 1 : 5 | м³ | 1,2 |
| Цемент | т | 1,4 |
| Хлористый кальций | т | 0,08 |

Схема 4, лист 2

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ПЕРЕМЫЧКИ И УПРОЧНЕННОГО ПОРОДНОГО ЦЕЛИКА ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ УПРОЧНЕНИИ

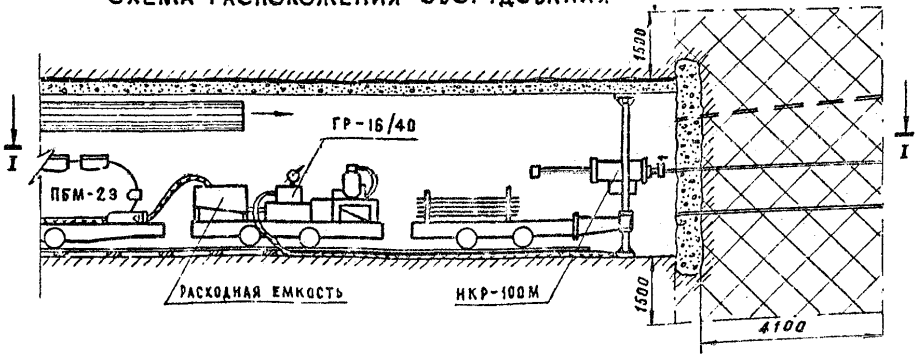
| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Разделка вруба для перемычки | м³ | 2,14 | ЕНиР №36, §36-1-95 | 4,0 | 4,2 | 5,7 | 6,2 | 1,9 | 2,0 | 2,7 | 2,9 |
| Монтаж и демонтаж станка НКР-100м | компл. | 0,72 | ЕНиР №36, §36-1-53 | 2 | 3 | 3 | 4 | 2,8 | 4,2 | 4,2 | 5,5 |
| Бурение скважин ∅ 125 мм под кондукторы | м | 8,45 | ЕНиР №36, §36-1-52 | 8,4 | 10,5 | 12,6 | 14,7 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,7 |
| Устройство бетонной перемычки: | | | | | | | | | | | |
| установка кондукторов | шт. | 3,50 | НИР, Донецк-70, §9 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 1,1 | 1,4 | 1,7 | 2,0 |
| установка опалубки | м² | 13,00 | ЕНиР №36, §36-1-74 п.1 | 10,0 | 13,0 | 17,0 | 20,0 | 0,8 | 1,0 | 1,3 | 1,5 |
| приготовление бетонной смеси | м³ | 3,24 | ЕНВ ч.П, §110 | 9,0 | 10,8 | 14,2 | 16,4 | 2,7 | 3,3 | 4,4 | 5,1 |
| механизированная укладка бетонной смеси за опалубку | м³ | 4,60 | ЕНиР №36, §36-1-78 | 9,0 | 10,8 | 14,2 | 16,4 | 2,0 | 2,3 | 3,1 | 3,6 |
| снятие опалубки | м² | 30,00 | ЕНиР №36, §36-1-74 п.8 | 10,0 | 13,0 | 17,0 | 20,0 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,7 |
| Бурение скважин ∅ 54 мм и закладка в них цементационных трубок | м | 9,70 | ЕОНВ-76, §6 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 |
| Бурение скважин ∅ 43 мм для упрочнения породного целика | м | 27,50 | ЕНиР №36, §36-1-46 | 21,6 | 36,0 | 54,0 | 72,0 | 0,8 | 1,3 | 2,0 | 2,6 |
| Приготовление цементационного раствора для упрочнения породного целика | м³ | 4,00 | СНиП-65, ч.IУ, гл.20 §26, т 20-29 | 1,8 | 3,4 | 5,5 | 9,1 | 0,5 | 0,9 | 1,4 | 2,3 |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕНиР №36, §36-1-53 | 1,8 | 3,4 | 5,5 | 9,1 | 1,1 | 2,0 | 3,2 | 5,3 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость возведения бетонной перемычки и упрочненного породного целика | чел.-смен | 15,8 | 21,0 | 27,3 | 34,6 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 0,6 | 1,4 | 2,3 | 3,8 |
| хлористый кальций | т | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,11 |

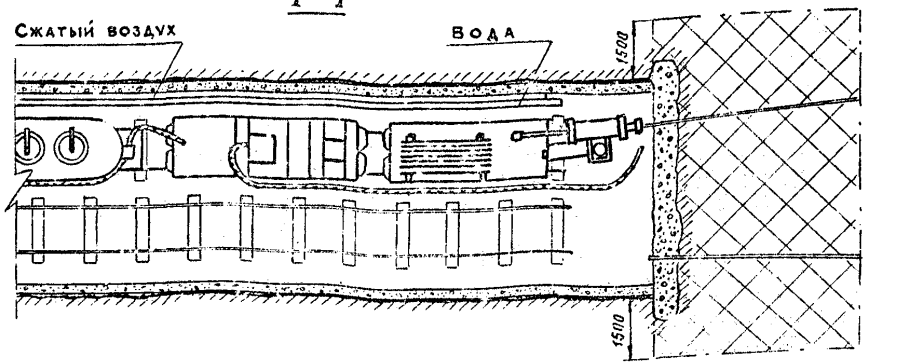
Схема 4, лист 3

# Технология предварительного упрочнения горных пород

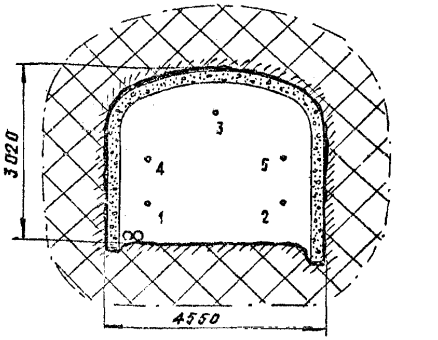
## Схема расположения оборудования




I - I




## Схема расположения и очередность бурения скважин




## Основное оборудование

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Буровой станок НКР-100М | шт. | 1 |
| Пневмобетономашина ПБМ-23 | шт. | 2 |
| Насос ГР-16/40 | шт. | 1 |
| Цементационная головка | шт. | 2 |
| Рукав буровой оплеточн. по МРТУ 38-10557-73 | м | 10 |
| Манометр Р= 60 ати | шт. | 2 |
| Вагонетка УВГ-2,5 | шт. | 2 |

Схема 5, лист 1

# График организации работ по предварительному упрочнению горных пород

| Наименование операций | Объем работ: ед. изм. | Объем работ: кол-во | Число проходчиков, чел. | Время по графику, смены |
|---|---|---|---|---|
| Монтаж и демонтаж НКР-100М | компл. | 5,0 | 3 | 2,3 |
| Бурение скважин ф 105 мм | м | 210 | 3 | 9,5 |
| Приготовление и нагнетание раствора | м³ | 35,5 | 3 | 9,9 |
| Разбуривание цементного камня | м | 250 | 3 | 3,3 |
| Разборка предохранительной бетонной перемычки | м³ | 5,0 | 3 | 0,4 |

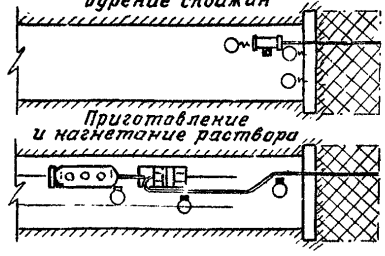



Примечание: *затраты времени на возведение предохранительной перемычки приведены в схеме 4 лист 2.*

## Основные показатели

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Площадь сечения в свету | м² | 10,0 |
| в проходке | м² | 13,2 |
| Протяженность участка | м | 50 |
| Количество скважин | шт. | 5 |
| Количество заходок | шт. | 3 |
| Длина заходки | м | 17 |
| Количество рабочих в смену | чел. | 3 |
| Трудозатраты | чел-см | 76,1 |
| Продолжительность работ | см. | 25,4 |
| Производительность труда | м³-св / чел-см | 5,6 |

## Расстановка рабочих по операциям




Условные обозначения:

- *бурение скважин*
- *приготовление раствора*
- *нагнетание раствора*

## Расход раствора и материалов

| Наименование | Ед. изм. | Кол-во |
|---|---|---|
| Раствор состава (ц:в) | | |
| 1 : 0,5 | м³ | 2,5 |
| 1 : 1 | м³ | 4,0 |
| 1 : 2 | м³ | 6,5 |
| 1 : 3 | м³ | 9,5 |
| 1 : 5 | м³ | 13,0 |
| Цемент | т | 15,0 |
| Хлористый кальций | т | 0,5 |

Схема 5, лист 2

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УПРОЧНЕНИЯ С ВОЗВЕДЕНИЕМ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ПЕРЕМЫЧКИ

(длина упрочняемого участка L = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_T$ = 0,01, упрочняемая порода - песчаник)

| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Возведение предохранительной бетонной перемычки | | | | | | | | 15,8 | 21,0 | 27,3 | 34,6 |
| Монтаж и демонтаж бурового станка НКР-100М | компл. | 0,72 | ЕНиР №36, §36-I-53 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 5,6 | 6,9 | 8,3 | 9,7 |
| Бурение цементационных скважин ⌀ 105 мм | м | 8,45 | ЕНиР №36, §36-I-52 | 192,0 | 240,0 | 288,0 | 336,0 | 22,7 | 28,4 | 34,1 | 39,8 |
| Приготовление цементационного раствора | м³ | 4,00 | СНиП-65, ч.IУ, гл.20 §26, т.20-29 | 25,5 | 35,5 | 48,5 | 67,0 | 6,4 | 8,9 | 12,1 | 16,8 |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 25,5 | 35,5 | 48,5 | 67,0 | 14,8 | 20,6 | 28,2 | 39,0 |
| Разбуривание цементного камня | м | 25,00 | ЕНиР №36, §36-I-52 | 200,0 | 250,0 | 300,0 | 350,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 |
| Разборка предохранительной бетонной перемычки | м³ | 3,87 | ЕНиР №36, §36-I-60 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,3 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 74,3 | 97,1 | 123,8 | 156,2 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 8,5 | 15,0 | 20,5 | 28,5 |
| хлористый кальций | т | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 0,9 |

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УПРОЧНЕНИЯ С ВОЗВЕДЕНИЕМ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ПЕРЕМЫЧКИ

(длина упрочняемого участка $L$ = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_T$ = 0,01, упрочняемая порода – алевролит, аргиллит)

| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | I0,0 | I3,2 | I6,9 | 20,5 | I0,0 | I3,2 | I6,9 | 20,5 |
| Возведение предохранительной бетонной перемычки | | | | | | | | I5,8 | 2I,0 | 27,3 | 34,6 |
| Монтаж и демонтаж бурового станка НКР-I00М | компл. | 0,72 | ЕНиР №36, §36-I-53 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 5,6 | 6,9 | 8,3 | 9,7 |
| Бурение цементационных скважин ø I05 мм | м | 8,45 | ЕНиР №36, §36-I-52 | I92,0 | 240,0 | 288,0 | 336,0 | 22,7 | 28,4 | 34,I | 39,8 |
| Приготовление цементационного раствора | м³ | 4,00 | СНиП-65,ч.IУ,гл.20 §26, т.20-29 | 28,5 | 4I,0 | 55,0 | 79,0 | 7,I | I0,3 | I3,8 | I9,8 |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | I,72 | ЗОНЕ 76, §I4 | 28,5 | 4I,0 | 55,0 | 79,0 | I6,6 | 23,8 | 36,0 | 45,9 |
| Разбуривание цементного камня | м | 25,00 | ЕНиР №36, §36-I-52 | 200,0 | 250,0 | 300,0 | 350,0 | 8,0 | I0,0 | I2,0 | I4,0 |
| Разборка предохранительной бетонной перемычки | м³ | 3,87 | ЕНиР №36, §35-I-60 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | I,0 | I,3 | I,8 | 2,3 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I0,0 | I3,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 76,8 | I0I,7 | I29,3 | I65,6 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 9,5 | I7,5 | 23,0 | 33,5 |
| хлористый кальций | т | 0,3 | 0,5 | 0,7 | I,0 |

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УПРОЧНЕНИЯ С ВОЗВЕДЕНИЕМ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ БЕТОННОЙ ПЕРЕМЫЧКИ

(длина упрочняемого участка $l$ = 50 м, коэффициент трещиноватости $m_т$ = 0,01, упрочняемая порода - уголь)

| Наименование операций | Ед. изм. | Норма выработки | Обоснование | Объемы работ для выработок сечением в проходке, м² | | | | Трудоемкость (чел.-смен) для выработок сечением в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Возведение предохранительной бетонной перемычки | | | | | | | | 15,8 | 21,0 | 27,3 | 34,6 |
| Монтаж и демонтаж бурового станка БКР-100М | компл. | 0,72 | ЕНиР №36, §36-1-53 | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 5,6 | 6,9 | 8,3 | 9,7 |
| Бурение цементационных скважин ⌀ 105 мм | м | 8,45 | ЕНиР №36, §36-1-52 | 192,0 | 240,0 | 288,0 | 336,0 | 22,7 | 28,4 | 34,1 | 39,8 |
| Приготовление цементационного раствора | м³ | 4,00 | СНиП-65, ч.IУ, гл.20, §26, т.20-29 | 30,5 | 45,0 | 59,5 | 85,0 | 7,6 | 11,3 | 14,9 | 21,3 |
| Нагнетание цементационного раствора | м³ | 1,72 | ЕОНВ-76, §14 | 30,5 | 45,0 | 59,5 | 85,0 | 17,7 | 26,2 | 34,6 | 49,4 |
| Разбуривание цементного камня | м | 25,0 | ЕНиР №36, §36-1-52 | 200,0 | 250,0 | 300,0 | 350,0 | 8,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 |
| Разборка предохранительной бетонной перемычки | м³ | 3,87 | ЕНиР №36, §36-1-60 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 1,0 | 1,3 | 1,8 | 2,3 |

| Наименование показателей | Ед. изм. | Площадь сечения выработки в проходке, м² | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 10,0 | 13,2 | 16,9 | 20,5 |
| Трудоемкость упрочнения | чел.-смены | 78,4 | 105,1 | 133,0 | 171,1 |
| Расход материалов: | | | | | |
| цемент | т | 13,0 | 19,0 | 25,5 | 36,5 |
| хлористый кальций | т | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 |

## 7. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ПРАВИЛА ПРИЕМКИ РАБОТ

7.I. Работы по упрочнению горных пород являются скрытыми, неподдающимися непосредственному осмотру или обмеру, и поэтому подлежат обязательному документированию в процессе их производства. В документации должен быть отражен следующий примерный состав сведений:

дата с указанием времени суток начала и окончания выполнения видов работ;

схема расположения, номера скважин и отметки границ участков (заходок), 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 цементного камня;

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

результаты испытаний горных пород на удельное водопоглощение 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.I сведения регистрируют в журналах (приложение 2):

буровых работ (форма I);

испытания упрочняемого горного массива на удельное водопоглощение (форма 2);

нагнетания упрочняющих растворов (форма 3);

лабораторных исследований цементационных растворов и цементного камня (форма 4);

лабораторных исследований физико-механических свойств упрочненных горных пород по материалам бурения скважин с отбором керна (форма 5).

7.3. Названные в п. 7.2 журналы являются отчетными техническими документами. Документация оформляется в одном экземпляре организацией, производящей работы, хранится на месте выполнения работ и предъявляется при приемке работ.

7.4. Исходные данные по геологии и гидрогеологии, используемые при проектировании работ по упрочнению горных 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 обнаружении 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 производства упрочнения, 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 производства упрочнения горных пород, и утверждены в установленном порядке.

7.6. Приемку работ по упрочнению горных пород следует осуществлять в порядке, установленном СНиП III-II-77:

- сменную (по объемам работ, заканчиваемых в течение смены) - сменным мастером или начальником участка;

- ежемесячную и окончательную - представителями организации, производящей работы, и заказчика.

7.7. К акту окончательной приемки-сдачи работ по упрочнению горных пород должны быть приложены: перечень утвержденных изменений и дополнений к проекту упрочнения, краткое описание фактических условий и способов производства цементационных работ, исполнительные чертежи упрочнения с указанием расположения скважин и разбивки упрочняемой зоны на заходки, акты об испытании контрольных скважин на удельное водопоглоще-

ние, сводная ведомость расходов упрочняющих растворов (с указанием концентраций) и материалов для приготовления растворов по заходкам (при предварительном упрочнении по каждой скважине в отдельности), сводная ведомость буровых работ, данные испытаний цементационных растворов и цементного камня, результаты определения физико-механических свойств упрочненных горных пород.

## 8. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

8.I. 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 производиться только под руководством лиц, имеющих законченное горнотехническое 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 I,5 раза наибольшее давление нагнетания.

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

8.I0. 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.

8.II. Разборка и ремонт цементационной системы под давлением запрещаются.

8.I2. Концы нагнетательных трубопроводов должны быть прочно закреплены способом, исключающим возможность их срыва при работе насосов.

8.I3. Запрещается пользоваться шлангами, имеющими вздутие и неисправными манометрами.

8.I4. Запрещается производить быстрое перекрывание кранов на коммуникациях растворопроводов. Краны должны перекрываться плавно.

8.I5. Пускать и останавливать механизмы можно только по сигналам, известным всему обслуживающему персоналу.

8.I6. При ремонтных работах внутри растворосмесителя его приводные ремни должны быть сняты.

8.I7. Проходку горных выработок в зацементированных горных породах производят обычным способом с соблюдением действующих правил безопасности.

8.I8. При производстве буровзрывных работ следует осуществлять меры предосторожности, снижающие растрескивание упрочненных горных пород.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л., I977 (ВНИМИ).

2. Инструкция по проектированию крепей капитальных горных выработок для условий угольных шахт Кузбасса. Кемерово, I978 (Кузниишахтострой).

3. Указания по упрочнению пород с целью повышения устойчивости горных выработок. Макеевка, I978 (МакИСИ).

4. СНиП II-II-77 "Подземные горные выработки". М., I978.

5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., "Недра", I973.

6. Разработать и внедрить технологию упрочнения массивов горных пород с помощью цементации в зонах геологических нарушений. Кузниишахтострой, заключительный отчет по работе I504I4. Кемерово, I979.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

## ПРИМЕРЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ УПРОЧНЕНИЯ

### Пример I. Предварительное упрочнение

Полевой штрек проводится в зоне дробления, длиной 50 м, сопровождающей крупное тектоническое нарушение. Площадь поперечного сечения выработки в проходке I3,2 м$^2$, ширина $\ell$ = 4,6 м. Глубина расположения от поверхности $H_в$ =300 м. Вмещающие породы представлены алевролитами со следующими характеристиками: предел прочности одноосному сжатию $\sigma_{сж}$=450 кгс/см$^2$; удельное водопоглощение $q_1$ =-0,4 л/мин·м·м вод.ст.; коэффициент трещиноватости $m_т$ = 0,03; коэффициент поровой проницаемости $K_г$ = 0,25 дарси.

Бурение скважин осуществляется станком НКР-I00М, нагнетание растворов – одним насосом: Гр-I6/40.

I. Определяем необходимую толщину зоны упрочнения по графику рис. 2.I. $C$ = I,5 м.

2. Количество цементационных скважин принимаем согласно табл. 2.I равным 6.

3. Рассчитываем коэффициент трещинной проницаемости горных пород по формуле п. 2.7

$$K_o = 0{,}043 \cdot 10^{12 \cdot 0{,}03^{2{,}1} \cdot 0{,}001^2} = 27 \text{ (дарси)}$$

4. Согласно табл. 2.2 начальная концентрация цементационного раствора $Ц_0 : В_0$ = I : 5.

5. Начальное давление нагнетания принимаем равным 2 кгс/см$^2$. Для определения конечного давления нагнетания определяем предельный радиус цементации. Исходя из площади поперечного сечения выработки, периметра контура расположения забоев скважин и их количества, расстояние между забоями скважин составляет 2 м. Учитывая, что толщина зоны упрочнения составляет I,5 м, принимаем $R$ = 2 м. Конечное давление нагнетания на первой скважине определяем по номограмме рис. 2.3. $P_т$ = 3,5; 5; 6; I0 и 30 кгс/см$^2$ соответственно для растворов с Ц:В = I:5, I:3, I:2, I:I и I;0,8. Конечное давление нагнетания на последующих скважинах определяем по графикам рис. 2.4.

6. Длину цементационных заходок определяем по номограмме рис. 2.5 (принимая $Q_{ск}$ = 250 л/мин и $q_o = q_1$) $L$ = I5 м. Принятое буровое оборудование обеспечивает бурение скважин на заходках с полученной длиной. Упрочнение производят с одной остановкой забоя тремя цементационными заходками.

7. Рассчитываем степень отфильтровывания жидкой фазы из цементационного раствора по графикам рис. 2.6 $\eta$ = 60%.

8. Рассчитываем критерий потери подвижности раствора в трещинах вследствие отфильтровывания жидкой фазы по формуле п. 2.I2

$$\eta^* = 100 \left(1 - \frac{1/5 + 3}{5{,}5}\right) = 42 \ (\%).$$

9. Согласно табл. 2.3, учитывая, что $\eta/\eta^* > 1{,}4$, определяем, что для уменьшения водоотдачи необходимо введение в раствор специальных добавок (например жидкого стекла до 3% от веса цемента) или проведение предварительной химической обработки упрочняемого массива.

I0. Согласно табл. 2.6 ориентировочно определяем расход раствора: 9,0 м$^3$ раствора с Ц:В = I:0,5; I3,5 м$^3$ – с Ц:В = I:I; 24,0 м$^3$ – с Ц:В = I:2; 33,0 м$^3$ – с Ц:В = I:3; 43,5 м$^3$ – с Ц:В = I:5. Общий расход раствора составляет I23,0 м$^3$, цемента – 52,5 т.

II. Определяем толщину предохранительной перемычки в виде искусственно укрепленного целика по графикам рис. 2.7 при $P$ = 50 кгс/см$^2$, $B$ = 6,9 м.

I2. Определяем минимальную толщину стенки трубы – кондуктора по графикам рис. 2.9, принимая $P$ = 50 кгс/ см$^2$ и $d_o$ = 0,I м; $C_к$ = 0,0025 м.

I3. Определяем глубину заделки трубы – кондуктора по графикам рис. 2.I0 для бетона М 200 при $P$ = 50 кгс/см$^2$ и $d_к$ = 0,I05 м, $\ell_к$ = 2,I м.

Пример 2. Последующее упрочнение

Полевой штрек с площадью поперечного сечения в проходке 13,2 м$^2$, шириной $\ell$ = 4,6 м, длиной 100 м, закреплен бетонной крепью. Глубина расположения от поверхности $H_в$ = 300 м. Вмещающие породы представлены алевролитами с прочностью $\sigma_{сж}$ = 450 кгс/см$^2$, их удельное водопоглощение $q_1$ =0,8л/мин.м.м водст., коэффициент трещиноватости $m_т$ = 0,05, коэффициент поровой проницаемости $K_т$ = 0,10 дарси.

Бурение скважин осуществляется перфораторами. Для нагнетания растворов при тампонаже закрепных пустот принят насос СО-10, при упрочнении - насос Гр-16/40.

1. Согласно графику рис. 2.1 необходимая толщина зоны упрочнения равна 1,5 м.

2. Согласно табл. 2.1 количество цементационных скважин принимаем равным 6 в четном и 7 в нечетном рядах при расстояниях между рядами 2,3 м.

3. Длину цементационных скважин согласно п. 2.8 принимаем равной $L = C$ = 1,5 м.

4. Рассчитываем коэффициент трещинной проницаемости горных пород по формуле п. 2.7

$$K_o = 0{,}043 \cdot 10^{12} \cdot 0{,}05^{2{,}1} \cdot 0{,}001^2 \approx 80 \quad \text{(дарси)}$$

5. Согласно табл. 2.2 ориентировочно определяем начальную концентрацию цементационного раствора Ц$_o$:В$_o$ = 1:3.

6. Начальное давление нагнетания принимаем равным 1 кгс/см$^2$. Для определения конечного давления нагнетания предельный радиус цементации принимаем равным $R$ = 2,5 м. Конечное давление нагнетания на первой скважине определяем по номограмме рис. 2.3 $P_1$ = 2,8; 3,3; 5,8; 15 и 45 кгс/см$^2$ соответственно для растворов с Ц:В = 1:3; 1:2; 1:1; 1:0,8 и 1:0,6. Конечное давление нагнетания на последующих скважинах определяем по графикам рис. 2.4.

7. По графикам рис. 2.6 рассчитываем степень отфильтровывания жидкой фазы из цементационного раствора $\eta$ = 50%.

8. Определяем критерий потери подвижности раствора в трещинах вследствие отфильтровывания жидкой фазы по формуле п. 2.12

$$\eta^* = 100\left(1 - \frac{1/3 + 3}{5{,}5}\right)^{0{,}6} = 40 \ (\%).$$

9. Согласно табл. 2.3, учитывая, что $1 < \eta/\eta^* < 1{,}4$, определяем необходимость корректировки начальной концентрации раствора

$$Ц_o : В_o = 1 : 3\,\frac{100}{100-50} = 1 : 6$$

10. Согласно табл. 2.4 определяем расход цементно-песчаного раствора с Ц:П:В = 1:3:2 равный 99 м$^3$. При этом расходы цемента и песка составляют соответственно 29,5 и 89,0 т.

11. Согласно табл. 2.6 ориентировочно определяем расход раствора: 6,0; 7,5; 13,5; 18,0 и 25,5 м$^3$ соответственно для Ц:В = 1:0,5; 1:1; 1:2; 1:3; 1:5. Общий расход раствора составляет 70,5 м$^3$, цемента - 30,0 т.

12. По графикам рис. 2.9 определяем минимальную толщину стенки трубы - кондуктора, принимая $P$ = 45 кгс/см$^2$ и $d_o$ = 0,038 м, $C_к$ = 0,001 м.

13. Длину кондукторных труб при тампонаже закрепных пустот принимаем равной 0,5 м, а при упрочнении - 0,8 м.

Приложение 2

## ФОРМЫ ЖУРНАЛОВ УЧЕТА РАБОТ ПО УПРОЧНЕНИЮ

Форма I

### ЖУРНАЛ БУРОВЫХ РАБОТ

Наименование строительной организации (участка) _____

Объект строительства _____

Наименование выработки _____

Тип буровой установки _____

Способ очистки скважин (промывка, продувка) _____

Способ упрочнения (предварительное, последующее) _____

Проектная глубина _____ м и диаметр _____ мм скважин _____

Схема расположения скважин

| Дата, смена | Номер заходки | Номер ряда, скважины | Диаметр скважин, мм | Глубина скважин, м | Пробурено за смену, м | Время бурения, ч-мин | | Конечная глубина скважин, м | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | начало | конец | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 |

Форма 2

## ЖУРНАЛ ИСПЫТАНИЯ УПРОЧНЯЕМОГО ГОРНОГО МАССИВА НА УДЕЛЬНОЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ

Наименование строительной организации (участка) _____

Объект строительства _____

Наименование выработки _____

Расположение испытуемых скважин _____

Схема расположения испытуемых скважин

| Дата, смена | Номер захватки, ряда скважин | Номера рядов, скважины | Длина испытуемой скважины, м | Определение водопоглощения | | | | | | | | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | до упрочнения | | | | | после упрочнения | | | | | | |
| | | | | давление нагнетания, м вод. ст. | время нагнетания при установившемся расходе, ч-мин | | количество закачанной воды при установившемся расходе, л | удельное водопоглощение, л/мин·м·м вод. ст. | коэффициент трещинной проницаемости, дарси | давление нагнетания, м вод. ст. | время нагнетания при установившемся расходе, ч-мин | | количество закачанной воды при установившемся расходе, л | удельное водопоглощение, л/мин·м·м вод. ст. | коэффициент трещинной проницаемости, дарси | |
| | | | | | начало | конец | | | | | начало | конец | | | | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 | I7 |

Форма 3

## ЖУРНАЛ НАГНЕТАНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ РАСТВОРОВ

Наименование строительной организации (участка) _____

Объект строительства _____

Наименование выработки _____

Тип, количество и производительность насосов и растворосмесителей _____

Схема нагнетания растворов _____

Способ замера расхода растворов _____

Схема расположения и нумерация скважин

| Дата, смена | Номер заходки | Номер ряда, скважины | Длина заходки, участка, м | Состав раствора, Ц:П:В | Время нагнетания растворов, ч-мин | | Давление нагнетания, кгс/см² | | Расход раствора и материалов | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | начало | конец | начальное | конечное | раствор, м³ | материалы: цемент, т | песок, т | добавка, т | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 | I3 | I4 |

Форма 4

## ЖУРНАЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕМЕНТАЦИОННЫХ РАСТВОРОВ И ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Наименование организации, выполнявшей исследования _____

Объект строительства _____

Наименование выработки _____

Способ упрочнения горных пород (предварительное, последующее) _____

| Дата и время приготовления раствора | Состав раствора в весовых частях | | | | Температура воды для затворения раствора, град. | Время перемешивания раствора, мин | Характеристика раствора | | | | | | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | цемент, т | песок, т | вода, м³ | добавки, т | | | удельный вес, г/см³ | расплыв, см | выход камня, % | продолжительность водоотдачи под давлением, мин | сроки схватывания, ч-мин: начало | сроки схватывания, ч-мин: конец | предел прочности при сжатии, кгс/см²: через 3 суток | предел прочности при сжатии, кгс/см²: через 7 суток | предел прочности при сжатии, кгс/см²: через 28 суток | |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | I0 | II | I2 | I3 | I4 | I5 | I6 | I7 |

Форма 5

# ЖУРНАЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО МАТЕРИАЛАМ БУРЕНИЯ СКВАЖИН С ОТБОРОМ КЕРНА

Наименование организации, выполнившей исследования _____

Объект строительства _____

Наименование выработки _____

Способ упрочнения горных пород (предварительное, последующее) _____

Расположение скважин для отбора керна _____

Схема расположения скважин

| Дата, смена | Номер заходки, ряда скважины | Номер контрольной скважины | Глубина скважины, м | Диаметр скважины, керна, мм | Тип породы | Выход керна | | | | Коэффициент трещиноватости, % | Коэффициент поровой проницаемости, дарси | Пределы прочности горных пород, кгс/см² | | | | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | до упрочнения | | после упрочнения | | | | до упрочнения | | после упрочнения | | |
| | | | | | | м | % | м | % | | | на сжатие | на растяжение | на сжатие | на растяжение | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

УПРОЧНЕНИЯ МАССИВОВ ГОРНЫХ ПОРОД ЦЕМЕНТАЦИЕЙ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК
В ЗОНАХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Ответственные за выпуск: Дуда Е.Г., Попов И.Н.
Корректор Ильичева А.П.

Подписано в печать 9.01.1980 г. Формат 60x84 1/8. Объем 8,5 п.л. Тираж 400 экз.
Заказ № 38. Цена 67 коп.

Ротапринт института "Кузниишахтострой", г. Кемерово, ул. Институтская, 1

УДК 622.257.I:622.26

Технологические схемы упрочнения массивов горных пород цементацией при проведении капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений. Кемерово, I980, 68 с. (Институт "Кузниишахтострой").

Приведены технологические схемы предварительного и последующего упрочнения массивов горных пород цементацией в зонах геологических нарушений. Изложены основные принципы выбора параметров технологии, учитывающие глубину залегания и геометрию поперечного сечения выработки, физико-механические и гидравлические свойства породного массива, механизм заполнения трещин цементационным материалом. Даны рекомендации по производству работ, выбору материалов, растворов и оборудования для упрочнения. Приведены основные технико-экономические показатели разработанных технологий.

Ключевые слова: горная выработка, технологическая схема, упрочнение, цементация, цементационный раствор, проницаемость горных пород, параметры технологии.

gost.e-ecolog.ru