Министерство угольной промышленности СССР
Техническое управление
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ
УГОЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (КузНИУИ)
Производственное объединение по добыче угля
«Сахалинуголь»

Согласовано
Начальник управления
Сахалинского округа
Госгортехнадзора СССР

Г. П. Лотарев

«19» мая 1978 г.

Утверждаю
Технический директор
производственного объединения по добыче угля
«Сахалинуголь»

В. Г. Кузнецов

«19» мая 1978 г.

Временное руководство по разработке угольных месторождений в сейсмоопасных районах о. Сахалин

Прокопьевск 1979

gost.e-ecolog.ru

АННОТАЦИЯ

«Временное руководство по разработке угольных месторождений в сейсмоактивных районах о. Сахалин» составлено во исполнение приказа № 107 (от 01.03.77) Минуглепрома СССР на основании результатов исследований, проведенных на шахтах острова институтами «КузНИУИ», «ВостНИИ», «ВНИМИ», с учетом накопленного в последние годы производственного опыта.

Содержит общие сведения о сейсмичности о. Сахалин, описание дополнительных мер безопасности при ведении горных работ в сейсмоопасных условиях, в том числе по креплению и поддержанию горных выработок и их проветриванию, изоляции выработанных пространств, предупреждению горных ударов. Приведены условия, область применения и методика расчета основных параметров крепей при проведении горных выработок и в очистных забоях с учетом сейсмических нагрузок. Даны сведения о конструкции и области применения динамически устойчивых изолирующих сооружений.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников угольных шахт, научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов, а также специалистов и студентов вузов, занимающихся вопросами инженерной сейсмологии.

С выходом настоящего руководства действие ранее изданной «Временной инструкции по креплению горных выработок угольных шахт в сейсмоопасных районах о. Сахалин» (Прокопьевск, 1973) прекращается.

В составлении руководства приняли участие: от КузНИУИ — проф., д. т. н. Широков А. П., кандидаты техн. наук Синельников Л. М., Сумин И. П., инженеры Роговской А. Д., Коровин Д. Р., от п/о «Сахалинуголь» — инженеры Ревнивых Г. А., Алексеев Ю. Н., от ВостНИИ — кандидаты техн. наук Ефремов К. А., Ли Хи Ун, Романов А. И., Миллер Ю. А., инженеры Хващевский В. С., Чеглаков В. А.

© Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт (КузНИУИ), 1979 г.

ВВЕДЕНИЕ

Все угольные месторождения о. Сахалин характеризуются весьма сложными горно-геологическими условиями и располагаются в районах, территория которых отнесена к семибалльной сейсмической зоне.

Отрабатываемые месторождения газоносны, все шахты по метану отнесены к сверхкатегорным, на трех отмечены суфлярные выделения метана. Пласты опасны по взрываемости угольной пыли, отдельные из них отнесены к потенциально удароопасным.

Угольные пласты отличаются неспокойной гипсометрией, большим количеством геологических нарушений различной амплитуды и изменчивостью углов падения, изменяются от тонких до мощных, от горизонтальных до крутых.

Вмещающие боковые породы отнесены в основном к слабым и средней крепости, очень разнообразны по устойчивости, от весьма легкообрушающихся до весьма труднообрушающихся, что предопределяет применение различных способов управления кровлей. Часто встречаются слабые сложные почвы, склонные к пучению и сползанию.

Структура месторождений мелкоблочная. Максимальная нарушенность отмечается на месторождениях западной части острова (Дуйское, Лесогорское, Углегорское и др.). Интенсивная разрывная тектоника на этих месторождениях в значительной мере осложняет ведение эксплуатационных работ.

Гористый рельеф местности и неглубокое залегание угольных пластов обусловили вскрытие шахтных полей месторождений о. Сахалин штольнями, небольшая часть полей вскрыта наклонными стволами.

Непостоянство мощности, структуры и угла падения пластов, наличие большого количества тектонических нарушений и пучение вмещающих пород на некоторых шахтах в значительной мере повлияли на выбор систем разработки и оказывают решающее влияние на их параметры.

При отработке угольных пластов преимущественное распространение получила система разработки длинными столбами по простиранию, в значительно меньшем объеме щитовая и сплошная системы разработки.

Сложные условия залегания угольных пластов месторождений о. Сахалин обусловливают увеличение количества и удельной протяженности подготовительных выработок. Ежегодно по объединению «Сахалинуголь» проходится около 100 км горных выработок различного назначения, или 25—30 м на 1000 т добытого угля, а протяженность поддерживаемых подготовительных выработок составляет около 300 км. Большинство подготовительных выработок на шахтах объединения закреплено деревянной крепью, которая быстро теряет из-за гниения в шахтной атмосфере свою несущую способность, лишь в последние годы на большинстве шахт начинает применяться металлическая арочная крепь, на шахтах «Шебунино», «Горнозаводская» и «Тихменевская» при проходке выработок в породах, склонных к пучению и размоканию, применяется кольцевая металлическая крепь.

Исследованиями последних лет установлено, что при землетрясениях интенсивностью в шесть и более баллов в зависимости от глубины расположения выработок, их сечения и характеристики вмещающих пород крепь горных выработок испытывает дополнительные нагрузки динамического характера и может прийти в аварийное состояние, что особенно характерно для широко распространенной деревянной крепи. Таким образом можно заключить, что при больших объемах проведения и поддержания горных выработок, наличии большого количества геологических нарушений, слабых пучащих пород, значительной протяженности выработок, закрепленных деревянной крепью, возможные землетрясения могут привести к весьма тяжелым последствиям.

На шахтах, разрабатывающих газоносные пласты угля, при землетрясениях наблюдается также усиление

газовыделения из обнаженного угля и пород вследствие образования дополнительных трещин и сдвижения крупных массивов; увеличивается приток газа из заперемыченных выработанных пространств вследствие образования трещин в перемычках. Эти явления также могут сопровождаться серьезными аварийными ситуациями.

Результаты проведенных исследований по повышению безопасности работ в шахтах, расположенных в сейсмоактивных районах, обобщены и изложены в настоящем руководстве, которое будет совершенствоваться по мере накопления новых фактов и результатов научных исследований и производственного опыта.

1. Краткие сведения о сейсмичности о. Сахалин

Остров Сахалин является одним из сейсмоактивных районов нашей страны. Сравнительно высокая сейсмическая активность его свидетельствует о том, что и в наши дни здесь происходят тектонические движения, связанные с наличием глубинных разломов земной коры.

По имеющимся сведениям на о. Сахалин с 1906 г. произошло более 1500 землетрясений различной интенсивности: III—VIII баллов по шкале MSK-64 (включая повторные толчки—афтершоки). В южной части острова сильные землетрясения (VI баллов и более) отмечены в городах: Южно-Сахалинске, Горнозаводске, Аниве, Корсакове, Холмске и Невельске. В центральной части острова землетрясения наблюдались в Лесогорске, Углегорске, Шахтерске, Оноре; в северной части наиболее активны районы городов Оха и Ноглинки.

На основании выявления глубинных разломов, оценки максимальной возможной энергии землетрясений с переходом на интенсивность колебаний в баллах на дневной поверхности в зонах вокруг разломов произведено сейсморайонирование острова, согласно которому выделены зоны с VI- и VII-балльной сейсмичностью [1].

В зоны с сейсмичностью в VII баллов попадают все угольные районы и угледобывающие предприятия острова, однако частота и интенсивность происшедших с 1906 по 1977 гг. землетрясении в них различны (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Район, шахта	Число землетрясений интенсивностью, баллы				
	V	VI	VII	VIII	всего
Александровский, «Мгачи», «Арково», «Макарьевка»	6	3	1	—	10
Углегорский, «Углегорская», «Ударновская», «Тельновская», «Бошняково»	7	6	3	1	17
Центральный, «Тихменевская», «Макаровская», «Лермонтовская»	2	—	—	—	2
Южный, «Южно-Сахалинская», «Долинская»	4	—	—	—	4
Южный, «Горнозаводская», «Шебунино»	4	1	1	—	6
Всего	23	10	5	1	39

Из приведенных данных видно, что наиболее сейсмоопасен Углегорский угольный район; довольно опасны также Александровский район и Горнозаводское месторождение южного района. Обработка статистических данных показывает, что в этих районах в среднем можно ожидать одно землетрясение в VIII баллов в 50—70 лет, VII баллов — в 6—8 лет, V—VI баллов— в 3 года. Конечно, это очень условные данные как по частоте, так и по интенсивности возможных землетрясений, нет пока и надежных методов прогноза приближения землетрясения, поэтому при ведении горных работ всегда нужно учитывать возможную опасность и выполнять определенные мероприятия, которые должны предотвратить или, во всяком случае, ослабить вредные воздействия грозного стихийного бедствия.

2. Дополнительные меры безопасности при ведении горных работ на шахтах в сейсмоактивных районах

2.1. Заложение вскрывающих шахтное поле выработок и запасных выходов необходимо производить таким образом, чтобы они находились в устойчивых по-

родах, вне зон геологических нарушений, пересекали минимальное количество водоносных горизонтов и минимальную толщу наносных грунтов.

2.2. При наличии на шахтном поле крупноамплитудных нарушений, разделяющих его на крылья или блоки, необходимо иметь не менее одного самостоятельного выхода на поверхность из каждого крыла или блока шахтного поля.

2.3. Главные стволы и штольни, запасные выходы, вентиляционные каналы главных вентиляционных установок, устья постоянных шурфов на глубину или длину, приходящуюся на наносные или рыхлые и сильно обводненные грунты, должны крепиться железобетонной или металлической крепями. До глубины менее 50 м от поверхности не рекомендуется крепить выработки монолитной бетонной, каменной и деревянной крепями.

2.4. Основные подготовительные выработки необходимо крепить металлическими или сборными железобетонными податливыми крепями, а сопряжения с очистными забоями — в основном металлическими податливыми.

2.5. Рекомендуется широко использовать анкерную крепь повышенной несущей способности, особенно для усиления существующей крепи выработок, выходящих на дневную поверхность, на сопряжениях, в камерах, в местах геологических нарушений и т. п.

2.6. При отработке угольных пластов должна осуществляться преимущественно полевая подготовка выемочных полей, а их отработка производится, как правило, в обратном порядке от границ к вскрывающим выработкам.

2.7. Рекомендуется широко применять бесцеликовые способы охраны подготовительных выработок.

2.8. На шахтах, опасных по сейсмике, можно использовать все существующие системы разработки. При выборе системы и технологии для конкретных условий необходимо руководствоваться соответствующими нормативами,* экономичностью и требованиями «Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах» [2]. На

* Технологические схемы очистных работ для шахт месторождений о. Сахалин. Прокопьевск, 1976.

крутых пластах должна применяться преимущественно щитовая система разработки.

2.9. При отработке пластов крутого падения лавами с креплением призабойного пространства индивидуальной крепью и выемкой угля с помощью буровзрывных работ наклонная высота подэтажа должна быть не более 60 м.

Доставка угля из подэтажей к погрузочному пункту должна быть обособленной. Не допускается бункерование отбитого угля в лавах на предохранительных полках (перекрышах).

2.10. В очистных забоях при отработке пологих и наклонных пластов рекомендуется применение механизированных комплексов и индивидуальной гидравлической крепи.

2.11. Управление кровлей должно осуществляться посредством полного обрушения с обеспечением минимально возможной ширины рабочего пространства. При отработке пластов с труднообрушаемыми боковыми породами рекомендуется применять разупрочнение пород кровли или работу с закладкой выработанного пространства.

2.12. Расчет параметров крепи должен производиться с учетом дополнительных сейсмических нагрузок, возникающих при землетрясениях, путем ввода коэффициента сейсмичности (K_c) в обычные формулы, применяемые для расчета крепи очистных и подготовительных выработок. Значения коэффициента K_c даны в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Глубина горной выработки от поверхности (H), м	Значение коэффициента сейсмичности (K_c) при интенсивности землетрясения в баллах			
	VI	VII	VIII	IX
<15	1,10	1,15	1,20	1,25
от 15 до 50	1,05	1,10	1,15	1,20
>50	1,025	1,05	1,10	1,15

Примечание. При величине пролета выработки более 3 м, капеже, большой трещиноватости горных пород, в наносах и зонах геологических нарушений интенсивность землетрясений увеличивается на 1 балл; в устойчивых малообводненных породах уменьшается на 1 балл.

2.13. После происшедших землетрясений на шахтах проверяется состояние поверхностных сооружений, подземных подготовительных и очистных выработок, рудничной атмосферы, водопритока, водоотливных и вентиляционных установок и немедленно принимаются меры по устранению выявленных повреждений и опасных ситуаций.

2.14. В планы ликвидации аварий необходимо внести позицию «Землетрясение», предусмотрев в ней способы оповещения всех подземных участков, пути следования людей из опасных районов и участков, запасные выходы на поверхность на случаи возможного загазования выработок, длительной остановки подъема и т. д.

3. Требования к креплению и поддержанию подготовительных горных выработок в сейсмоактивных районах

А. Условия и область применения различных типов крепи

3.1. Для крепления и поддержания горных выработок на шахтах п/о «Сахалинуголь», расположенных в сейсмоактивных районах, разрешается применять деревянную, металлическую, сборную железобетонную, набрызгбетонную, монолитную бетонную, анкерную и смешанные комбинированные крепи. При этом крепь должна обеспечивать рабочее состояние выработок и безопасную работу в них в течение всего срока службы и применяться только в тех горно-геологических и производственных условиях, которые соответствуют ее технической характеристике.

Крепление горных выработок должно производиться своевременно и в соответствии с паспортами крепления, утвержденными главным инженером шахты. При оформлении их необходимо руководствоваться инструкцией по составлению паспортов крепления подземных выработок [2] и обязательно производить расчет основных параметров крепи горных выработок с учетом сейсмических нагрузок.

Рабочие и лица технического надзора, выполняющие работы по креплению выработок, должны быть ознакомлены с паспортом крепления и настоящим руководством под расписку и строго соблюдать их. Ответст-

венность за правильность установки крепи и соблюдение требований данного руководства возлагается на бригадира и участковый надзор.

3.2. Типоразмер крепи выбирается исходя из требуемого поперечного сечения выработки в свету с учетом конструктивной податливости крепи и ожидаемого уменьшения ее сечения вследствие смещения боковых пород при воздействии горного давления и сейсмических нагрузок, по типовым сечениям горных выработок для шахт п/о «Сахалинуголь» [3].

При выборе крепи горных выработок следует различать вмещающие породы устойчивые (песчаники, известняки, крепкие песчанистые сланцы с $f \geqslant 6$ по шкале проф. М. М. Протодьяконова), средней устойчивости (песчаники, аргиллиты и алевролиты средней крепости с $f=3—6$) и неустойчивые (слабые песчаники, глинистые сланцы, алевролиты и аргиллиты с $f < 3$).

При расчетах основных параметров крепи для выработок, проводимых в сейсмоопасных районах, следует руководствоваться приведенными данными о физико-механических свойствах пород и угля в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Месторождения	Уголь и породы	Объемная плотность, г/см³	Пористость, %	Коэффициент крепости
Шахтерское, Лесогорское, Бошняковское	Уголь	1,27—1,29	3,1—4,5	1,5—1,6
	Алевролиты	2,15—2,18	20,0—23,2	3,3—3,7
	Аргиллиты	2,15—2,20	19,6—22,5	4,3—6,4
	Песчаники	2,14—2,29	19,1—21,8	4,1—5,5
Лопатинское	Уголь	—	—	1,0—1,5
	Аргиллиты	2,19—2,25	5,48—13,2	2,0—3,0
	Алевролиты	2,0 —2,42	5,9—19,4	3,3—5,0
	Песчаники	2,3 —2,44	6,6—11,0	4,0—6,0
	Конгломераты	2,4 —2,55	7,8—12,5	7,9—9,0
Мгачинское	Уголь	1,26	—	1,2—1,3
	Аргиллиты	2,21	4.3	2,0—3,0
	Алевролиты	2,48	4,82	4,0—5,5
	Песчаники	2,41	7,98—8,10	3,5—6,0
Тихменевское	Аргиллиты	2,15	16,72	1,5—2,0
	Алевролиты	2,23	15,20	2,0—4,0
Горнозаводское	Аргиллиты	2,07	23,6	1,0—2,0
	Алевролиты	2,07	21,9	1,0—3,0

3.3. Минимальный срок службы выработки ($T_{мин}$), при котором применение металлической, железобетонной и анкерной крепи по сравнению с деревянной становится экономически целесообразным, рекомендуется определять по формуле [4]

$$T_{мин} = \frac{S_м C_м - S_д C_д}{r_д - r_м} + t, \qquad (3.1)$$

где $S_м$, $S_д$ — стоимость крепления 1 км выработки металлической и деревянной крепями по прямым затратам, руб.;

t — время, в течение которого деревянная крепь после установки не требует ремонта, и затраты на поддержание между деревянной и металлической крепями мало отличаются, год;

$r_д$, $r_м$ — средняя стоимость поддержания 1 км выработки, закрепленной деревянной и металлической крепями, руб/год;

$C_м$, $C_д$ — коэффициенты, учитывающие возврат (извлечение и повторное использование) металлической и деревянной крепей при погашении выработки; коэффициенты $C_м$ и $C_д$ меньше единицы и определяются по формуле

$$C = \frac{S_1 - S_к \cdot n_п}{S_1}, \qquad (3.2)$$

где S_1 — стоимость крепления 1 м выработки, руб.;

$S_к$ — стоимость 1 м крепи, руб.;

$n_п$ — коэффициент повторного использования крепи.

3.4. На шахтах в сейсмоактивных районах рекомендуется применять металлические податливые рамные крепи — трапециевидную, арочную и кольцевую, изготавливаемые из взаимозаменяемого спецпрофиля СВП-17, СВП-22, СВП-27 и СВП-33, а также парных профилей СП-18 и СП-28.

В выработках, не подверженных влиянию очистных работ, допускается применение жестких арочных и трапециевидных крепей.

Область применения металлической рамной крепи охватывает горизонтальные и наклонные (до 30°) капитальные и подготовительные выработки различного срока службы и назначения как вновь проводимые, так и ранее пройденные.

Металлическая рамная крепь может применяться также в качестве временной в капитальных и основных подготовительных выработках до возведения постоянной бетонной или сборной железобетонной крепи.

Допускается оставление металлической рамной крепи в качестве арматуры при бетонировании выработок в особо тяжелых условиях шахт «Горнозаводская», «Тихменевская», «Макаровская» и «Шебунино».

В выработках, проводимых по слабым углям и породам, испытывающих влияние очистных работ, в процессе эксплуатации которых ожидаются значительные смещения пород контура и оконтуривающего массива, следует применять только податливые металлические крепи.

3.5. Металлической трапециевидной крепью рекомендуется крепить выработки на пологих пластах с крепкими углями, устойчивыми кровлями, подрывка которых для придания поперечному сечению арочной формы нецелесообразна, и при отсутствии пучения почвы. При этом в выработках с площадью сечения в свету 8,0—12,5 м^2 допускается использование жесткой крепи только вне зоны влияния очистных работ, ее можно применять при площади сечения выработок менее 8 м^2 при условии опускания кровли за весь срок службы не свыше 100 мм.

При ожидаемом опускании кровли более 100 мм и незначительном сближении боков выработки следует применять податливую трапециевидную крепь. Не рекомендуется данная крепь для выработок со слабыми неустойчивыми кровлями при площади их сечения более 8,0 м^2, так как она из-за недостаточной несущей способности более металлоемка, чем арочная.

3.6. Металлическую арочную податливую крепь (АП) рекомендуется применять в горизонтальных и наклонных (до 30°) выработках, проводимых по углю или породе с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова не менее 1, подверженных влиянию очистных работ, при наличии бокового давления, но при отсутствии интенсивного пучения почвы.

Металлическая арочная податливая крепь постоянного сопротивления АПС рекомендуется для крепления подготовительных выработок со значительным (от 0,5 до 1,0 м) смещением пород кровли, на пологих пластах в зоне влияния очистных работ, в породах неустойчивых и средней устойчивости, при отсутствии интенсивного всестороннего давления и пучения почвы.

Металлическая арочная жесткая крепь допускается к применению в зоне установившегося горного давления и, в основном, для усиления монолитной бетонной крепи в капитальных выработках.

3.7. Металлическую податливую кольцевую крепь КП следует использовать для крепления горизонтальных и наклонных (до 45°) выработок в слабых и средней крепости породах при значительном всестороннем давлении и пучении пород как в зоне влияния очистных работ, так и в зоне установившегося горного давления. При этом обязательным условием является применение фиксированных хомутов во всех узлах податливости на концах соединяемых звеньев кольца (рис. 3.1).

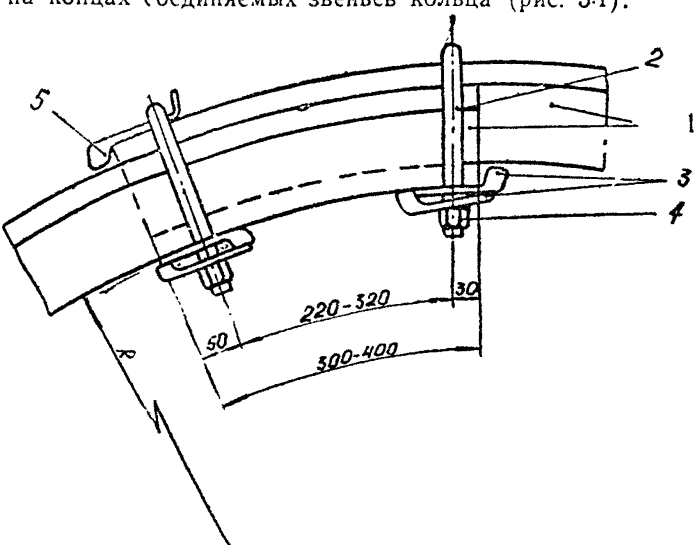

Рис. 3.1. Узел податливости с фиксированием хомутов на концах соединяемых звеньев кольцевой металлической крепи:
1 — арки кольца; *2* — скоба; *3* — планка двойная; *4* — гайка; *5* — фиксатор

3.8. Для крепления выработок с длительным сроком службы (более 10 лет), а также устьев вертикальных и наклонных стволов и устьев штолен на глубину до 15—20 м от поверхности рекомендуется применять сборные железобетонные крепи рамных и сплошных конструкций.

В сейсмоактивных районах рекомендуются для применения следующие конструкции сборных железобетонных и бетонных крепей:

— рамная железобетонная трапециевидная жесткая крепь конструкции ПНИУИ;

— рамная железобетонная арочная шарнирная крепь АЖК конструкции ИГД им. А. А. Скочинского;

— гладкая тонкостенная кольцевая крепь ГТК конструкции ИГМ АН Грузинской ССР;

— железобетонная кольцевая шарнирная крепь ЖК-XI конструкции НИГРИ;

— блочная бетонная крепь замкнутой формы БКЗ;

— смешанная железобетонная арочная податливая крепь конструкции ПНИУИ.

Железобетонная трапециевидная крепь конструкции ПНИУИ рекомендуется для однопутевых горизонтальных выработок, не испытывающих влияние очистных работ, при пологом и наклонном залегании пород средней устойчивости и устойчивых при незначительном горном давлении и отсутствии пучения пород.

Железобетонную арочную шарнирную крепь АЖК рекомендуется применять в горизонтальных однопутевых выработках вне зоны влияния очистных работ на пологих пластах с кровлей средней устойчивости и почвой средней крепости при отсутствии пучения и незначительном боковом давлении.

Железобетонную гладкостенную кольцевую крепь ГТК рекомендуется применять в горизонтальных и наклонных (до 18°) выработках в слабых неустойчивых породах, склонных к пучению, вне зоны влияния очистных работ.

Железобетонную кольцевую крепь ЖК-XI рекомендуется применять в конвейерных, вентиляционных, дренажных штреках и промежуточных квершлагах, проводимых под углом 0—18° в весьма слабых породах, склонных к интенсивному пучению, испытывающих большое всестороннее установившееся давление.

Блочную бетонную крепь БКЗ рекомендуется применять для крепления полевых штреков и промежуточных квершлагов со сроком службы более 10 лет, расположенных вне зоны влияния очистных работ в породах, склонных к пластическим деформациям, пучению и размоканию.

Смешанную железобетонную арочную податливую крепь конструкции ПНИУИ рекомендуется применять для крепления горизонтальных и наклонных (до 25°) выработок, подверженных влиянию очистных работ при умеренном давлении со стороны кровли и боков выработки.

3.9. Монолитную бетонную крепь рекомендуется применять для крепления капитальных горных выработок при значительном установившемся горном давлении и при глубине заложения выработок более 50 м, а также для крепления устьев шурфов, штолен, наклонных и вертикальных стволов. Основная форма этой крепи для горизонтальных и наклонных выработок сводчатая, крепь состоит из свода, вертикальных прямолинейных стен, фундамента и забутовки.

В зависимости от отношения подъема свода (h_c) к пролету (l) различают своды полуциркульные (ограниченные полуокружностью), подъем которых равен половине пролета выработки ($h_c = 0{,}5l$), повышенные ($h_c > 0{,}5l$) и пониженные ($h_c < 0{,}5l$). Первые два вида сводов рекомендуется применять при породах средней крепости и слабых, а пониженный — при устойчивых породах. При наличии всестороннего давления рекомендуются крепи замкнутой формы: подковообразная с обратным сводом или кольцевая.

Монолитную железобетонную крепь рекомендуется применять в наиболее ответственных капитальных выработках при больших неравномерных нагрузках на крепь.

3.10. Областью применения набрызгбетонной крепи являются как вновь проводимые, так и ранее пройденные выработки по устойчивым породам (с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодьяконова более 6) и зоне крупных геологических нарушений, не испытывающие влияние очистных работ, со сроком службы более трех лет.

Набрызгбетоном как самостоятельной крепью ре-

комендуется крепить однопутевые и двухпутевые квершлаги, полевые штреки, а также наклонные (до 25°) выработки площадью сечения в свету до 8,5 м², пройденные в монолитных слаботрещиноватых крепких песчаниках, конгломератах или изверженных породах.

Набрызгбетонная крепь не может применяться самостоятельно в выработках, проводимых в трещиноватых, обводненных или склонных к размоканию и выветриванию породах с коэффициентом крепости менее 6.

Набрызгбетоном в сочетании с железобетонными анкерами (в кровле и боках) возможно крепить выработки, не испытывающие в процессе эксплуатации влияния очистных работ, проводимые по углю и породам с коэффициентом крепости более 2, не склонным к пластическим деформациям и пучению.

3.11. Анкерную крепь рекомендуется применять для крепления выработок различного срока службы и назначения, проводимых как в угольном, так и в породном массивах, находящихся вне зоны геологических нарушений, сильной обводненности и выветривания.

Анкерная крепь может использоваться самостоятельно или в сочетании с другими видами крепи: стоечной, рамной, набрызгбетонной — как постоянная для поддержания выработок в течение всего срока службы, а также как временная и для вспомогательных целей.

Не допускается применение анкерной крепи как самостоятельной при выделении воды из скважин, в углях с коэффициентом крепости менее 0,6, и в трещиноватых тонкослоистых породах с коэффициентом крепости менее 2,5. Предварительная оценка возможности применения анкерной крепи может производиться в соответствии с приложением 1 «Инструкции...» [5].

Для условий шахт п/о «Сахалинуголь» рекомендуются металлические анкеры АК8 и АК8Б, армополимерные и железобетонные. Допускается применение металлических анкеров ЭС2 и деревянных.

Металлическими анкерами распорного типа АК8, АК8Б и ЭС2 рекомендуется крепить горизонтальные и наклонные подготовительные выработки, проводимые по сухим или слабообводненным горным породам как вне зоны, так и в зоне влияния очистных работ, при

смещении кровли и боков не более 100 мм.

Железобетонные и армополимерные анкеры целесообразно применять для крепления капитальных выработок со сроком службы более 2 лет, проводимых в глинистых породах с коэффициентом крепости, равным 2,5—4,0, склонных к выветриванию и частичному размоканию.

Деревянные анкеры могут применяться только для крепления выработок малого сечения и срока службы, проводимых в угольном массиве (ходовы печи, сбойки и др.) или при креплении боков выработок на пологих и наклонных пластах.

3.12. При выборе типа и параметров деревянной, металлической, бетонной, сборной железобетонной, набрызгбетонной, анкерной и комбинированной крепей для горных выработок, проводимых в сейсмоопасных районах шахт производственного объединения «Сахалинуголь», необходимо руководствоваться табл. 3.2, в которой приводятся параметры рекомендуемых крепей. «Типовыми сечениями...» [3] и «Инструкцией...»[5].

3.13. Для перекрытия междурамного пространства в кровле и боках выработок рекомендуется применять железобетонные, металлические сварные решетчатые и стеклопластиковые гофрированные затяжки, металлическую плетеную сетку, стеклоткань и набрызгбетон.

Допускается также применение деревянных затяжек из кругляка, досок, горбылей.

Железобетонные затяжки следует применять в квершлагах, полевых и групповых штреках, капитальных уклонах, бремсбергах и ходках при них. Для крепей с криволинейной формой поперечного сечения рекомендуются плоские шириной до 150 мм, а также фасонные затяжки.

Металлические сварные и стеклопластиковые затяжки могут применяться в промежуточных квершлагах, откаточных и вентиляционных штреках, участковых выработках со сроком службы более двух лет; стеклоткань — в выработках со сроком службы до пяти лет проводимых по породам средней крепости и устойчивости.

Плетеную сетку целесообразно использовать для затягивания боков выработок, а также в восстающих проводимых по углю на пластах крутого падения, в со-

Разновидности выработок	Максимальная глубина заложения, м	Площадь поперечного сечения вчерне, м²	Ширина выработки вчерне, м	Срок службы, лет	Породы кровли	
					состав	коэффициент крепости
1	2	3	4	5	6	7
		до 6,7	2,5—3,0	3—5	аргиллиты алевролиты	3—4
Квершлаги, штольни, наклонные стволы, полевые штреки, бремсберги, камеры	350—400	6,7—12,0	2,5—4,0	3—8	аргиллиты алевролиты песчаники	3—8
		12,0—20,0	4,0—5,5	3—8	аргиллиты алевролиты песчаники	3—8
		до 6,7	2,5—3,5	5	алевролиты песчаники	4—6
	400—600					
		6,7—12,7	3,5—4,5	5	песчаники конгломераты	8
		до 6,7	2,5—3,5	5	аргиллиты алевролиты песчаники конгломераты	4
Уклоны, бремсберги, штреки	300—400	6,7—12,7	3,5—4,5	5	аргиллиты алевролиты	3—4

Таблица 3.2

Породы в боках		Рекомендуемые крепи и их параметры	Месторождения, на которых рекомендуется использование крепи
состав	коэффициент крепости		
8	9	10	11
аргиллиты алевролиты	3—4	Металлические трапециевидные, арочная и кольцевая: Комбинированная: анкеры l=1200—1500 мм, d=18—20 мм в кровле + набрызгбетон толщиной слоя 3—5 см	Шахтерское Лесогорское Бошняковское Лопатинское Мгачинское Тихменевское
аргиллиты алевролиты песчаники	3—8	Монолитный бетон, сборный железобетон, металлическая арочная податливая, комбинированная: анкеры l=1000 мм, d=18—20 мм в кровле + набрызгбетон в кровле и боках толщиной слоя 3—5 см	Все месторождения о. Сахалин
аргиллиты алевролиты песчаники	3—8	Монолитный бетон, железобетон, сборный железобетон, металлическая арочная, усиленная анкерами	
алевролиты песчаники	4	Металлическая арочная податливая, комбинированная: набрызгбетон в кровле и боках толщиной слоя 3—5 см + анкеры в кровле l=1000 мм, d=18 мм	Шахтерское Лесогорское Бошняковское Мгачинское Лопатинское
песчаники конгломераты	8	Металлическая арочная податливая, набрызгбетонная толщиной слоя 3—5 см	Шахтерское Бошняковское Лопатинское
уголь	1—1,5	Металлические: трапециевидные, арочная. Комбинированная: анкерная + металлическая рамная	Все месторождения о. Сахалин
уголь	1—1,5	Металлические: арочная податливая, кольцевая, трапециевидные. Комбинированные: анкерная + рамная, анкеры в кровле l=1200 мм, d=18 мм+набрызгбетон в кровле и боках толщиной слоя 3—5 см	

1	2	3	4	5	6	7
					уголь	1—1,5
					аргиллиты алевролиты	1,5—3,0
	200—300	до 6,7	2,5—3,5	до 3		
Уклоны, бремсберги, штреки, разрезные печи, просеки и т. п.					уголь	1—1,5
					алевролиты песчаники конгломераты	4
	300—400	до 6,7	2,5—3,5	до 3	аргиллиты алевролиты	2—3

четании с анкерной крепью и для армирования набрызгбетонной крепи.

Набрызгбетон рекомендуется в качестве покрытия для выработок со сроком службы более трех лет, проводимых по породам и углям не ниже средней крепости.

Деревянные затяжки допускается применять в выработках со сроком службы, не превышающим 2—3 года. Рекомендуется на групповых лесных складах производить антисептирование деревянных затяжек.

В выработках, проводимых в слабых склонных к пучению, размоканию и набуханию породах, при замкнутых рамных крепях необходимо производить 100% перетяжку междурамного пространства по всему периметру выработки.

3.14. В сейсмоопасных районах необходимо особое внимание уделять правильной установке крепи сопря-

Окончание табл. 3.2

8	9	10	11
уголь	1—1,5	Металлические: арочная податливая, кольцевая. Комбинированная анкерная + рамная	
уголь	1—1,5	Металлическая кольцевая податливая	Тихменевское Горнозаводское
уголь	1—1,5	Металлические: арочная податливая, кольцевая, трапециевидные. Комбинированная: анкеры в кровле l=1500 мм, d=18—20 мм+деревянная рамная	Все месторождения о. Сахалин
уголь	1—1,5	Анкерная l=1500 мм, d=18—20 мм. Комбинированная: анкеры l=1200 мм, d = 18 мм + набрызгбетон толщиной слоя 3—5 см	Шахтерское Лесогорское Бошняковское Лопатинское
уголь	1—1,5	Металлические: арочная податливая, кольцевая. Комбинированная: анкеры в кровле l=2000 мм, d=18 мм +деревянная рамная	Все месторождения о. Сахалин

жений выработок. При этом необходимо выполнять следующие основные условия и требования:

— производить расчет параметров крепи сопряжений, учитывая при этом возможные сейсмические нагрузки;

— при плоском перекрытии сопрягающихся или пересекающихся выработок вдоль бока основной выработки в месте будущего примыкания к ней другой необходимо устанавливать камерную раму, на которую будут опираться верхняки основной выработки. При сопряжении под прямым углом первую раму примыкающей выработки рекомендуется устанавливать вплотную к камерной, а расстояние между последующими рамами постепенно увеличивать до нормального для данной выработки; при косом сопряжении рядом с основной камерной рамой устанавливать вспомогательную, на

которую будут опираться верхняки крепи примыкающей выработки;

— при креплении сопрягающихся выработок металлической арочной крепью на сопряжениях и пересечениях по их диагонали необходимо устанавливать нестандартные арки повышенной прочности, на которые будут опираться неполные арки крепи основной выработки;

— на сопряжениях и пересечениях выработок из-за обнажения кровли на большой площади необходимо устанавливать крепь повышенной прочности; верхняки камерных рам принимать большого сечения, либо изготовлять из более прочного материала, шаг крепежных рам принимать уменьшенным, а при слабых породах устанавливать их вплотную или применять сплошную крепь;

— в острых углах косых сопряжений и пересечений породу следует вынимать и вместо нее выкладывать бетонные или железобетонные столбы («утюги»);

— при перекреплении сопряжений и пересечений выработок особенно тщательно выполнять соединения элементов крепи и забутовку закрепного пространства

3.15. Во всех горизонтальных и наклонных выработках в сейсмоопасных районах при буровзрывном и механизированном способах проведения необходимо применять временные крепи, наиболее известные конструкции которых приведены на рис. 3.2.

Б. Методика расчета основных параметров крепи

3.16. Расчет крепи подготовительных горных выработок с учетом сейсмических нагрузок, возникающих при землетрясениях, производится по известным применяющимся для расчетов при обычных условиях формулам, в которые вводится коэффициент сейсмичности (K_c), выражающий собой коэффициент запаса, учитывающий пригрузку крепи от инерционных сил или напряжений, возникающих в горном массиве при прохождении по нему сейсмических волн. Значения коэффициента сейсмичности принимаются по табл 2.1 настоящего руководства в зависимости от возможной интенсивности землетрясения в баллах и глубины расположения (заложения) выработки от поверхности, с учетом величины пролета выработки, устойчивости и обводненности вмещающих горных пород, а также их трещиноватости и нарушенности.

В благоприятных условиях (величина пролета ме-

нее 3 м, устойчивые и малообводненные горные породы) возможная интенсивность землетрясения принимается на 1 балл ниже нормативной [1], в неблагоприятных условиях (высокая обводненность и трещиноватость горных пород, пересечение выработкой зон геологических нарушений, величина пролета более 3 м) возможная интенсивность увеличивается на 1 балл, а в случае сочетания нескольких неблагоприятных факторов даже на 2 балла.

3.17. Расчет деревянной крепи сводится к определению диаметра верхняка, стоек и толщины затяжек.

Верхняк рассматривается как балка с пролетом, равным $2a$, свободно лежащая на двух опорах, и его диаметр определяется по формулам [6]:

— при сроке службы выработки менее 1 года, проводимой в породах с коэффициентом крепости $f>4$,

$$d=1{,}61aK_c\sqrt[3]{\frac{\gamma L}{f[\sigma]_и}}\ ; \tag{3.3}$$

— при сроке службы более 1 года и $f>4$

$$d=2{,}04aK_c\sqrt[3]{\frac{\gamma L}{f[\sigma]_и}}\ , \tag{3.4}$$

где d — диаметр верхняка, см;

a — полупролет выработки, см;

K — коэффициент сейсмичности (табл. 2.1);

γ — объемная плотность пород, кгс/см³ (табл. 3.1);

L — расстояние между крепежными рамами, см;

f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова (табл. 3.1);

$[\sigma]_и$ — допустимое расчетное сопротивление материала крепи на изгиб, кгс/см² (табл. 3.3).

Диаметр стоек принимается равным диаметру верхняка и проверяется на допустимость напряжения сжатия в стойке с учетом продольного изгиба

$$\sigma=\frac{P\cdot K_c}{F\cdot\varphi_и}\leqslant[\sigma]_{сж}, \tag{3.5}$$

где σ — напряжение на сжатие, возникающее в стойках, кгс/см²;

1
2
3
4
5
6
7
8
А
Б
В
9

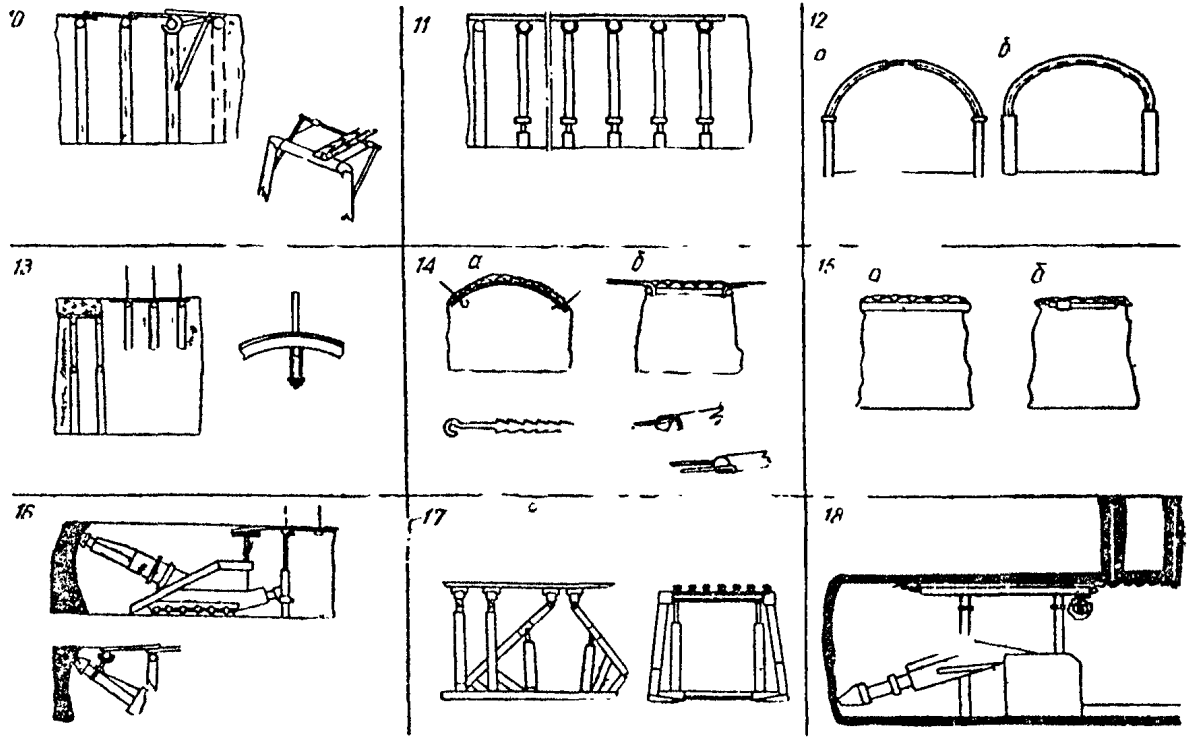

Рис. 3.2. Разновидности временных креплей для крепления подготовительных выработок:
1—10 — консольные с различными замками и способами установки; 1—4 — выдвижные; 5—10 — переносные;
11—12 — рамные; 13—15 — подвесные; 16—установленная на комбайне; 17—18 — механизированные

Таблица 3.3

Породы древесины	Допустимые расчетные сопротивления, кгс/см²			
	при изгибе $[\sigma]_и$	при растяжении вдоль волокон $[\sigma]_р$	при сжатии и смятии вдоль волокон $[\sigma]_{сж}$	при сжатии и смятии поперек волокон $[\sigma]_{сж\perp}$
Сосна, ель	100—120	80 — 90	100—120	14—16
Лиственница	125—140	95 —110	125—140	17—19
Пихта	80 — 95	65— 70	80 — 95	11—13
Кедр сибирский	95 — 105	70 — 80	95 —105	13—15
Дуб	135—150	100—120	125—150	29—32
Береза, бук	115—130	85 —100	115—130	23—26

Примечания. 1. Большие значения принимаются в выработках с благоприятными условиями работы деревянной крепи (свежая вентиляционная струя, сухие выработки, установившееся горное давление и др.), меньшие — при применении крепежного леса в выработках с неблагоприятными условиями.

2. При сроке службы выработки более года допустимые расчетные сопротивления уменьшаются на 30%.

F — площадь поперечного сечения стойки, см²;

$\varphi_и$ — коэффициент уменьшения допускаемого напряжения сжатия с учетом продольного изгиба,

$$\varphi_и = 1 - 0.007\frac{l}{i},$$

l — полная длина стойки, см,

$$l = \frac{h}{\sin(90° - \alpha)};$$

h — высота выработки;

$[\alpha]_{сж}$ — допустимое расчетное сопротивление материала крепи при сжатии вдоль волокон, кгс/см² (табл. 3.3);

i — радиус инерции поперечного сечения стойки, для круглого сечения $i = \frac{d}{4}$;

P— осевое усилие, действующее на стойку, кгс,

$$P=\frac{2a^2\gamma L}{3f\cos\alpha};$$

α — угол наклона стойки от вертикали, град.

Если выработка пройдена по породам с коэффициентом крепости менее 4, диаметр верхняка (d) следует определять по формуле

$$d=1{,}74K_c\sqrt[3]{\frac{a^2b\gamma L}{[\sigma]_и}}, \qquad (3.6)$$

где b — высота свода естественного равновесия, см

$$b=\frac{a+h\left(\operatorname{ctg}80^\circ+\operatorname{ctg}\frac{90^\circ+\varphi}{2}\right)}{f},$$

где h — высота выработки вчерне, см;

φ — угол внутреннего трения пород, град. Ориентировочно можно принимать значения φ по табл. 3.4.

Таблица 3.4

Коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова (f)	3	2	1—1,5
Угол внутреннего трения пород (φ), град	70	60	55

Толщину затяжек ($\Delta_д$) из досок следует определять по формулам:

— при коэффициенте крепости пород более 4

$$\Delta_д=0{,}87LK_c\sqrt{\frac{\gamma a}{[\sigma]_и f}}; \qquad (3.7)$$

— при коэффициенте крепости пород менее 4

$$\Delta_д=0{,}87LK_c\sqrt{\frac{\gamma a}{[\sigma]_и}}. \qquad (3.8)$$

При применении в качестве затяжек обаполов тол-

щину их нужно брать в полтора раза больше рассчитанной по формулам (3.7), (3.8).

Пример 1. Рассчитать деревянную сосновую крепь для выработки в сейсмоактивном районе с нормативной сейсмичностью в VII баллов, пройденной на глубине 80 м по малообводненным среднетрещиноватым алевролитам с коэффициентом крепости 5 и объемной плотностью 2,48 г/см³; форма сечения выработки трапециевидная, ширина вчерне по верху 3,8 м, высота вчерне 2,6 м, расстояние между рамами 0.8 м, срок службы более года.

Решение

Исходя из большого пролета выработки, сейсмичность следует увеличить на 1 балл, но, учитывая устойчивость пород и малую обводненность, сейсмичность нужно уменьшить на один балл и принять равной нормативной.

Диаметр верхняка определяется по формуле (3.4)

$$d=2{,}04\cdot aK_c\sqrt[3]{\frac{\gamma L}{f[\sigma]_и}}=2{,}04\cdot 190\cdot 1{,}05\sqrt[3]{\frac{0{,}00248\cdot 80}{5\cdot 100}}=30{,}5\text{см}$$

Стандартный круглый лес, поставляемый на угольные шахты, при длине 3.2—4,0 м имеет диаметры 18,20 и 22 см, поэтому необходимо принять наибольший (22 см) и определить расстояние между рамами, преобразовав формулу (3.4),

$$L=\frac{d^3\cdot[\sigma]_и\cdot f}{2{,}04^3\gamma a^3\cdot K_c^3}=\frac{22^3\cdot 100\cdot 5}{2{,}04^3\cdot 0{,}00248\cdot 190^3\cdot 1{,}05^3}\text{см}=31{,}9\text{ см}.$$

Принимается плотность крепи — три рамы на метр. Проверяется надежность стоек по формуле (3.5),

здесь $P=\frac{4a^2\gamma\cdot L}{3f\cos\alpha}=\frac{4\cdot 190\cdot 0{,}00248\cdot 22}{3\cdot 5\cdot 0{,}982}$ кгс=534 кгс, (α=10°);

$$\varphi_и=1-0{,}007\frac{l}{l},\quad l=\frac{h}{\sin(90°-\alpha)}=\frac{260}{0{,}982}\text{см}=265\text{ см};$$

$$i=\frac{d}{4}=\frac{22}{4}=5{,}5 \text{ см}, \quad \varphi_и=1-0{,}007\frac{265}{5{,}5}=0{,}66;$$

$$\sigma=\frac{P\cdot K_c}{F\cdot\varphi_и}=\frac{534\cdot 1{,}05}{\frac{3{,}14\cdot 22^2}{4}\cdot 0{,}66} \text{ кгс/см}^2=2{,}26 \text{ кгс/см}^2.$$

Напряжение на сжатие в стойках значительно меньше допустимого расчетного сопротивления и эту проверку, как правило, следует проводить лишь в самых ответственных случаях.

Пример 2. Для крепления горизонтальной горной выработки в VII-балльной сейсмической зоне на глубине 140 м принята проектом деревянная сосновая крепь. Форма сечения трапециевидная, ширина вчерне по верху 2,2 м, высота вчерне 2,4 м, расстояние между рамами 0,5 м. Вмещающие породы аргиллиты сильно обводненные, $f=2$, $\gamma=2{,}07$ г/см^3, $\varphi=60°$. Срок службы выработки менее года. Необходимо определить размеры крепи.

Решение

Сейсмичность из-за значительной обводненности пород увеличивается на 1 балл, $K_c=1{,}10$. Диаметр верхняка определяется по формуле

$$d=1{,}74\cdot K_c\cdot\sqrt[3]{\frac{a^2b\gamma L}{[\sigma]_и}}=1{,}74\cdot 1{,}10\sqrt[3]{\frac{110^2\cdot 104\cdot 0{,}00207\cdot 50}{100}}=$$

$$=21{,}06 \text{ см},$$

где $b=\dfrac{a+h\cdot(\operatorname{ctg}80°+\operatorname{ctg}\frac{90°+\varphi}{2})}{f}=$

$$=\frac{110+240(\operatorname{ctg}80°+\operatorname{ctg}75°)}{2} \text{ см}=104 \text{ см}$$

Принимается диаметр верхняка 22 см, такой же диаметр будет у стоек.

Толщина затяжки составляет по расчету

$$\Delta_д = 0{,}87 L K_c \sqrt{\frac{\gamma b}{[\sigma]_и}} = 0{,}87 \cdot 50 \cdot 1{,}10 \sqrt{\frac{0{,}00207 \cdot 104}{100}} \text{ см} = 2{,}3 \text{ см}.$$

Принимается затяжка из обаполов толщиной $1{,}5\,\Delta_д = 3{,}45$ см ≈ 35 мм.

3.18. Расчет металлической трапециевидной крепи сводится к определению номера профиля проката для верхняка и производится в следующей последовательности [7]:

— определяется нагрузка на крепежную раму горизонтальных выработок по формулам:

при устойчивых породах

$$Q_{кр1} = \frac{4a^2 \gamma K_c L}{3f}; \qquad (3.9)$$

при породах средней устойчивости с f более 4

$$Q_{кр2} = \frac{8a^2 \gamma K_c L}{3f}; \qquad (3.10)$$

при породах с f менее 4 (при наличии бокового давления)

$$Q_{кр3} = 2ab \gamma K_c L. \qquad (3.11)$$

Аналогично определяется нагрузка на раму для наклонных выработок, только в формулы (3.9), (3.10) и (3.11) вводится множитель $\cos\alpha_в$, где $\alpha_в$ — угол наклона выработки;

— вычисляется максимальный изгибающий момент верхняка (м):

при параболической форме нагрузки, определяемой формулой (3.9) или (3.10),

$$M = \frac{5}{16} Q_{кр} a; \qquad (3.12)$$

при равномерно распределенной нагрузке, определяемой формулой (3.11),

$$M = \frac{1}{4} Q_{кр} a; \qquad (3.13)$$

далее определяется необходимый момент сопротивления (W),

$$W = \frac{M}{[\sigma]_и}, \qquad (3.14)$$

где $[\sigma]_и$ — расчетное сопротивление на изгиб материала верхняка, принимается для металла по табл. 3.5 [8]; — по моменту сопротивления подбирается номер профиля верхняка из табл. 3.6 [7, 8].

Таблица 3.5

Вид напряженного состояния	Расчетное сопротивление для стали марок, кгс/см²					
	Ст 0 Ст 1	Ст 2	Ст 3	Ст 4	Ст 5	Ст 6
Растяжение, сжатие, изгиб	1500	1800	1900	2000	2050	2100

Таблица 3.6

Балки и рельсы	Высота профиля, мм	Площадь сечения, см²	Масса 1 м, кг	Наибольший момент сопротивления (W), см³
Двутавр				
№ 12	120	17,8	14	72,7
№ 14	140	21,5	16,9	104
№ 16	160	26,1	20,5	141
№ 18	180	30,6	24,1	185
№ 20 а	200	35,5	27,9	237
№ 20 б	200	39,5	31,1	250
Рельсы				
Р 18	90	23,1	18	56,1
Р 24	107	32,7	24	87,6
Р 33	128	42,8	33	155,9

Приведенный порядок расчета можно использовать также при расчете верхняка деревянной рамной крепи. В этом случае $[\sigma]_и$ в формуле (3.14) принимается по табл. 3.3, а диаметр верхняка определяется по формуле [7]

$$d = 2{,}154 \sqrt[3]{W}. \qquad (3.15)$$

Пример. Необходимо пройти капитальную горизонтальную выработку по аргиллитам ($f=3$, $\varphi=70°$, $\gamma=2{,}2$ г/см^3) на глубине 100 м в VII-балльной сейсмозоне. Размеры ее вчерне: ширина по кровле $2a=3{,}0$ м, высота 2,6 м. Форма выработки трапециевидная, расстояние между крепежными рамами 0,8 м. Для крепления выработок проектом приняты двутавровые балки из Ст 3. Определить номер профиля балки.

Решение.

Определяется высота свода естественного равновесия

$$b=\frac{a+h\cdot\left(\operatorname{ctg}80°+\operatorname{ctg}\frac{90°+\varphi}{2}\right)}{f}=$$

$$=\frac{150+260}{3}\cdot(0{,}162+0{,}176)\text{ см}=79{,}3\text{ см};$$

давление горных пород на одну крепежную раму

$$Q_{кр}=2ab\gamma K_c L=2\cdot150\cdot79{,}3\cdot0{,}0022\cdot1{,}05\cdot80\text{ кгс}=4410\text{ кгс},$$

изгибающий момент

$$M=\frac{Q_{кр}\cdot a}{4}=\frac{4410\cdot150}{4}\text{ кгс}\cdot\text{см}=165\,300\text{ кгс}\cdot\text{см};$$

момент сопротивления

$$W=\frac{M}{[\sigma]_и}=\frac{165300}{1900}\text{ см}^3=87\text{ см}^3.$$

Принимается двутавр № 14, момент сопротивления которого $W=102$ см^3. Номер двутавровых балок для стоек принимается равным номеру двутавра верхняка.

3.19. Расчет арочной податливой крепи иллюстрируется следующим примером.

Для крепления горизонтальной горной выработки, проходимой по алевролитам ($f=4$, $\gamma=2{,}5$ тс/м^3) в сейсмоактивном районе, характеризующемся коэффициентом сейсмичности $K_c=1{,}10$, принята металличес-

кая арочная податливая крепь с площадью поперечного сечения в свету $S_{св}=10{,}5$ м^2. Расстояние между арками $L=0{,}8$ м. Определить размеры крепи, изготовленной из Ст 5.

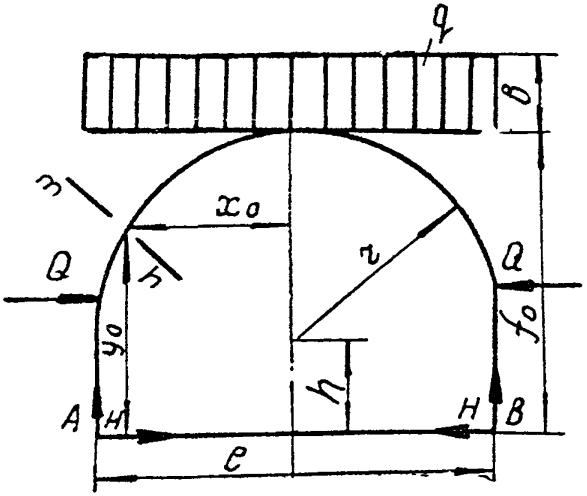

Рис. 3.3. Схема к расчету металлической арочной податливой крепи

Решение

Составляется расчетная схема (рис. 3.3) и по типовым паспортам крепления для $S_{св}=10{,}5$ м^2 принимаются расчетные величины: пролет выработки $l=4{,}2$ м, высота выработки $f_0=3{,}1$ м, радиус закругления арки $r=2{,}0$ м, расстояние от центра арки до подошвы $h=1{,}1$ м.

Определяется высота свода естественного равновесия

$$b_1=\frac{l}{f_0}\ , \qquad (3.16)$$

$$b_1=\frac{4{,}2}{3{,}1}=1{,}35\ \text{м};$$

интенсивность нагрузки на 1 м ширины выработки

$$q=b_1\cdot L\cdot\gamma K_c, \qquad (3.17)$$

$$q=1{,}35\cdot 0{,}8\cdot 2{,}5\cdot 1{,}10 \text{ тс/м}=2{,}97 \text{ тс/м};$$

величина упругого отпора боковых пород

$$Q=k\frac{q}{100}, \qquad (3.18)$$

где k — коэффициент отпора боковых пород, зависящий от площади поперечного сечения выработки и принимаемый по табл. 3.7.

Таблица 3.7

Площадь поперечного сечения выработки в свету, м²	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5
Коэффициент упругого отпора боковых пород	38,27	42,80	47,85	53,50	59,50	66,00

$$Q=66\cdot\frac{2{,}97}{100}\text{тс}=1{,}96 \text{ тс};$$

горизонтальный распор:

$$H=\frac{ql^2}{8f_0}-\frac{Q\cdot r}{f_0}; \qquad (3.19)$$

$$H=\frac{2{,}97\cdot 4{,}2^2}{8\cdot 3{,}1}-\frac{1{,}96\cdot 2{,}0}{3{,}1}\text{тс}=0{,}85 \text{ тс};$$

реакции опор:

$$A=B=\frac{q\cdot l}{2}; \qquad (3.20)$$

$$A=B=\frac{2{,}97\cdot 4{,}2}{2}\text{тс}=6{,}24 \text{ тс}.$$

Определяются координаты опасного сечения:

абсцисса $$x_0=\sqrt{\frac{q^2\cdot r^2-(H+Q)^2}{q^2}}; \qquad (3.21)$$

ордината $y_0 = \sqrt{r^2 - x_0^2} + h;$ (3.22)

$$x_0 = \sqrt{\frac{2{,}97^2 \cdot 2{,}0^2 - (0{,}85 + 1{,}96^2)}{2{,}31^2}} \text{ м} = 1{,}77 \text{ м};$$

$$y_0 = (\sqrt{2{,}0^2 - 1{,}77^2} + 1{,}1) \text{ м} = 2{,}04 \text{ м}.$$

Определяется максимальный изгибающий момент

$$M_{\text{макс}} = A\left(\frac{l}{2} - x_0\right) - \frac{q}{2}\left(\frac{l}{2} - x_0\right)^2 - Hy_0 - Q(y_0 - h); \quad (3.23)$$

$$M_{\text{макс}} = 6{,}24\left(\frac{4{,}2}{2} - 1{,}77\right) - \frac{2{,}97}{2}\left(\frac{4{,}2}{2} - 1{,}77\right)^2 - 0{,}85 \cdot 2{,}04 -$$

$$- 1{,}96(2{,}04 - 1{,}1) \text{ тс} \cdot \text{м}^2 = -1{,}62 \text{ тс} \cdot \text{м} = 162000 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Момент сопротивления равен

$$W = \frac{M_{\text{макс}}}{[\sigma]_{\text{и}}}; \quad (3.24)$$

$[\sigma]_{\text{и}}$ — находится по табл. 3.5.

$$W = \frac{162000}{2050} \text{ см}^3 = 79{,}02 \text{ см}^3.$$

По табл. 3.8 [8] выбирается нужный профиль.

Таблица 3.8

Наименование и номер профиля (ГОСТ)	Площадь поперечного сечения, (F_1), см²	Теоретическая масса, кг/м	Момент инерции (J), см⁴	Момент сопротивления (W_1), см³
1	2	3	4	5
Сталь горячекатаная профильная для крепи горных выработок типа СВП (ГОСТ 18662-73)				
14	18,70	14,7	184,0	40,7
17	21,73	17,1	243,4	50,3

Окончание табл. 3.8

1	2	3	4	5
19	24,44	19,2	322,8	61,3
22	27,91	21,9	428,6	74,8
27	34,37	27,0	646,1	100,2
Сталь для шахтного крепления СП (ГОСТ 5157-53)				
18А	22,93	18,0	168,1	42,9
18Б	23,06	18,1	216,5	50,8
28А	36,71	28,8	533,3	94,3
28Б	35,80	28,1	584,8	102,2

В рассматриваемом случае наиболее полно удовлетворяет условиям профиль СВП-27, параметры которого $W_1 = 100{,}2$ см^3, $F_1 = 34{,}37$ см^2.

Определяется осевое усилие (N_{x_0}) в опасном сечении

$$N_{x_0} = -A\frac{x_0}{r} + q\left(\frac{l}{2} - x_0\right) - H\frac{y_0 - h}{r} - Q\frac{y_0 - h}{r}; \tag{3.25}$$

$$N_{x_0} = -6{,}24\frac{1{,}77}{2} + 2{,}97\left(\frac{4{,}2}{2} - 1{,}77\right) - 0{,}85\cdot\frac{2{,}04 - 1{,}1}{2} -$$

$$-1{,}96\cdot\frac{2{,}04 - 1{,}1}{2}\text{ тс} = 5{\cdot}80\text{ тс} = 5800\text{ кгс}.$$

Проверяется напряжение, возникающее в опасном сечении,

$$\sigma_0 = \frac{M_{\text{макс}}}{W_1} + \frac{N_{x_0}}{F_1} \leqslant [\sigma]_и; \tag{3.26}$$

$$\sigma_0 = \frac{162000}{100{,}3} + \frac{5800}{34{,}37} = 1786 < 2050,$$

надежная эксплуатация крепи обеспечивается. Если принять металл с профилем проката СВП-17, то необходимо уменьшить расстояние между рамами в два раза.

3.20. Расчет металлической податливой кольцевой крепи базируется на принципах расчета п. 3.19, но учи-

тывает наличие зоны раздавленных пород вокруг выработки.

Высота свода естественного равновесия определяется по формуле (3.16), но учитывая, что в данном случае ширина и высота выработки равны, т. е. $l=f_0$,

$$b_1=\frac{l}{f_0}=1 \text{ м}.$$

Следовательно, интенсивность нагрузки со стороны кровли составит

$$q_к=L\cdot\gamma K_c. \qquad (3.27)$$

Боковое давление на крепь с учетом зоны разрушенных пород и угля, в которой изменение угла внутреннего трения φ характеризуется коэффициентом η составит:

$$P_б=(1-\sin\eta\varphi)\Sigma\gamma H\cdot K\left(\frac{R}{a_p}\right)^{\frac{2\sin\eta\varphi}{1-\sin\eta\varphi}}, \qquad (3.28)$$

где $\Sigma\gamma H$ — вес столба с основанием в одну квадратную единицу пород массива до поверхности, тс;

η — коэффициент изменения угла внутреннего трения разрушенных пород. Если породы подвергаются выветриванию, $\eta=0{,}8—0{,}9$. При проведении мер, способствующих упрочнению пород, $\eta=1{,}1$, если же крепь будет возводиться вслед за подвиганием забоя и будет обеспечено сохранение естественной прочности пород, $\eta=1$;

R — радиус выработки вчерне, м;

a_p — радиус зоны раздавливания пород, м,

$$a_p=R\sqrt{1+\frac{\Delta S}{\pi R^2(K_p-1)}}, \qquad (3.29)$$

где ΔS — разница между площадью сечения выработки в проходке и площадью сечения после осадки; м^2;

K_p — коэффициент неупругого расширения горных пород, для большинства пород $K_p=1{,}1$.

Интенсивность бокового давления определится аналогично (3.27):

$$q_б = L \cdot P_б , \qquad (3.30)$$

здесь коэффициент $K_с$ и объемная плотность γ вошли в значение $P_б$.

Давление пород на крепь со стороны почвы составляет

$$P_п = P_б - (a_р - R)\gamma . \qquad (3.31)$$

Интенсивность нагрузки на раму крепи со стороны почвы от давления и упругого отпора определяется

$$q_п = K_с \cdot P_п \cdot L + \frac{QL}{l} ,$$

где Q — упругий отпор пород, определяемый по (3.18).

Общая интенсивность давления со стороны почвы составит:

$$q_{об} = q_п + q_к . \qquad (3.32)$$

Осевые усилия и изгибающие моменты в опасном сечении от давления со стороны кровли ($N_к$ и $M_к$), почвы ($N_п$ и $M_п$) и боков ($N_б$ и $M_б$) определяются по формулам, приведенным в табл. 3.9.

Опасное сечение в кольце выбирается в зависимости от горно-геологических условий и определяется углом α действия наибольшей силы давления на кольцо по отношению к вертикальной оси сечения выработки. Например, выработка проводится по пласту с углом падения 38°, наибольшие смещения пород ожидаются со стороны кровли пласта. Наибольшая действующая на кольцо крепи сила будет направлена под углом $\alpha = 90° - 38° = 52°$. Соответственно в табл. 3.9 выбираются формулы с пределом применения $0 - \frac{\pi}{2}$.

По выбранным формулам определяются суммарные осевые усилия и изгибающий момент:

$$N_с = N_к + N_п + N_б ; \qquad (3.33)$$

$$M_с = M_к + M_п + M_б . \qquad (3.34)$$

Таблица 3.9

Интенсивность нагрузки	Пределы применения формулы	Усилия в произвольном сечении кольца	
		изгибающий момент (M)	осевое усилие (N)
со стороны кровли $q_к$	$\alpha=0-\frac{\pi}{2}$	$q_к R^2(0{,}493+0{,}106\cos\alpha-0{,}5\sin^2\alpha)$	$q_к R(\sin^2\alpha-0{,}106\cos\alpha)$
	$\alpha=\frac{\pi}{2}-\pi$	$q_к R^2(0{,}693+0{,}106\cos\alpha-\sin\alpha)$	$q_к R(\sin\alpha-0{,}106\cos\alpha)$
со стороны почвы $q_{об}$	$\alpha=0-\frac{\pi}{2}$	$q_{об} R^2(0{,}057-0{,}106\cos\alpha)$	$0{,}106 q_{об} R\cos\alpha$
	$\alpha=\frac{\pi}{2}-\pi$	$q_{об} R^2(-0{,}443+\sin\alpha-0{,}106\cos\alpha-0{,}5\sin\alpha)$	$q_{об} R(\sin\alpha-\sin\alpha+0{,}106\cos\alpha)$
с боков $q_б$	$\alpha=0-\pi$	$q_б R^2(0{,}25-0{,}5\cos^2\alpha)$	$q_б R\cos^2\alpha$

Момент сопротивления профиля кольца в опасном сечении определяется по формуле (3.24) и в соответствии с его величиной подбирается номер профиля проката по табл. 3.5, 3.7.

Исходя из характеристик выбранного профиля W_1 и F_1 по формуле (3.26) проверяется предельное напряжение, возникающее в опасном сечении кольца, и делается вывод о надежности крепи в заданных условиях.

3.21. Расчет сборной железобетонной крепи сводится к проверке выбранных конструкций на центральное сжатие и изгиб. При этом изгибающие моменты (M) и осевые усилия (N) определяются для трапециевидных крепей по формулам (3.12), (3.13) и (3.9), (3.10), (3.11), причем в последних нагрузка на раму Q преобразуется в осевое усилие $N_c = \frac{Q}{2}$ в стойках для арочных крепей по формулам (3.24) и (3.25), а для кольцевых — по формулам табл. 3.9 и (3.33), (3.34).

Условия, определяющие прочность элементов крепи, подробно изложены в «Справочнике» [8].

3.22. Расчет бетонной крепи сводится к проверке максимального напряжения, возникающего в опасном сечении в блоках, расположенных в так называемой «зоне отлипания», пролет которой определяется по формуле

$$l_0 = 2r_c \cdot \sin 3\varphi_б , \qquad (3.35)$$

где l_0 — пролет «зоны отлипания» арки, м;

r_c — радиус верхнего свода сечения выработки, м;

$\varphi_б$ — угол, соответствующий положению одного блока в арке, зависит от размеров блока

$$\varphi_б = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{a_б}{r_0} , \qquad (3.36)$$

$a_б$ — длина блока, м;

r_0 — радиус дуги блока, м.

Стрела свода «зоны отлипания»

$$f_c = r_c(1 - \cos 3\varphi_б). \qquad (3.37)$$

Максимальная ширина арки вчерне

$$l_a = 2(r_c + d_б + \delta), \qquad (3.38)$$

где $d_б$ — толщина блока, м;

δ — толщина забутовки, м.

Интенсивность нагрузки

$$q = \frac{l_a}{f} \cdot L_б \cdot \gamma \cdot K_c, \qquad (3.39)$$

где f — коэффициент крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова;

$L_б$ — ширина блока, м.

Опорные реакции в шарнирах блоков

$$A = B = \frac{q \cdot l_a}{2} . \qquad (3.40)$$

Горизонтальный распор

$$H = \frac{q l_a^2}{\gamma f_0} . \qquad (3.41)$$

Усилие сжатия в опасном сечении блока

$$N = H \cdot \cos 2{,}5\varphi_б + A \cdot \sin 2{,}5\varphi_б . \qquad (3.42)$$

Максимальное напряжение, возникающее в блоках крепи БКЗ,

$$\sigma_{max} = \frac{2N}{F} \leqslant [\sigma]_{сж} , \qquad (3.43)$$

где F — площадь соприкасающихся друг с другом поверхностей блоков, м², $F = L_б \cdot d_б$;

$[\sigma]_{сж}$ — допустимое напряжение бетона блока на сжатие, кгс/см².

3.23. Расчет монолитной бетонной крепи рекомендуется производить по методике проф. С. С. Давыдова [9].

Толщина крепи в замке свода

$$d_0 = 0{,}06 \sqrt{\frac{l_0}{h_0}} \cdot K_c \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{l_0}{f}}\right) , \qquad (3.44)$$

где l_0 — ширина выработки в свету, см;

h_0 — высота свода, см;

f — коэффициент крепости пород, в которых расположена выработка.

Расчетная толщина бетонного свода в замке округляется до большего целого. Определяется толщина:

крепи свода

$$d_c = (1{,}2—1{,}5)\,d_0; \tag{3.45}$$

стен

$$d_{ст} = (1{,}0—2{,}0)\,d_c; \tag{3.46}$$

фундамента при бетонных стенах

$$T_ф = (1 — 1{,}5)\,d_{ст} \tag{3.47}$$

3.24. Расчет параметров анкерной крепи производится по методике, разработанной КузНИУИ [10].

Высота возможного свода обрушения составляет

$$b = \frac{a + C}{f_к \cdot K_к}, \tag{3.48}$$

где a — полупролет выработки, м;

C — глубина возможного отжима угля или породы в боках выработки, м;

$$C = \frac{K_{сж} \cdot \gamma \cdot H}{1000 \cdot K_б \cdot f_б} \cdot h_м; \tag{3.49}$$

h — высота выработки в проходке, м (если высота выработки больше мощности пласта m, то h принимается равной m);

$K_{сж}$ — коэффициент концентрации сжимающих напряжений на контуре выработки, значение которого принимается по табл. 3.10.

γ — средняя объемная плотность толщи пород, залегающих над выработкой до поверхности т/м^3;

H — глубина выработки от поверхности, м;

$K_б$ и $K_к$ — коэффициенты, учитывающие ослабление пород в боках и кровле выработки, значения которых принимаются по табл. 3.11;

Таблица 3.10

Форма сечений выработок	Отношение пролета к высоте $\left(\frac{2a}{h}\right)$	Максимальные значения коэффициентов концентрации сжимающих напряжений ($K_{сж}$)
Круглая	1	2
Прямоугольная	1; 1,5; 2	2.8; 3,0; 3,2
Трапециевидная	1; 1,5	2,6; 2,7
Сводчатая	1; 1,5	2,0; 2,5
Арочная	1; 1,5	1,8; 2,0
Полигональная	—	2,5

$f_б$ и $f_к$ — коэффициенты крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова в боках и кровле выработки;

μ — коэффициент, характеризующий наклон призмы сползания в боках выработки, принимается по табл. 3.11.

Таблица 3.11

Обозначения коэффициентов	Значение коэффициентов $K_к$, $K_б$ и μ при крепости									
	угля			породы						
	до 1	1—1,5	1,5—2	1—2	2—4	4—5	5—6	6—7	7—9	9—12
$K_к$; $K_б$	0,75	0,68	0,67	0,6	0,62	0,65	0,68	0,72	0,8	0,9
μ	0,45	0,38	0,26	0,24	0,15	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04

Необходимая длина анкера в кровле выработки ($l_к$) определяется по формуле

$$l_к = b + l_1 + l_2, \qquad (3.50)$$

где l_1 — величина заглубления анкера за контур свода обрушения, м (принимается 0,1—0,2 м для деревянных анкеров и 0,3—0,4 м для анкеров с металлическим стержнем);

где l_2 — длина анкера, выступающего за контур выработки, складывается из толщины подхвата затяжки, шайбы, высоты, гайки и величины свободного выступа, равного 0,05 м;

b — высота свода обрушения, м.

Длина анкера в боках выработки ($l_б$) при положительном значении C

$$l_б = C + l_1 + l_2. \tag{3.51}$$

Нагрузка на крепь со стороны кровли выработки ($Q_{кс}$) с учетом сейсмических пригрузок определяется из выражения

$$Q_{кс} = \frac{\gamma_к \cdot b \cdot K_с (1 + \cos\alpha)}{2}, \tag{3.52}$$

где α — угол наклона выработки, град;

$K_с$ — коэффициент сейсмичности.

Нагрузка на крепь в боках выработки ($Q_{бс}$);

$$Q_{бс} = \frac{1}{2} \gamma_б C K_с \left(b \cdot \frac{\gamma_к}{\gamma_б} + \frac{h}{2}\right), \tag{3.53}$$

где $\gamma_к$, $\gamma_б$ — объемная плотность пород кровли и боков выработки, т/м³.

Определение несущей способности анкеров различных конструкций производится по следующим формулам:

для металлических анкеров при их длительной эксплуатации:

а) для анкера ЭС2 $$P_{эс} = \frac{3f}{2f+1}; \tag{3.54}$$

б) для анкера АК8 $$P_{ак} = \frac{8f}{0{,}6f+1}; \tag{3.55}$$

в) для железобетонного анкера

$$P_{жб} = \frac{\pi d_с^2}{4} [\sigma]_{вр}, \tag{3.56}$$

где f — коэффициент крепости пород;

$d_с$ — диаметр арматурного стержня, см;

$[\sigma]_{вр}$ — временное сопротивление материала стержня на разрыв, кгс/см²;

г) для деревянных анкеров, изготовленных из лиственницы,

$$P_{л}=f_{тр}\ S\left(\frac{1}{13W^{1}+1,1}+\frac{W^{1}\varepsilon}{2,2W^{1}-0,08}\right);\qquad (3.57)$$

из сосны $P_{с}=f_{тр}S\left(\frac{1}{21W^{1}+0,7}+\frac{W^{1}\varepsilon}{2,4W^{1}-0,07}\right)$; (3.58)

из ели $P_{е}=f_{тр}S\left(\frac{1}{10W^{1}+2,5}+\frac{W^{1}\varepsilon}{2,3W^{1}-0,06}\right)$, (3.59)

где $f_{тр}$ — коэффициент трения, $f_{тр}$=0,4—0,6;

W^{1} — относительная влажность древесины (принимается 0,15—0,30);

S — площадь соприкосновения замка анкера со стенками скважины, мм²;

$$S=\frac{\pi ZD(d_{с}+H_{к}-t-D)}{4H_{к}};$$

ε — относительное сжатие в замке анкера,

$$\varepsilon=\frac{H_{к}\cdot d_{с}-t-D}{4H_{к}};$$

Z — длина клина, мм;

$d_{с}$ — диаметр стержня, мм;

$H_{к}$ — высота клина, мм;

t — высота щели, мм;

D — диаметр скважины, мм.

Прочность закрепления сталеполимерных анкеров определяется с помощью прибора ПА-3.

Несущая способность анкеров различной конструкции приведена в табл. 3.12.

Плотность установки анкеров в кровле ($P_{к}$) и в боках ($P_{б}$) выработки соответственно равна:

$$P_{к}=\frac{Q_{кс}\cdot K_{з}}{P};\qquad (3.60)$$

$$P_{б}=\frac{Q_{бс}\cdot K_{з}}{P},\qquad (3.61)$$

где $K_{з}$ — коэффициент запаса, $K_{з}$=2;

P — несущая способность анкера, определяемая по формулам (3.52), (3.53), или по табл. 3.12.

Шаг анкерной крепи рекомендуется определять по эмпирическим зависимостям:

для кровли $$L_к = \frac{2}{\sqrt{2b+1}}; \quad (3.62)$$

для боков $$L_б = \frac{2}{\sqrt{2C+1}}. \quad (3.63)$$

Число анкеров в ряду равно:

по кровле $$N_к = P_к \cdot A_к \cdot L_к; \quad (3.64)$$

по бокам $$N_б = P_б \cdot A_б \cdot L_б, \quad (3.65)$$

где $A_к$ и $A_б$ — анкеруемая часть периметра выработки соответственно по кровле и боковой стенке, м.

3.25. Расчет параметров анкерной крепи на сопряжениях нарезных выработок заключается в определении длины анкеров, которая должна быть увеличена, плотности их установки и определении длины участка, на котором требуется установка крепи с повышенной плотностью.

Длина анкеров на сопряжении выработок равна:
в кровле сопряжения

$$l^1_к = \frac{a_с + C_с}{f_к \cdot K_к} + l_1 + l_2; \quad (3.66)$$

в боках сопрягающихся выработок

$$l^1_б = C_с + l_1 + l_2. \quad (3.67)$$

где

$a_с = \sqrt{a^2_1 + a^2_2}$; $C_с = \frac{K^1_{сж}\gamma H}{1000 f_б \cdot K_б} \cdot h \cdot \mu$; $K^1_{сж} = \sqrt{K^2_{1сж} + K^2_{2сж}}$,

a_1 и a_2, $K_{1сж}$ и $K_{2сж}$ определяются для каждой из сопрягающихся выработок;

a — полупролет выработки, $K_{сж}$ — коэф-

Таблица 3.12

Коэффициент крепости пород или угля по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Несущая способность анкеров								
	распорной конструкции			железобетонного со стержнем			клиношелевого из		
	АК8	ЭС2	ШК1	из периодического профиля 16 мм	из круглой стали диаметром 16 мм	из круглой стали диаметром 18 мм	лиственницы	сосны	ели
1,0	5,0—6,0	4,0—5,0	2,5—3,0	—	—	—	0,9—1,1	0,7—0,8	0,6—0,7
1,5	6,5—8,0	5,5—6,5	3,5—4,2	—	—	—	0,9—1,0	0,5—0,6	0,3—0,4
2,5	—	—	—	10—12	7,7—9,5	9,6—11,5	0,4—0,5	0,2—0,3	0,2—0,3
3,0	8,5—10	8,0—9,5	5,5—6,5	10—12	7,7—9,5	9,6—11,5	0,3—0,4	0,1—0,2	—
4,0	9,5—11	9,0—10,5	6,5—7,5	10—12	7,7—9,5	9,6—11,5	0,2—0,3	—	—
5,0	11—12	11—12	7,5—9,0	10—12	7,7—9,5	9,6—11,5	—	—	—
6,0	11—12	11—12	8,2—9,8	10—12	7,7—9,5	9,6—11,5	—	—	—

фициент концентрации напряжений по табл. 3.10, остальные обозначения аналогичны обозначениям в формулах (3.48), (3.49), (3.50) и (3.51).

Плотность установки анкеров на сопряжении (P_c) с учетом сейсмических нагрузок определяется

$$P_c = P^1 \frac{2K_{1сж} \cdot K_c}{K_{1сж} + K_{2сж}}, \qquad (3.68)$$

где P^1 — плотность установки анкеров в одной из сопрягающихся выработок;

K_c — коэффициент сейсмичности (см. табл. 2.1).

Длина участка, на котором требуется установка анкеров с повышенной плотностью,

$$y = 2 \cdot K_{сж} \cdot a_i, \qquad (3.69)$$

где a_i — соответственно полупролет первой и второй выработок.

3.26. Толщина набрызгбетона, применяющегося в сочетании с анкерной крепью, с учетом сейсмических нагрузок определяется по формуле

$$T = \frac{S_{пр}}{4F_{пр} \cdot f} \cdot K_c, \qquad (3.70)$$

где $S_{пр}$, $F_{пр}$ — сечение и периметр выработки в проходке.

Рекомендуемая толщина набрызгбетона в зависимости от сечения выработки и крепости вмещающих пород приведена в табл. 3.13.

3.27. Расчет элементов крепи сопряжения выработок с плоским перекрытием производится в следующей последовательности.

Нагрузка на балки плоского перекрытия при равномерно распределенной интенсивности с учетом сейсмического влияния определяется по формуле

$$q_c = b\gamma \cdot L \cdot K_c, \qquad (3.71)$$

а давление на балку определяется из выражения

Таблица 3.13

Коэффициент крепости вмещающих пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова	Толщина набрызгбетона при сечении выработки в проходке в м², см						
	6	7	8	9	10	12	16
2,5	6,7	7,3	7,7	8,1	8,5	—	—
3,0	5,5	6,0	6,4	6,7	7,0	7,7	—
4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,8	6,7
5,0	3,3	3,6	3,9	4,0	4,2	4,6	5,4
6,0	2,8	3,0	3,2	3,4	3,5	3,9	4,5
6,0	2,4	2,6	2,8	2,9	3,0	3,3	3,8

$$P_{бс}=q_{с}\cdot l_{б}, \tag{3.72}$$

где b — высота свода естественного равновесия, м;

$$b=\frac{(1{,}25—1{,}5)\ l_{д}}{f}; \tag{3.73}$$

$l_{б}$ — длина балок перекрытия, м;

L — расстояние между балками перекрытия, м;

$l_{д}$ — наибольшая диагональ пересекающихся (соприкасающихся) выработок, м;

γ — плотность горных пород, т/м³;

$K_{с}$ — коэффициент сейсмичности (см. табл. 2.1).

Наибольшая диагональ пересекающихся выработок находится по формулам:

— для выработок с прямым сопряжением

$$l_{д}=\sqrt{l^2_{к}+l^2_{н}}, \tag{3.74}$$

где $l_{к}$ — расстояние между опорами камерной рамы, м;

$l_{н}$ — расстояние между опорами камерной рамы по нормали, м;

— для выработок, пересекающихся под косым углом (α),

$$l_{д}=\sqrt{l^2_{н}+\left(l_{к}+\frac{l_{н}}{\operatorname{tg}\alpha}\right)^2}. \tag{3.75}$$

Напряжение в балках перекрытия определяется по формуле

$$\sigma_{и}=\frac{M_{макс}}{W}\ , \qquad (3.76)$$

где $M_{макс}$ — максимальный изгибающий момент, кгс·см;
W — момент сопротивления, см³.

При этом расчетное напряжение должно быть равно или меньше допустимого, т. е. $\sigma_{и} \leqslant [\sigma]_{и}$; значения $[\sigma]_{и}$ и $[\sigma]_{сж}$ определяются по табл. 3.3. и 3.4.

Нагрузка на верхняк камерной рамы определится по формуле

$$P_{кс}=\frac{1}{2}K_{с}(P_1+P_{бс}), \qquad (3.77)$$

где $P_{бс}$ — нагрузка на верхняки камерных рам от давления горных пород, определяется по формуле (3.72), тс;
P_1 — нагрузка на верхняки камерных рам от веса перекрытия, тс.

При укладке балок перекрытия с расстоянием L между ними нагрузку на верхняк камерной рамы можно принимать в виде сосредоточенных сил P, прикладываемых в местах опоры балок перекрытия на верхняк камерной рамы. Суммарная нагрузка составит

$$P^{1}_{кс}=\frac{2}{3}\cdot l_{к}l_{п}\cdot b\cdot\gamma\cdot K_{с}\ . \qquad (3.78)$$

Диаметр стоек (для всех видов деревянной крепи) принимается равным диаметру верхняка и проверяется на допустимое напряжение сжатия с учетом продольного изгиба по формуле (3.5).

Если стойки поставлены под углом α к вертикали, то они проверяются по допустимому напряжению на сжатие с учетом продольного изгиба и угла наклона, т. е. формула (3.5) приобретает вид

$$\sigma_{сж}=\frac{P_{кс}}{2F\cdot\varphi_{п}\cdot\cos\alpha}\leqslant[\sigma]_{сж}\ . \qquad (3.79)$$

Расчет толщины призматической затяжки производится по формулам (3.7) и (3.8).

Расчет элементов металлической трапециевидной крепежной рамы сводится к определению номера профиля проката, для чего подсчитывается давление горных пород на одну раму и затем определяется максимальный изгибающий момент по методике, изложенной в п. 3.18.

Величину горного давления на металлическую крепь с длительным сроком службы рекомендуется [11] определять по формуле проф. М. М. Протодьяконова с трехкратным запасом прочности, т. е.

$$P_c = 3\gamma\frac{a^2}{f}. \qquad (3.80)$$

При этом нагрузка на верхняк рамы считается равномерно распределенной, а момент сопротивления сечения вычисляется из выражения

$$W_c = 0{,}156\frac{P_c \cdot l_б}{[\sigma]_и}. \qquad (3.81)$$

Если сорт металла для верхняков известен заранее, то максимальное расстояние между крепежными рамами определяется по формуле

$$L_c = \frac{W_c[\sigma]_и \cdot f}{\gamma \cdot a^2 \cdot l_б}, \qquad (3.82)$$

где $l_б$ — расстояние между опорами верхняка камерной рамы, м.

3.28. Расчет временной крепи рекомендуется производить в следующем порядке. Нагрузка на временную крепь определяется по геометрическим размерам возможных вывалов с учетом объемного веса отслоившегося массива и дополнительных нагрузок, возникающих от сейсмических колебаний при землетрясениях,

$$P_c = K \cdot b \cdot h \cdot \gamma[L - c - d(1-K)] \cdot K_c, \qquad (3.83)$$

где P_c — нагрузка на временную крепь, тс;

K — коэффициент, зависящий от формы вывала;

при треугольной форме $K = 1/2$, а при сводчатой $K=2/3$;

L — размер обнажения по длине выработки, м;

b; h; c; d— параметры вывалов согласно схемам, приведенным на рис. 3,4;

γ — средняя плотность обрушающегося массива, т/м^3;

K_c — коэффициент сейсмичности (см. табл. 2.1).

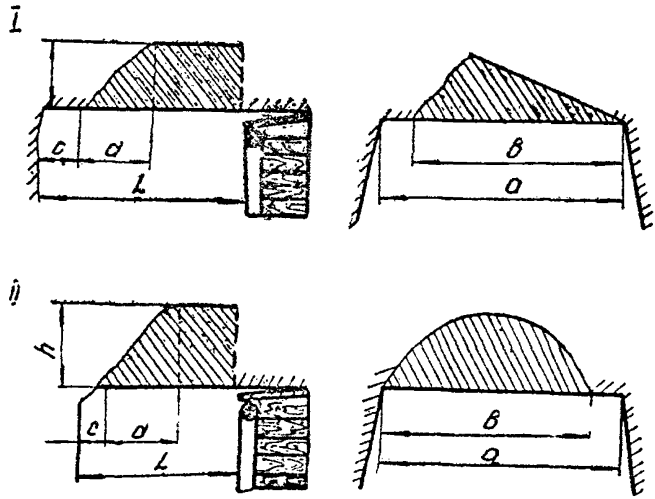

Рис. 3.4. Схема для определения размеров вывалов горной массы:

I — треугольная форма вывала; II — сводчатая форма вывала: a — ширина выработки в проходке; $в$ — ширина вывала; h — высота вывала; L — размер обнажения по длине выработки; d — длина скошенной части вывала; c—длина выработки без вывала

Прочностные параметры несущих элементов крепи определяются в соответствии с величиной расчетной нагрузки в следующей последовательности:

а) по табл. 3.14 определяется группа устойчивости массива, который будет обнажаться при проведении выработки;

б) по табл. 3.15 по паспортным данным выработки (ширина в проходке и наибольшее обнажение по длине) подбирается величина расчетной нагрузки на временную крепь. В случае, если ширина отличается от приведенной в табл. 3.15, особенно в большую сторону, произво-

Таблица 3.14

Условия проведения выработки	Категория устойчивости горного массива над выработкой	Группа устойчивости массива над выработками при напластовании пород		
		пологом	наклонном	крутом
По породе	Устойчивый, монолитный	I	I	I
	Устойчивый, слоистый	II	II	II
	Среднеустойчивый, слоистый	III	III	III
	Неустойчивый	IV	IV	IV
По углю с присечкой породы свыше 50%	Устойчивый, монолитный	I	II	II
	Устойчивый, слоистый	II	III	III
	Среднеустойчивый, монолитный	III	IV	IV
	Среднеустойчивый, слоистый	IV	V	V
	Неустойчивый	V	VI	VI
По углю с присечкой породы до 50%	Устойчивый, монолитный	II	II	III
	Устойчивый, слоистый	III	III	IV
	Среднеустойчивый, монолитный	III	IV	V
	Среднеустойчивый, слоистый	IV	V	VI
	Неустойчивый	V	VI	VII
По углю	Устойчивый, монолитный	II	III	III
	Устойчивый, слоистый	III	IV	IV
	Среднеустойчивый, монолитный	IV	V	V
	Среднеустойчивый, слоистый	V	VI	VI
	Неустойчивый	VI	VII	VII
По нарушению	Весьма неустойчивый	VIII	VIII	VIII

дится корректировка величины нагрузки по формуле

$$P_1 = P_c \frac{a_1^2}{a^2}, \qquad (3.84)$$

где P_1 — искомая величина расчетной нагрузки для выработок шириной a_1, м;

P_c — величина расчетной нагрузки для выработок шириной a=2,8 м при трапециевидной форме

Таблица 3.15

Группа устойчивости	Ширина выработки в проходке, м	Расчетная нагрузка на временную крепь при длине обнажения, м, тс				
		1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
I	2,8			0,1	0,1	0,1
	4,7			0,1	0,1	0,1
II	2,8			0,1	0,2	0,2
	4,7			0,1	0,2	0,2
III	2,8		0,1	0,2	0,2	0,3
	4,7		0,1	0,2	0,2	0,3
IV	2,8		0,34	0,58	0,84	1,12
	4,7		0,46	0,72	1,01	1,30
V	2,8	0,39	0,73	1,07	1,41	1,75
	4,7	0,51	0,90	1,30	1,70	2,18
VI	2,8	0,75	1,15	2,02	2,69	3,36
	4,7	0,95	1,46	1,6	2,13	2,66
VII	2,8	1,08	1,65	2,30	3,06	—
	4,7	1,31	2,08	2,90	3,87	—
VIII	2,8	1,53	2,32	3,22	—	—
	4,7	2,15	3,07	4,05	—	—

и a=4,7 м — при арочной;

в) нагрузка на перекрытие временной крепи принимается сосредоточенной, приложенной по середине обнажения (рис. 3.5).

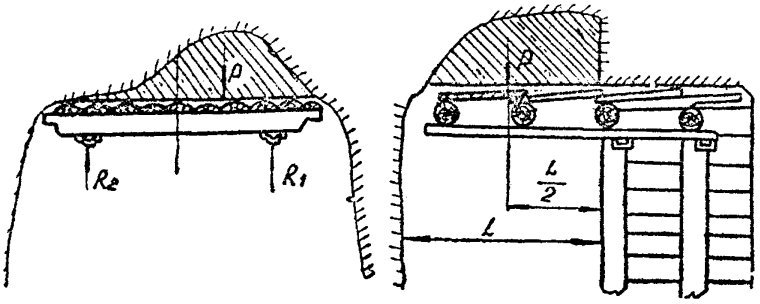

Рис. 3.5. Схема распределения нагрузки на временную крепь

При обрушении горной массы нагрузка на несущие балки в большинстве случаев распределяется неравномерно. Поэтому при двух и большем количестве несущих балок в расчетные формулы вводится коэффициент неравномерности распределения нагрузки ($m_н$). В

зависимости от формы и расположения вывалов горной массы над выработкой этот коэффициент может иметь величину от 1,0 до 1,5. Для расчетов принимается $m_и = 1{,}5$, тогда нагрузка на одну балку

$$P_б = \frac{1{,}5P_с}{n}, \qquad (3.85)$$

где n — количество несущих балок временной крепи, чаще всего $n=2$;

г) по известным формулам определяется максимальный изгибающий момент в сечении несущей балки и с учетом допускаемого напряжения на изгиб рассчитывается момент сопротивления профиля балок (прогонов, кронштейнов) по формуле

$$W = \frac{M_{изг}}{[\sigma]_и}, \qquad (3.86)$$

где W — момент сопротивления профиля, см^3;

$M_{изг}$ — максимальный изгибающий момент, кгс·см,

$[\sigma]_и$ — допустимое напряжение материала профиля на изгиб, кгс/см^2;

д) в качестве материалов для несущих балок временной крепи (прогонов, кронштейнов) рекомендуются специальный желобчатый профиль типа СП или СВП, рудничные рельсы, а также стальные газовые трубы из стали Ст 3 с допускаемым напряжением на изгиб $[\sigma]_и = 2100$ кгс/см^2 при условии соответствия их момента сопротивления действующим нагрузкам.

Момент сопротивления труб определяется по формуле

$$W_0 = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \cdot D}, \qquad (3.87)$$

где D и d — наружный и внутренний диаметр трубы, см.

Основные параметры рекомендуемых профилей приведены в табл. 3.5 и 3.7.

4. Дополнительные меры по проветриванию шахт, расположенных в сейсмоактивных районах

4.1. Одним из проявлений воздействия землетрясений на угольные шахты, отрабатывающие газоносные пласты угля, является усиление газовыделения из обнаженных поверхностей угля и пород вследствие образования в них дополнительных трещин от сдвижения массивов горных пород, что способствует более интенсивной десорбции газа из разрабатываемого и смежных пластов угля. Наблюдается также усиление газовыделения из запереМыченных выработанных пространств из-за образования трещин в перемычках. Вследствие этого увеличивается дебит газа в горные выработки в 2—3 раза, который, постоянно снижаясь, в течение 2—3 суток падает до первоначального уровня.

Для предотвращения опасности загазования нужно при расчете количества воздуха по факторам метановыделения для проветривания отдельных выработок, выемочных участков и шахты в целом исходить из необходимости поддержания допустимой концентрации метана в шахтной атмосфере. Коэффициент запаса воздуха ($K_{зв}$) в зависимости от газоносности пласта принимается по табл. 4.1.

Таблица 4.1

Газоносность пласта, м³/т	до 2	2—4	более 4
Коэффициент запаса воздуха ($K_{зв}$)	3	2,5	2

В подготовительные выработки, поскольку в них повышение газовыделения происходит наиболее резко, воздух с учетом коэффициента запаса должен подаваться постоянно.

Фактическое количество воздуха, подаваемого в шахту, должно проверяться на наличие достаточного запаса и, если оно не отвечает намеченному выше условию, необходимо предусматривать параллельный ввод в работу резервных агрегатов главных вентиляторных установок для подачи дополнительного количества воздуха при землетрясениях.

Для предотвращения проникновения метана из выработанного пространства рекомендуется возводить ди-

намически устойчивые изолирующие перемычки.

4.2. Газообильные шахты в сейсмоактивных районах должны быть оснащены максимумом аппаратуры газовой защиты и контроля. Рекомендуется в выработках основного направления устанавливать аппарату ру дистанционного контроля за качеством воздуха и направлением его движения (АКВ): в шахтах III категории и сверхкатегорных в подготовительных выработках, проходимых по углю, а также на участковых и общешахтных исходящих струях — датчики системы автоматической газовой защиты и централизованного телеконтроля содержания метана.

На исходящих струях крыла, горизонта и шахты, а также в выработках, непосредственно примыкающих к действующим эндогенным пожарам, необходимо устанавливать аппаратуру дистанционного автоматического контроля концентрации окиси углерода в рудничной атмосфере (типа «Сигма СО»).

В выработках, прилегающих к действующим и потушенным пожарам, необходимо устанавливать приборы дистанционного автоматического контроля температуры рудничного воздуха (типа сигнализатора «Нагрев»). Датчики сигнализатора «Нагрев» размещаются в выработанном пространстве за перемычками, изолирующими пожарный участок, и в выработках перед перемычками.

Лица, спускающиеся в шахту, должны быть оснащены изолирующими самоспасателями.

4.3. В позиции «Землетрясение», включаемой в планы ликвидации аварий, рекомендуется проработать:

— меры и конкретные аварийные режимы на случай возможного опрокидывания вентиляционных струй вследствие выхода из строя вентиляционных сооружений: особое внимание должно быть уделено наиболее опасным случаям опрокидывания воздушных струй на выемочных участках и в выработках, где могут находиться люди;

— меры на случай выхода из строя поверхностной трансформаторной подстанции, влекущего за собой переход шахты на проветривание за счет естественной тяги; в связи с этим в выработках должны быть предусмотрены регуляторы воздуха, позволяющие изолировать загазованные участки до восстановления нормаль-

ного режима проветривания, причем места их установки выбираются в зависимости от наиболее вероятных источников загазования;

— на шахтах и отдельных газообильных участках, где при проявлениях происшедшего землетрясения VI баллов и более наблюдаются интенсивное газовыделение и загазование, предусматривать отключение электроэнергии и меры по обеспечению нормальной работы главных вентиляторных, а также дегазационных установок после отключения поступающей в шахту электроэнергии.

5. Изоляция выработанных пространств в шахтах, расположенных в сейсмоактивных районах

А. Общие сведения по изоляции выработанных пространств

5.1. В результате воздействия сейсмических волн на горные выработки шахт могут произойти значительные деформации изолирующих сооружений. При усиленном газовыделении, связанном с землетрясением, в выработанном пространстве может создаваться избыточное давление, и газ через деформированные перемычки будет поступать в действующие выработки.

Необходимо также учитывать, что шахты, расположенные на о. Сахалин, разрабатывают пласты угля, большинство из которых склонны к самовозгоранию. При землетрясении происходит нарушение изоляции отработанных участков, это приводит к воздухообмену выработанного пространства с действующими горными выработками и может послужить причиной активизации действующих и ранее потушенных пожаров, проникновения в шахтную атмосферу продуктов горения, что намного усложнит ликвидацию аварий, вызванных землетрясением.

5.2. Изоляция выработанных пространств от действующих горных выработок в шахтах, расположенных в сейсмоактивных районах, должна осуществляться сооружениями, способными сохранять герметичность при действии на них динамических нагрузок. При этом необходимо иметь в виду, что на выработки, пройденные в породах с различными физико-механическими свойствами, сейсмическое воздействие различно. С увеличением тре-

щиноватости, влажности, в местах геологических нарушений повышается разрушающая способность сейсмических волн. На выработки, пройденные в плотных монолитных породах, разрушающее воздействие сейсмических нагрузок сказывается в меньшей степени. Поэтому в выработках, пройденных в монолитных крепких породах и вскрывающих пласты угля, не склонные к самовозгоранию, допускается возводить изолирующие сооружения обычных конструкций [13].

5.3. По сравнению с обычными изолирующими сооружениями динамические устойчивые перемычки должны обладать дополнительной прочностью, а их конструкции предусматривать уменьшение трещиноватости вмещающих пород, которая может возникнуть при сейсмических нагрузках.

Повышение устойчивости вмещающих пород и уменьшение их воздухопроницаемости может быть достигнуто укреплением пород анкерами и тампонажем. Для повышения прочности бетонные перемычки необходимо сооружать с арматурой. Так как при сейсмических нагрузках в перемычке возникают напряжения сжатия и растяжения, необходимо обеспечивать надежную связь арматуры с анкерами. При возведении брусчатых перемычек, допускающих довольно значительные деформации на сжатие и растяжение, применение арматуры необязательно, шпуры для анкерования и тампонажа бурят по одной из схем (рис. 5.1.). По схеме «а» бурят шпуры в малонарушенных углях и породах, когда возможно обнажать значительное пространство в месте возведения перемычки. В этом случае бурение шпуров, анкерование и тампонаж производятся после взятия вруба. При сильно трещиноватых и нарушенных породах и углях бурение шпуров осуществляется после возведения перемычки по схеме «б».

Глубина шпуров в зависимости от трещиноватости и состояния пород и угля должна составлять по углю не менее 2,0—2,3 м, по породе — 1,2—1,5 м. Расстояние между устьями шпуров — 0,8—1,3 м. Количество шпуров определяется периметрами выработки.

Нагнетание тампонажного состава производится с помощью диафрагменного насоса (например, типа С-855) или тампонажного аппарата. Максимальное давление при нагнетании составов не должно превышать

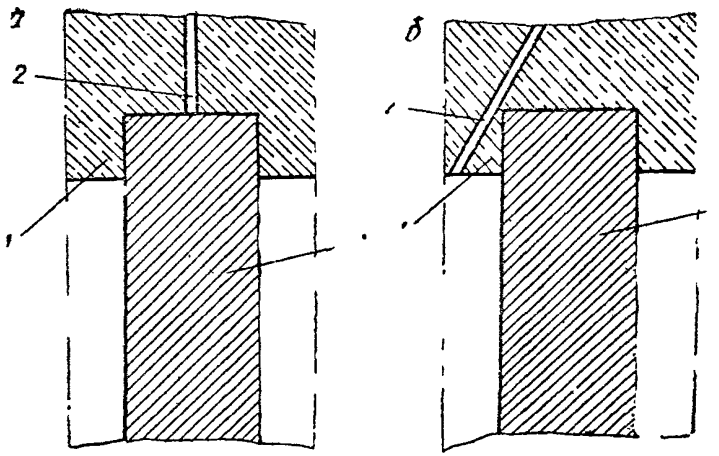

Рис. 5.1. Схема заложения шпуров:
а — размещение шпура в монолитных породах и углях;
б — размещение шпура в трещиноватых породах и углях;
1 — вмещающие породы; *2* — шпур; *3* — перемычка

4—5 кгс/см² при тампонаже угля и 7—10 кгс/см² при тампонаже пород. Нагнетание тампонажного состава в шпуры осуществляется до выхода его в горную выработку, соседний шпур или достижения максимального давления. Подача раствора при максимальном давлении должна производиться не менее 10—15 мин. Для одновременного выполнения операций тампонажа и анкерования разработан анкер-герметизатор, специально предназначенный для использования при возведении изолирующих сооружений [13].

Б. Определение основных параметров динамически устойчивых перемычек

5.4. Одним из основных параметров динамически устойчивой изолирующей перемычки является ее толщина. Она должна устанавливаться из условий сохранения герметичности сооружения при воздействии на него сейсмических волн.

Толщина перемычки по условию воздухонепроницаемости может быть определена по формуле

$$в = K_{п} \frac{Sh}{\Delta q}, \qquad (5.1)$$

где $в$ — толщина перемычки, м;

$K_{п}$ — коэффициент воздухопроницаемости изолирующего сооружения при воздействии на него статической и динамической нагрузок;

S — площадь сечения выработки вчерне, м²;

h — депрессия, мм вод. ст.;

Δq — оптимальная величина прососов воздуха через перемычку, м³/ч.

Значение коэффициента воздухопроницаемости для динамически устойчивых изолирующих перемычек составляет для брусчатых перемычек на мастике $K_{п}$ =0,084 гипсовых — 0,5, бетонных — 0,116.

При обследовании изолирующих сооружений на шахтах о. Сахалин установлено, что депрессия перемычек, как правило, не превышает 15—20 мм вод. ст. Однако, учитывая, что изолирующие сооружения могут оказаться под большим давлением воздуха, для расчета можно принимать депрессию, равной 50 мм вод. ст.

Значения оптимальной величины прососов воздуха через перемычки приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основной материал перемычки	Растворы			Прососы воздуха м³/ч
	кладочный	покрывающий	тампонажный	
Брусья	мастика	мастика	мастика	42
Бетон (железобетон)	—	мастика	мастика	53
Гипс	—	мастика	—	66

Толщина динамически устойчивых перемычек, определенная из условий их герметичности при воздействии статических и динамических нагрузок приведена в табл. 5.2.

При расчете не учитывалось повышение воздухопроницаемости перемычек за счет применения покрытий и тампонажа вмещающих пород. Использование этих мероприятий позволит повысить герметичность изолирующих сооружений в целом, увеличить срок службы и сок-

Таблица 5.2

Тип динамически устойчивой перемычки	Коэффициент воздухопроницаемости ($K_п$)	Площадь сечения перемычки, м²	Депрессия, мм вод. ст.	Оптимальные прососы воздуха, м³/ч	Толщина перемычки, м
Безврубовая гипсовая	0,55	6	50	60	2,5
С врубом, из брусьев на мастике	0,08	10	50	42	1,0
С врубом, из литого бетона (железобетона)	0,112	12	50	53	1,2

ратить число ремонтов в процессе их эксплуатации.

5.5. Устойчивость перемычек при действии на них статической нагрузки от горного давления и динамической от землетрясения проверяется по условию

$$\sigma_п \leqslant [\sigma], \qquad (5.2)$$

где $[\sigma]$ — допустимое напряжение в теле перемычки, кгс/см²;

$\sigma_п$ — напряжение от динамической нагрузки, от суммарного действия статической и динамической нагрузок, кгс/см²,

$$\sigma_п = \sigma_{ст} + \sigma_{дин}, \qquad (5.3)$$

где $\sigma_{ст}$ — напряжение от статической нагрузки $P_{ст}$, кгс/см²;

$$\sigma_{ст} = P_{ст} : F;$$

$\sigma_{дин}$ — напряжение от динамической нагрузки, кгс/см²;

F — площадь поперечного сечения перемычки, см²,

$$F = L \cdot a,$$

где L — ширина перемычки, см;

$в$ — толщина перемычки, см.

Статическая нагрузка определяется по формулам:

— при установке перемычки в выработке, закрепленной деревянной крепью

$$P_{ст}=0{,}8\frac{\sigma_{в}\cdot d^{3}\cdot L\cdot B}{l^{2}\cdot r_{к}}+Q_{п}\ ; \qquad (5.4)$$

— при установке перемычки в выработке с металлической крепью

$$P_{ст}=\frac{8\sigma_{в}\cdot W\cdot L\cdot B}{l^{2}\cdot r_{к}}+Q_{п}\ : \qquad (5.5)$$

— при установке перемычки в выработке с бетонной крепью

$$P_{ст}=1{,}33\frac{\sigma_{в}\cdot \delta^{2}\cdot L\cdot B}{l^{2}\cdot r_{к}}+Q_{п}\ , \qquad (5.6)$$

где $\sigma_{в}$ — предел прочности материала крепи, кгс/см^2;

d — диаметр верхняка, см;

l — пролет выработки, см;

B — площадь обнажения кровли выработки при возведении перемычки, $B=\Psi\cdot F$;

Ψ — коэффициент, учитывающий перебор породы во врубе сверх сечения тела перемычки, обычно $\Psi=1{,}1$;

$r_{к}$ — расстояние между рамами крепи, см;

W — момент сопротивления сечения профиля металлической крепи, см^3;

δ — толщина свода бетонной крепи, см;

$Q_{п}$ — масса перемычки, кг,

$$Q_{п}=L\cdot в\cdot H\cdot \gamma\ ,$$

где H — высота перемычки, см;

γ — плотность тела перемычки, кг/см^3.

Напряжение от динамической нагрузки можно вычислить по формуле, предложенной Ш. Г. Напетваридзе [14],

$$\sigma_{\text{дин}} = \pm \frac{g}{2\pi} K_c \cdot \eta_3 \cdot \frac{E}{C_p}, \qquad (5.7)$$

где g — ускорение свободного падения, см/с^2;

η_3 — коэффициент, учитывающий отставание деформации перемычки от деформации окружающего массива (определяется экспериментально и должен быть менее 1, с учетом запаса прочности обычно принимают $\eta_3 = 1$);

K_c — коэффициент сейсмичности, принимаемый по табл. 2.1;

E — модуль упругости при растяжении (сжатии) вмещающих пород, кгс/см^2;

C_p — скорость распространения продольных волн по вмещающим породам, м/с.

В табл. 5.3 приведены результаты расчетов напряжений в гипсовой, брусчатой и бетонной перемычках.

Таблица 5.3

Тип перемычки	Плотность тела перемычки (γ), кг/см^3	Вид крепи выработки	Напряжение в теле перемычки ($\sigma_п$), кгс/см^2	Допустимое напряжение в теле перемычки ($[\sigma]$), кгс/см^2
Брусчатая	580	деревянная	9,3	15
		металлическая	9,0	
Бетонная	2250	бетонная	16.0	40
		металлическая	21,6	
Гипсовая	1300	деревянная	8,0	35

Из табл. 5.3 видно, что размеры перемычек, установленные по условиям их герметичности, удовлетворяют прочности при суммарном воздействии статических и сейсмических нагрузок. Перемычки в среднем имеют полуторный запас прочности, что обеспечивает их безаварийную эксплуатацию при землетрясениях в VII баллов.

В. Конструкция динамически устойчивых изолирующих перемычек

5.6. Брусчатые динамически устойчивые перемычки

Для возведения брусчатых динамически устойчивых перемычек (рис. 5.2) используется брус сечением 20×20 мм. По длине брусья заготавливаются трех размеров: длинные брусья *5* должны быть больше ширины выработки на величину вруба с одной стороны, укороченные *4* имеют длину, равную величине вруба, и короткие *6* имеют длину, равную толщине перемычки. Кладка перемычек ведется на мастике или цементном растворе.

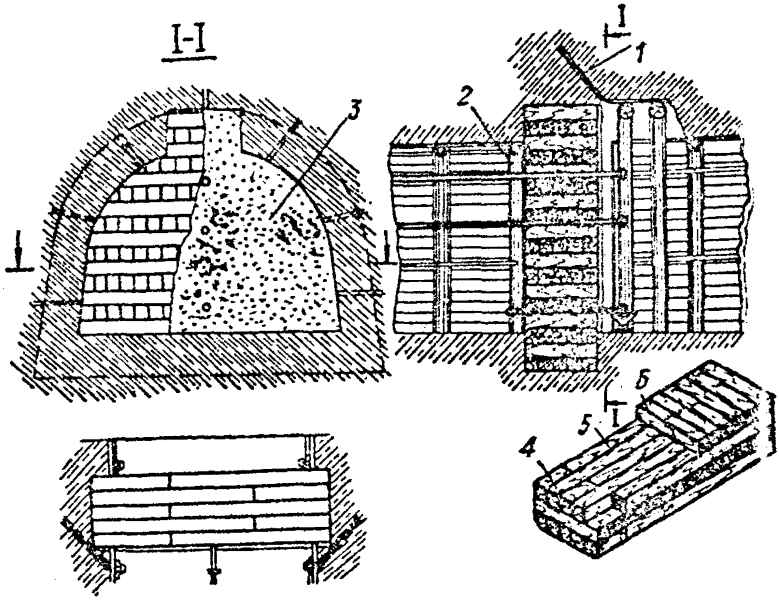

Рис. 5.2. Динамически устойчивая брусчатая перемычка:
1 — шпур; *2* — крепь; *3* — покрытие; *4* — укороченные брусья; *5* — длинные брусья; *6* — короткие брусья

Порядок возведения брусчатых перемычек следующий.

После выбора места, взятия вруба и выполнения подготовительных работ в борта и кровлю выработки

бурятся шпуры, укрепляются анкеры и производится тампонаж пород. Затем вруб в почве заливается слоем мастики толщиной 5—8 см, и на него укладывается первый ряд брусьев. На этот ряд заливается мастика (3—5 см), и размещаются длинные брусья. Затем проверяется горизонтальность кладки по уровню в двух направлениях. В месте стыков брусьев со стороны изолируемого пространства в выработках, закрепленных деревом, устанавливаются две стойки под верхняк.

Место для возведения перемычек в выработках с металлической крепью подбирается с таким расчетом, чтобы тело перемычки соприкасалось с рамой крепи 2 со стороны изолируемого пространства.

На участках, имеющих приток шахтных вод, укладку брусьев целесообразно производить на бетонное основание (порог). Укладка рядов ведется таким образом, чтобы короткие, длинные и укороченные брусья чередовались между собой. Длинные брусья заводятся во вруб с одной стороны, а оставшаяся часть до стенки противоположного вруба закладывается укороченными брусьями. Необходимо следить, чтобы они чередовались между собой по внешней и внутренней сторонам перемычки, а швы между ними и короткими (поперечными) брусьями не совпадали по вертикали. Все прилегающие поверхности брусьев внутри перемычки должны быть покрыты слоем мастики толщиной не менее 1,5 см. Пустоты между стенками вруба и брусьями также заполняются мастикой.

Верхняя часть перемычки, где трудно разместить очередной ряд длинных брусьев, может быть заложена короткими брусьями полного или уменьшенного сечения. Расширение в кровле покрывается изолирующим раствором и закрепляется стойками под верхняк с перетяжкой кровли.

Поверхность тела перемычки и прилегающих к ней пород и угля покрывается мастикой. Со стороны изолируемого пространства покрытие наносят на 1/2—2/3 высоты нижней части перемычки по мере ее возведения. Со стороны действующих выработок покрытие изолирующими составами производится после окончания всех работ по сооружению перемычки.

Изолирующий состав наносится на кладку и вмеща-

ющие горные породы на расстоянии не менее 0,6 м от их сопряжения с телом перемычки.

5.7. Гипсовые динамически устойчивые перемычки

Гипсовые перемычки (рис. 5.3) представляют собой монолитную конструкцию. Ее возведение осуществляется дистанционно при помощи комплекса «Монолит», обеспечивающего подачу раствора до 79 м³/ч на расстояние до 40 м. Комплекс выпускается серийно НПО «Респиратор» (г. Донецк). Гипсовые перемычки применяются как взрывоустойчивые и успешно используются при ликвидации аварий в шахтах.

Для сооружения перемычек применяется пластифицированный гипс, представляющий собой порошкообразное вещество, состоящее из строительного или высокопрочного гипса и пластифицирующей добавки. В качестве добавки используется концентрат сульфитно-спиртовой барды в количестве 0,5—1,5% от веса гипса.

При смешивании сухого гипса с водой образуется смесь, которая через 1,5—2 ч затвердевает.

Расход сухого материала (гипса) зависит от размеров перемычки и принимается по табл. 5.4.

Таблица 5.4

Площадь сечения выработки, м²	Толщина перемычки, м	Расход сухого гипса, т
4	2	10
5	2	13
6	2.25	18
7	2.5	24
8	2.5	27

Технология сооружения гипсовых перемычек состоит в следующем.

В месте сооружения перемычки убираются затяжки и обрушается в бортах и кровле отслоившаяся порода. Почва очищается от штыба и мусора. При значительном притоке воды на почве укладывается труба для стока.

Затем в двух сечениях выработки, расстояние между которыми должно быть равным толщине перемычки, устанавливаются деревянные стойки. К стойкам прибиваются доски и ткань. Зазоры между опалубкой и боковыми породами уплотняются мешковиной или промазываются раствором гипса. В верхней части опалубки со стороны действующих выработок делается проем с ля-

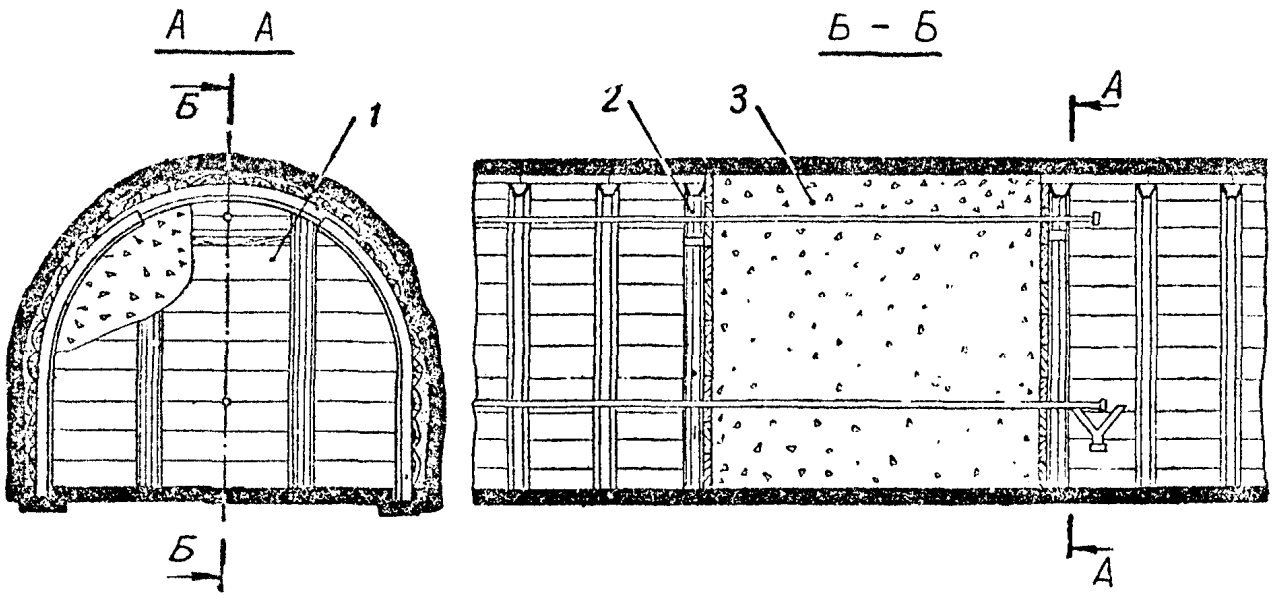

Рис. 5.3. Гипсовая перемычка:
1 — опалубка; *2* — крепление; *3* — тело перемычки

дой для выхода людей из пространства между опалубками. После завершения работ по герметизации опалубки устанавливаются нагнетательная труба и контрольный патрубок, верхние концы которых располагаются в куполе. В тех случаях, когда гипсовая перемычка возводится около противопожарной арки с металлической дверью, изолирующей или вентиляционной перемычки, сооружается только одна ограждающая опалубка со стороны действующей выработки.

Одновременно с возведением опалубки устанавливается смесительно-нагнетательный агрегат, прокладывается рукавная линия, подключается электрооборудование и система управления комплексом, подводится вода и проверяется работа комплекса в целом. Затем раствор гипса закачивается в пространство между опалубками.

Твердение раствора в перемычке продолжается в течение 1,5 ч после завершения его подачи.

5.8. Бетонные динамически устойчивые перемычки

Возведение бетонных перемычек (рис. 5.4) производится в следующем порядке: выполняются вспомогательные операции, делается вруб, бурятся шпуры, и производятся анкерование и тампонаж пород.

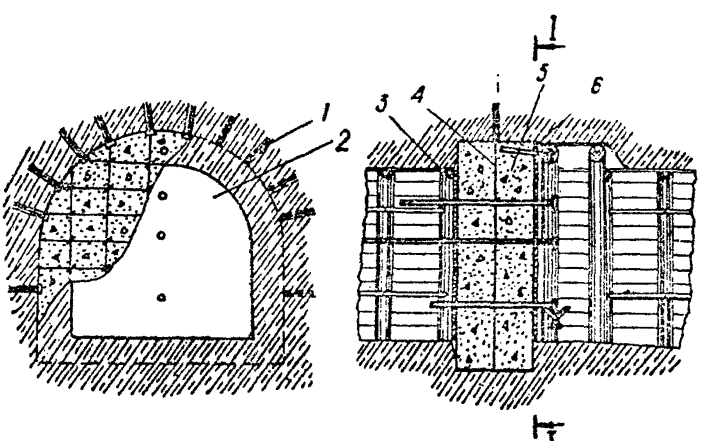

Рис. 5.4. Бетонная динамически устойчивая перемычка:
1 — шпур; *2* — покрытие; *3, 6* — опалубка; *4* — арматура; *5* — бетон

Со стороны изолируемого пространства в середине выработки устанавливаются две стойки, к которым прибивается опалубка; со стороны действующих выработок она возводится по мере укладки бетона. При нашивке досок необходимо следить за вертикальностью стенок опалубки и плотностью стыков и швов. В месте расположения окна опалубка не устанавливается. Арматура из прутковой стали диаметром не менее 5 мм к болтам анкер-герметизатора крепится по мере укладки бетона. Коэффициент армирования перемычки составляет 0,5%. Технология установки арматуры в перемычке аналогична технологии при изготовлении железобетонных изделий. Она должна находиться в теле перемычки не ближе 20 см от опалубки.

Укладка бетона ведется слоями в 24—40 см и тщательно трамбуется до появления на его поверхности «цементного молока». Необходимо следить, чтобы бетон заполнял все трещины и пустоты в породах. Укладка бетона ведется от бортов к центру перемычки.

После возведения перемычки на 0,5 м от почвы выработки устанавливается и раскрепляется опалубка для окна и производится нашивка досок опалубки со стороны изолируемого пространства до кровли выработки. В верхнюю часть вруба нагнетается цементный раствор через трубу, заложенную в перемычку у кровли. Трубы для выпуска воды, замера температуры и закачки цементного раствора вмонтируются по мере укладки бетона. Через 6—7 дней после окончания работ по укладке бетона снимается опалубка со стороны изолируемого пространства, выравнивается и штукатурится бетонная стенка. Особое внимание при этом следует обращать на заделку пустот в сопряжении перемычки с породами и штукатурку примыкающих пород на расстоянии не менее 0,5 м от перемычки.

Затем устанавливается опалубка, и заполняется окно бетоном. После этого опалубка со стороны действующих выработок снимается, бетонная стенка выравнивается, заделываются цементным раствором (Ц:П=1:1) раковины и пустоты. Поверхность перемычки «железнится» и белится или покрывается мастикой.

При возведении перемычки в трещиноватых породах производится тампонаж пород цементным раствором.

Бетонные смеси, как правило, должны готовиться на бетонных заводах и доставляться на шахту в готовом виде. Как исключение, допускается приготовление бетона в районе возведения перемычки.

5.9. Железобетонные динамически устойчивые перемычки

В месте возведения железобетонных перемычек (рис. 5.5) убирается крепление, обираются нависшие куски породы. Затем разделывается вруб, с помощью анкер-герметизатора производятся укрепление и тампонаж пород. Со стороны изолируемого пространства устанавливаются стойки и к ним прибивается опалубка. После этого монтируется арматура из арматурной стали диаметром не менее 5 мм. Для этой цели к концам анкер-герметизатора, выступающего в горную выработку, приболчивается арматура таким образом, чтобы в теле перемычки было не менее 5 вертикальных и горизонтальных рядов. Арматура должна размещаться таким образом, чтобы она находилась не ближе 20 см от опалубки. Арматурная сталь вертикальных и горизонтальных рядов перевязывается стальным проводом, затем устанавливается опалубка со стороны действующих горных выработок, и пространство между опалубками заполняется бетоном по технологии, описанной выше.

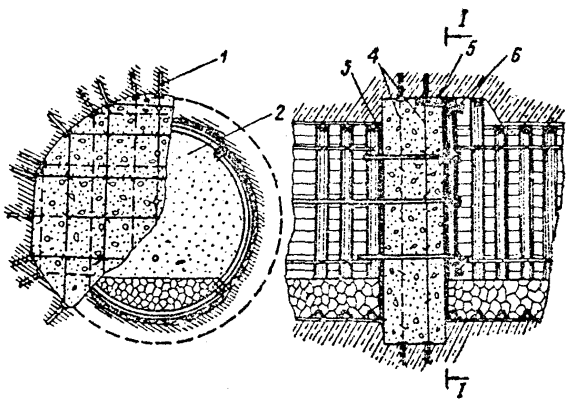

Рис. 5.5. Железобетонная динамически устойчивая перемычка:
1 — шпур; *2* — покрытие; *3*, *6* — опалубка; *4* — арматура; *5* — инъектор

После возведения перемычка штукатурится или покрывается силикатным раствором.

5.10. Противопожарные динамически устойчивые арки

На откаточных и вентиляционных штреках или промежуточных квершлагах пластов, опасных по самовозгоранию, а также в местах, предусмотренных планом ликвидаций аварий, и на участках под потушенными пожарами возводятся до начала очистных работ противопожарные арки. Сечение арок принимается равным сечению выработок в свету. Они должны устанавливаться не ближе 5 м от места пересечения выработок. Толщина арки должна быть на 10% больше толщины перемычки, закладываемой в ней.

Противопожарные арки — долгосрочные сооружения, при закладке проема они должны иметь повышенную прочность и минимальную воздухопроницаемость. Практика показывает, что арки, применяемые в настоящее время, к моменту отработки участка разрушаются и перестают соответствовать своему назначению. Поэтому их следует возводить из железобетона в прочных и трещиноватых породах. В местах сооружения арок крепление усиливается на 5 м в каждую сторону. На пластах угля, склонного к самовозгоранию, оно выполняется из несгораемого материала или из дерева, покрытого огнезащитным составом.

Для снижения трудоемкости и ускорения работ по закладке арок, что особенно важно в аварийных условиях, следует применять бетониты. Размер арки должен быть таким, чтобы ее проем заполнялся целым числом бетонитов. Кладку блоков необходимо вести на цементном растворе (Ц:П=1:2; 1:1) со смещением горизонтальных швов.

На расстоянии не более 20 м от каждой арки в специальной нише должно храниться необходимое количество материалов (блоки, песок, трубы и т. д.). При сооружении арок в особо ответственных местах в нише, кроме того, должен находиться гидрофобный или обычный цемент в герметических полиэтиленовых мешках. В тех случаях, когда в перемычке должен быть оставлен проход в изолированное пространство, в нише хранят металлическую дверь. Кроме того, в нише находятся инструменты и приспособления (лопаты, кайла, ящик для

приготовления растворов и др.), нужные для выполнения работ.

Состав и сохранность материалов и инструментов должны проверяться не реже двух раз в месяц.

Противопожарные арки на промежуточных квершлагах, основных и вентиляционных горизонтах должны закладываться не позднее чем через 10 дней после окончания всех эксплуатационных работ на участке. В исключительных случаях, по согласованию с округом Госгортехнадзора СССР, допускается увеличение срока закладки арок до одного месяца.

Для возведения железобетонной арки (рис. 5.6) делается вруб и расширение в кровле, и во вруб устанавливаются два ряда арматуры. В зависимости от формы и сечения выработки арматура может быть выполнена в виде полного (неполного) дверного оклада или балок, заложенных во вруб в кровле. В качестве арматуры можно использовать рельсы, спецпрофиль, швеллеры и т. д. Для удобства монтажа арматура собирается из отрезков, длина которых не должна превышать ширину выработки в свету. Отрезки арматуры в месте возведе-

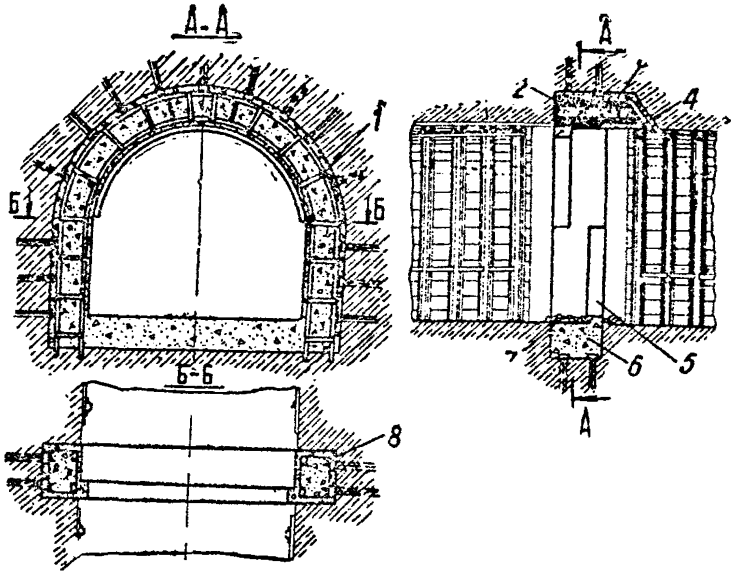

Рис. 5.6. Динамически устойчивая противопожарная арка:
1 — крепление; *2* — арматура; *3* — бетон; *4* — инъектор; *5* — паз; *6* — фундамент; *7* — щебень; *8* — анкер

ния арки соединяются между собой накладками. После этого начинается укладка пластичного или литого бетона, который доставляется с поверхности. Опалубка наращивается по мере укладки бетона: сначала заполняется вруб в почве, а затем в бортах. Для связи арки с перемычкой по всему периметру выработки делаются выступы. Заполнение бетоном вруба в кровле ведется через расширение. Когда укладка бетона становится затруднительной, в расширении размещаются 2—3 коротких отрезка швеллеров или рельсов. Расширение по кровле выработки перекрывается опалубкой и через трубы заполняется цементным раствором (Ц:П—1:2).

Для повышения устойчивости будущей перемычки во внутренних стенках арки делаются выступы или наклонные плоскости в сторону изолируемого пространства. После затвердения цемента опалубка убирается. Раковины и неровности на поверхности бетона, пустоты на сопряжении арки с породами заполняются раствором; арка с обеих сторон штукатурится и «железнится». В крепких и нетрещиноватых породах и угле арки можно сооружать без заделки поперечных швеллеров.

Закладка проема арки производится бетонитами или железобетоном. При закладке в качестве арматуры используются горячекатаная сталь переменного профиля диаметром 15—20 мм, проволока диаметром 5—8 мм, полосовое железо толщиной не менее 5 мм, отрезки рельсов и балок.

Каркас арматуры сваривается на поверхности по форме проема и доставляется в шахту. Каркас должен состоять из 3 частей: двух стоек и дуги. На месте закладки проема арматура устанавливается внутрь арки и закрепляется проволокой и штырями через накладки.

Технология укладки бетона и штукатурки аналогична описанной выше.

Г. Области применения динамически устойчивых перемычек

На основании детального изучения опыта использования изолирующих сооружений на шахтах страны, многолетних наблюдений за их эксплуатацией, с учетом свойств материалов и результатов исследований определена область применения динамически устойчивых изолирующих перемычек.

Перемычки из гипса следует возводить в печах, сбой-

ках, вентиляционных, конвейерных и промежуточных штреках площадью сечения до 6 м² вчерне. Срок службы этих перемычек не должен превышать одного года

Перемычки брусчатые на изолирующей мастике могут быть применены для изоляции вентиляционных, откаточных и полевых штреков, уклонов, ходков, бремсбергов с углом падения до 25° и площадью сечения до 10 м² вчерне. Срок службы брусчатых перемычек не более 3 лет.

Перемычки из бетона целесообразно сооружать в квершлагах, основных и полевых штреках площадью сечения до 12 м² вчерне. Срок их службы не должен превышать 5 лет.

Железобетонные перемычки могут быть применены для изоляции крыльев и горизонтов шахт. Их следует возводить в крепких нетрещиноватых породах в выработках площадью сечения более 10 м². Срок службы железобетонных перемычек до 10—12 лет.

6. Предотвращение горных ударов на шахтах о. Сахалин

6.1. Большая тектоническая нарушенность угольных месторождений и повышенная сейсмическая активность в районах острова являются факторами, повышающими возможность возникновения горных ударов на угрожаемых удароопасных пластах.

К настоящему времени исследованиями ВНИМИ установлено, что угрожаемыми следует считать:

— на Лопатинском месторождении пласты 29, 31 и VII;

— на Мгачинском месторождении пласты I и IV;

— на Тихменевском месторождении пласт VI.

Запасы по указанным пластам подсчитаны до глубины 500—600 м, что в 2—3 раза превышает минимальную глубину горных работ, при которой возможно проявление горных ударов. Краевая часть перечисленных пластов представлена прочным углем, способным к упругому деформированию и хрупкому разрушению. В вскрывающей толще залегают монолитные слои горных пород прочностью на одноосное сжатие 800—1600 кгс/см², мощностью 20 м и более.

Буроугольный пласт VI по прочности, деформационным свойствам и условиям залегания весьма сходен с

удароопасным пластом «В» на Шурабском месторождении, расположенном в сейсмоактивном районе Средней Азии, где проблема борьбы с горными ударами серьезно возникла впервые при глубине разработки порядка 250 м.

6.2. На действующих горизонтах шахт, разрабатывающих угрожаемые удароопасные пласты, в сложившейся в настоящее время горнотехнической обстановке применения специальных мер борьбы с горными ударами не требуется при условии проведения в процессе ведения горных работ систематических наблюдений и оценки степени опасности отдельных участков пластов с помощью комплексного метода по методике и под руководством ВНИМИ. Если при этом в процессе ведения горных работ будут обнаружены участки пластов с повышенной степенью удароопасности, то должны приниматься меры в соответствии с требованиями нормативных документов [2, 15].

6.3. При составлении проектов отработки нижних горизонтов угрожаемых удароопасных пластов на шахтах «Долинская», «Южно-Сахалинская» и «Тихменевская» с целью предотвращения горных ударов необходимо предусмотреть профилактические мероприятия при выборе рациональных схем вскрытия, способов подготовки систем разработки и максимального использования защитных пластов в соответствии с нормативными документами [2, 15] и рекомендациями ВНИМИ для конкретных условий*.

Заключение

В действующих нормативных документах, регламентирующих порядок ведения горных работ, технологию и безопасность на угольных шахтах, нет никаких позиций, предусматривающих правила или мероприятия, направленные на обеспечение безопасности работ в сейсмоактивных районах. Этот вопрос не освещен и в учебниках горных вузов. Поэтому проектные организации не учитывают вопросы влияния землетрясений на горные работы при составлении проектов строящихся и реконстру-

* Отчет по работе «Провести прогноз удароопасности пластов на Лопатинском, Тихменевском, Мгачинском и Бошняковском месторождениях. Разработать мероприятия по предупреждению горных ударов». Л., ВНИМИ, 1974.

пусемых шахт. В настоящее время на действующих шахтах в сейсмоактивных районах в основном используются рекомендациями распоряжений, приказов и решений различных комиссий Минуглепрома СССР.

В других отраслях горнодобывающей промышленности страны никакие мероприятия в сейсмоактивных районах также не предусмотрены. Нет никаких данных о научно-исследовательских работах в этой области, выполненных АН СССР и республиканскими АН, не имеются сведения о подобных работах за рубежом.

Настоящая работа, выполненная на основании научных исследований отраслевых институтов, является первой попыткой комплексного подхода к разработке мер, направленных на повышение безопасности в угольных шахтах, расположенных в сейсмоактивных районах. Учитывая небольшой объем выполненных исследований и накопленного материала по фактам воздействия землетрясений на подземные выработки шахт, не все затрагиваемые вопросы получили одинаковую глубину проработки, но соблюдение намеченных мероприятий безусловно должно значительно повысить безопасность на угольных шахтах в сейсмоактивных районах.

Считаем, что дальнейшие исследования, кроме уточнения и углубления освещенных положений, должны быть направлены на решение следующих вопросов:

— определение признаков, предшествующих землетрясению, непосредственно в шахтах;

— установление степени влияния добычи полезных ископаемых на сейсмичность района, в пределах которого осуществляется добыча;

— определение условий возникновения сейсмических явлений под воздействием горных разработок;

— определение условий проникновения при землетрясениях воды в горные выработки из близлежащих поверхностных водоемов;

— разработка методов контроля состояния прилегающего к выработкам горного массива и надшахтных сооружений после землетрясений;

— разработка систем автоматической газовой защиты и централизованного телеконтроля метана с автономным питанием, обеспечивающим их бесперебойную работу в период отключения электроэнергии, поступающей в шахту;

— разработка методов расчета устойчивости подготовительных и очистных горных выработок с полным учетом всех горнотехнических и горно-геологических факторов;

— организация центров оповещения шахт и рудников, расположенных в сейсмоактивных районах, о возможных землетрясениях;

— организация единого центра сбора и анализа данных о влиянии землетрясений на рудничную атмосферу, устойчивость горных выработок и надшахтных сооружений по результатам землетрясений, происходящих в пределах земного шара.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП П-А. 12—69 Строительные нормы и правила. Часть П—А. Глава 12. Строительство в сейсмических районах. М., Стройиздат, 1977.
2. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., «Недра», 1973.
3. Типовые сечения для подготовительных выработок с новыми видами крепи п/о «Сахалинуголь». Прокопьевск, КузНИУИ, 1977.
4. Разработка и исследование новых сборных железобетонных крепей. М., «Недра», 1965. Авт.: Гелескул М. Н. и др.
5. Инструкция по применению новых видов крепи подготовительных выработок шахт производственного объединения «Сахалинуголь». Владивосток, КузНИУИ, 1977.
6. Сборник примеров и задач по проведению горных выработок. Харьков, изд-во Харьк. ун-та, 1961. Авт.: Орлов В. В. и др.
7. Нурмухамедов Ю. К. Примеры и задачи по технологии горного производства. М., «Недра», 1973.
8. Справочник по креплению горных выработок. М., «Недра», 1976. Авт.: Гелескул М. Н. и др.
9. Давыдов С. С. Расчет и проектирование подземных конструкций. М., Госстройиздат, 1950.
10. Широков А. П., Лидер В. А., Писляков Б. Г. Расчет анкерной крепи для различных условий применения. М., «Недра», 1976.
11. Задачник по подземной разработке угольных месторождений. М., Углетехиздат, 1958. Авт.: Гойхман Г. И. и др.
12. Временное руководство по расчету первичного и последующих шагов обрушения пород кровли. Кемерово, ВостНИИ, 1973.
13. Руководство по изоляции отработанных участков, временно остановленных и неиспользуемых горных выработок в шахтах. Кемерово, ВостНИИ, 1977.
14. Напетваридзе Ш. Г. Сейсмичность гидротехнических сооружений. М., Стройиздат, 1959.
15. Руководство по прогнозу удароопасности угольных пластов и применению мер борьбы с горными ударами на шахтах СССР. Л., ВНИМИ, 1974.

ОГЛАВЛЕНИЕ

		Стр.
	Введение	3
1.	Краткие сведения о сейсмичности о. Сахалин	5
2.	Дополнительные меры безопасности при ведении горных работ на шахтах в сейсмоактивных районах	6
3.	Требования к креплению и поддержанию подготовительных горных выработок в сейсмоактивных районах	9
	А. Условия и область применения различных типов крепи	9
	Б. Методика расчета основных параметров крепи	22
4.	Дополнительные меры по проветриванию шахт, расположенных в сейсмоактивных районах	56
5	Изоляция выработанных пространств в шахтах, расположенных в сейсмоактивных районах	58
	А. Общие сведения по изоляции выработанных пространств	58
	Б. Определение основных параметров динамически устойчивых перемычек	60
	В. Конструкция динамически устойчивых изолирующих перемычек	65
	Г. Области применения динамически устойчивых перемычек	
6.	Предотвращение горных ударов на шахтах о. Сахалин	75
	Заключение	76
	Литература	78

gost.e-ecolog.ru