Министерство угольной промышленности УССР

Центральное бюро научно-технической информации

Министерство высшего и среднего специального образования

Макеевский инженерно-строительный институт

РУКОВОДСТВО

ПО ВЫБОРУ КРЕПИ ДЛЯ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ КОМБАЙНАМИ

Донецк – 1979

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности УССР

Центральное бюро научно-технической информации

Министерство высшего и среднего специального образования

Макеевский инженерно-строительный институт

УТВЕРЖДАЮ:

заместитель министра угольной промышленности УССР

П.И.МАРОСИН

6 июля 1979 г.

РУКОВОДСТВО

ПО ВЫБОРУ КРЕПИ ДЛЯ ВЫРАБОТОК, ПРОВОДИМЫХ КОМБАЙНАМИ

Донецк – 1979

Настоящее "Руководство" содержит основные положения по оценке горно-геологических условий, прогнозу смещений и нагрузок на крепь и выбору технически целесообразной и экономически выгодной конструкции крепи для выработок, проводимых комбайнами.

"Руководство" предназначено для проектировщиков и производственников, занимающихся проектированием и сооружением капитальных горных выработок шахт Донбасса.

© ЦБНТИ Минуглепрома Украинской ССР, 1979

ВВЕДЕНИЕ

Предусматриваемый планом развития народного хозяйства СССР дальнейший рост добычи угля связан с необходимостью строительства новых и реконструкции действующих горных предприятий. Перед шахтостроителями поставлена задача сокращения сроков строительства и, в первую очередь, работ горноподготовительного цикла.

Одним из главных технических направлений повышения производительности труда и темпов проведения выработок является применение проходческих комбайнов . Доля комбайновой проходки в общем объеме проводимых выработок с каждым годом увеличивается и в перспективе этот способ станет основным.

При комбайновой проходке процесс крепления наименее механизирован. Существующие методы прогнозирования параметров взаимодействия крепи с горным массивом, используемые на практике, и соответствующие нормативные документы предназначены для условий буровзрывного способа проходки и не учитывают специфику комбайновой выемки горной массы.

Настоящее "Руководство по выбору крепи для выработок, проводимых комбайнами" составлено в соответствии с пятилетним планом по головной теме № 1504 Минуглепрома СССР "Исследовать, разработать и внедрить новые прогрессивные решения в области крепления капитальных горных выработок, обеспечивающие комплексную механизацию горнопроходческих работ" на основании комплекса научно-исследовательских работ, выполненных Макеевским инженерно-строительным институтом в 1976-1979 гг. по этапу № 1504130000-010 "Разработать и внедрить руководство по выбору крепи для выработок, проводимых комбайнами".

В разработке "Руководства" принимали участие доктор техн.наук, профессор Ю.З.Заславский, доктор техн.наук профессор В.Ю.Изаксон, канд.техн.наук, доцент Е.Б.Дружко, канд. техн.наук, доцент Ф.И.Перепичка, инж.В.А.Пшеничный,инж.А.П.Пастухов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Проектирование крепи горных выработок состоит из следующих основных этапов:

оценка горно-геологических условий сооружения выработки и выбор типов крепи;

расчет параметров взаимодействия крепи с горным массивом (прогнозирование податливости и несущей способности крепи);

расчет конструкций крепи;

технико-экономическая оценка возможных вариантов крепления и выбор оптимального.

1.2. "Руководство" регламентирует выполнение первых двух этапов проектирования крепи с учетом специфики комбайнового способа проведения выработки и дает методику выбора ее экономичной конструкции. Поскольку методы конструктивного расчета крепи достаточно разработаны и не зависят от способа проведения выработки, то для выполнения третьего этапа проектирования в "Руководстве" даны рекомендации по применению существующих методов расчета основных типов крепей.

1.3. При выборе расположения и способов охраны выработок следует руководствоваться "Указаниями по расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР", ВНИМИ, 1977.

1.4. На современном этапе развития геомеханики широкое практическое применение получили инженерные методы расчета параметров взаимодействия крепи и породного массива, основанные на комбинации аналитических решений и результатов шахтных инструментальных исследований.

В основу настоящего "Руководства" положен инженерный аналитико-экспериментальный метод прогнозирования ожидаемых смещений и нагрузок на крепи комбайновых выработок, разработанный в МакИСИ.

1.5. Рекомендуемые зависимости получены для условий угольных шахт Донбасса. Однако основа предлагаемой методики может быть использована в любом другом бассейне - вид зависимостей останется таким же, а численные коэффициенты должны быть скорректированы по результатам инструментальных наблюдений в новых горно-геологических условиях.

1.6. Исходными данными для выбора крепи являются назначение выработки, срок службы, сечение в свету, направле-

ние относительно напластования и угол наклона к горизонтали, глубина заложения, геологический разрез по сечению с указанием прочности всех слоев на высоту в кровле до 1,5 ширины выработки и в почве на глубину, равную ее ширине.

1.7. Выработки, проведенные вкрест простирания, более устойчивы, чем выработки, проведенные по простиранию. Расчетный метод, положенный в основу настоящего "Руководства", разработан для последнего случая. Получающееся при этом некоторое завышение величин прогнозируемых смещений и нагрузок на крепь для выработок квершлажного типа по сравнению со штреками идет в запас.

1.8. Горный массив характеризуется прочностью пород на одноосное сжатие, определяемой при испытании образцов по общепринятой методике. При отсутствии данных о прочности пород для ориентировочных расчетов, можно пользоваться коэффициентом крепости по шкале проф. М.М.Протодьяконова, считая, что предел прочности пород $R = 100 f$ кгс/см^2.

При проведении выработки в слоистом массиве с диапазоном изменения прочности в пределах 20%, в расчетах принимается минимальное значение R. В случае, если прочностные характеристики слоев отличаются более, чем на 20%, то для расчетов определяется средневзвешенная прочность пород [1]; в кровле на высоту, равную 1,5 ширины выработки вчерне, в боках – на высоту выработки и в почве – на глубину, равную ширине выработки.

1.9. При назначении окончательного сечения выработки вчерне, кроме толщины крепи и забутовки должны учитываться прогнозируемые смещения контура за период всего срока службы выработки.

2. ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Настоящее "Руководство" применяется для выбора крепи горизонтальных и наклонных (до 30^0) горных выработок, проводимых комбайнами на шахтах Донецкого бассейна, расположенных вне зоны активного влияния очистных работ на глубинах до 1500 м и в породах с диапазоном изменения прочности от 200 до 1000 кгс/см^2.

2.2. Область действия "Руководства" распространяется на протяженные горные выработки с любым расположением относительно залегания пород, сооружаемые в следующих условиях:

во всех характерных для угленосных толщ Донбасса породах;

вне зон крупных тектонических нарушений и больших водопритоков;

при способах охраны и расположении соседних выработок, исключающих их вредное влияние друг на друга.

2.3. Во всех случаях область применения "Руководства" ограничивается условиями правильного ведения горнопроходческих работ и выполнения "Правил безопасности в угольных и сланцевых шахтах".

2.4. При проектировании горных выработок в условиях, отличающихся от приведенных в п.п. 2.1–2.2, выбор конструкций крепей выработок, проводимых комбайнами, производится на основе дополнительных рекомендаций соответствующих специализированных организаций и технологических бассейновых НИИ Минуглепрома СССР.

3. ОЦЕНКА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ВЫБОР ТИПА КРЕПИ

3.1. Для оценки инженерно-геологических условий с точки зрения устойчивости выработки используется параметр $\frac{\gamma H}{R}$, связывающий напряженное состояние массива γH и прочность вмещающих пород R. Здесь γ – средняя плотность пород, H – глубина заложения выработок.

3.2. В зависимости от качественных и количественных показателей проявлений горного давления, определяющих степень устойчивости породного обнажения, режим работы крепи и методику прогнозирования ожидаемых на нее нагрузок и смещений, весь диапазон горно-геологических условий делится на три области (рис.1).

3.3. В диапазоне условий, где параметр $\frac{\gamma H}{R} < 0{,}2$ (область 1), породное обнажение не разрушается и весь срок службы находится в устойчивом состоянии. Крепь выполняет изолирующие функции, предохраняя массив от выветривания и предотвращая выпадение в выработку отслаивающихся кусков породы.

3.4. В диапазоне условий $0{,}2 \leqslant \frac{\gamma H}{R} \leqslant 0{,}35$ (область II) по контуру выработки в зависимости от прочностной анизотропии, вызванной слоистостью вмещающего массива, возникают локальные области разрушения пород. Обрушаясь, породы оказывают

давление на крепь за счет собственной массы, обуславливая работу ее в режиме заданной нагрузки.

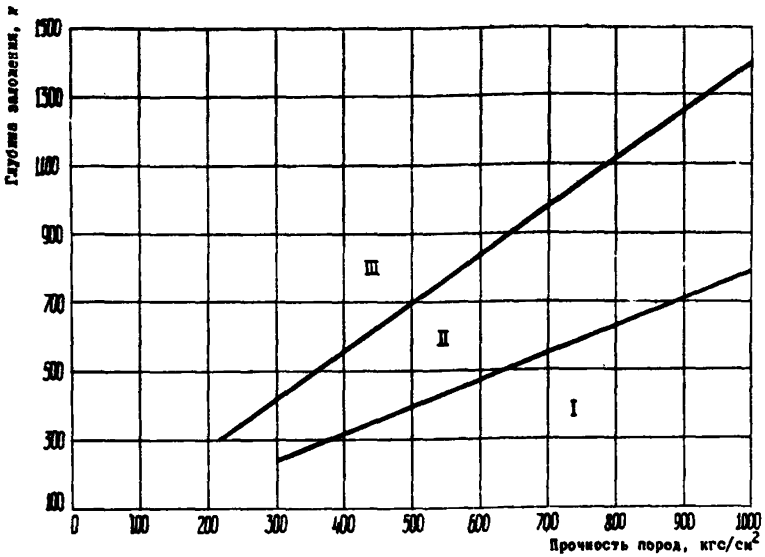


Рис. 1. Области различных схем проявления горного давления в комбайновых выработках

3.5. В диапазоне условий $\frac{\gamma H}{R} \geq 0{,}35$ (область III) вокруг выработки с течением времени образуется сплошная зона неупругих деформаций, связанная с разрушением и пластическим течением пород. Увеличение объема пород в зоне неупругих деформаций вызывает всесторонние смещения контура выработки, которые технически выполнимая крепь не в состоянии предотвратить. В этих условиях крепь работает вместе с породами приконтурной зоны в режиме заданной деформации.

4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРЕПИ С ГОРНЫМ МАССИВОМ

4.1. В 1-й области горно-геологических условий ($\frac{\gamma H}{R} < 0{,}2$) смещения пород определяются упругими деформациями (смещения контура не превышают 50 мм), крепь не испытывает регулярных нагрузок и ее параметры назначаются из эстетических и технологических соображений.

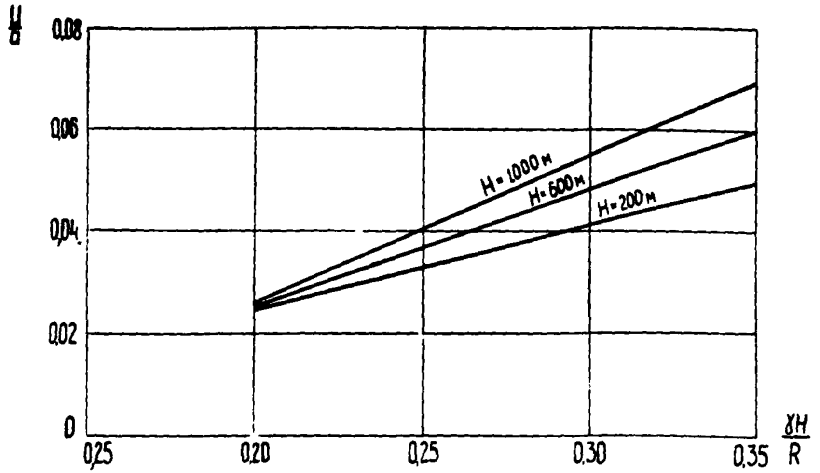


Рис. 2. График зависимости безразмерных смещений кровли выработки от параметра $\gamma H/R$ для II области горно-геологических условий $(0,2 \leq \gamma H/R \leq 0,35)$

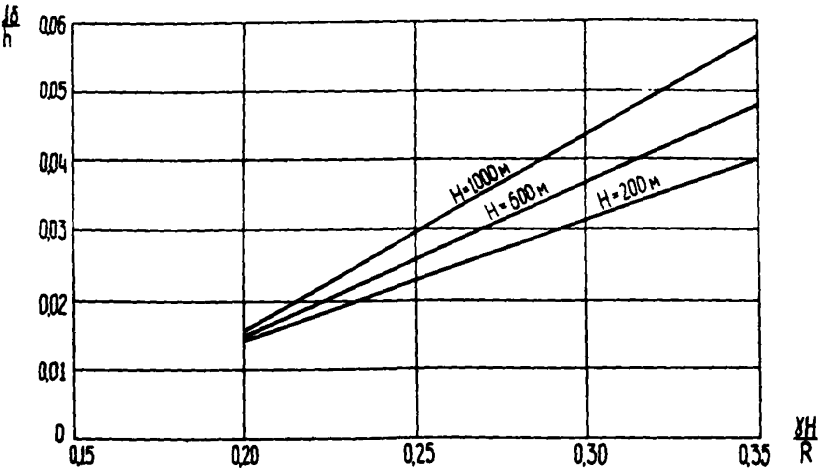


Рис. 3. График зависимости безразмерных смещений боков выработки от параметра $\gamma H/R$ для II области горно-геологических условий $(0,2 \leq \gamma H/R \leq 0,35)$

4.2. Во второй области горно-геологических условий ($0{,}2 \leq \frac{\gamma H}{R} \leq 0{,}35$) смещения породного контура определяются упругопластическими деформациями массива и увеличением объема пород в зонах локального разрушения.

Максимально возможные смещения со стороны кровли и боков определяются по графикам рис. 2 и 3.

Нагрузка на крепь в рассматриваемом диапазоне условий формируется от массы пород в зонах локальных разрушений. Расположение и размеры этих зон определяются в соответствии со схемой, представленной на рис. 4, пользуясь графиками рис. 5 и 6 для соответствующего угла падения пород.

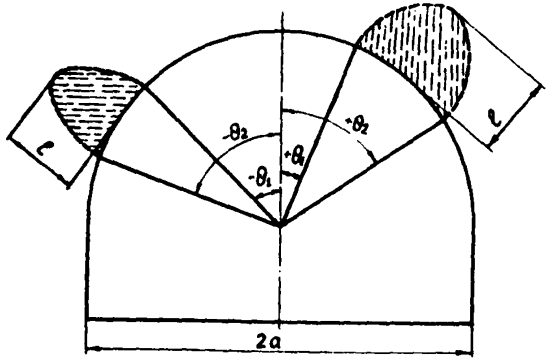


Рис. 4. Схема к определению расположения и размеров зон локальных разрушений пород по контуру выработки: ℓ – размер зоны разрушения вокруг выработки, м

4.3. Для третьей области горно-геологических условий ($\frac{\gamma H}{R} \geqslant 0{,}35$) прогнозируются смещения контура выработки и несущая способность крепи.

Смещения со стороны кровли $U_к$ и боков $U_б$ рассчитываются по формулам

$$U_к = a\left\{\left(\frac{0{,}67\gamma H + 0{,}01R}{q + 0{,}1R}\right)^2\left[0{,}01 + 0{,}38\cdot 10^{-2}(\gamma H + R)\right] - 0{,}01\right\}, \quad (1)$$

$$U_б = h\left\{\left(\frac{0{,}67\gamma H + 0{,}65R}{q + 0{,}4R}\right)^2\left[0{,}01 + 0{,}38\cdot 10^{-2}(\gamma H + R)\right] - 0{,}01\right\}. \quad (2)$$

Несущая способность крепи рассчитывается по формулам

$$q_к = \gamma a\left(6{,}7\frac{\gamma H}{R} - 0{,}9\right), \quad (3)$$

$$q_s = 0{,}5\,\gamma\left[a\left(6{,}7\,\frac{\gamma H}{R} - 0{,}9\right) + h\right], \qquad (4)$$

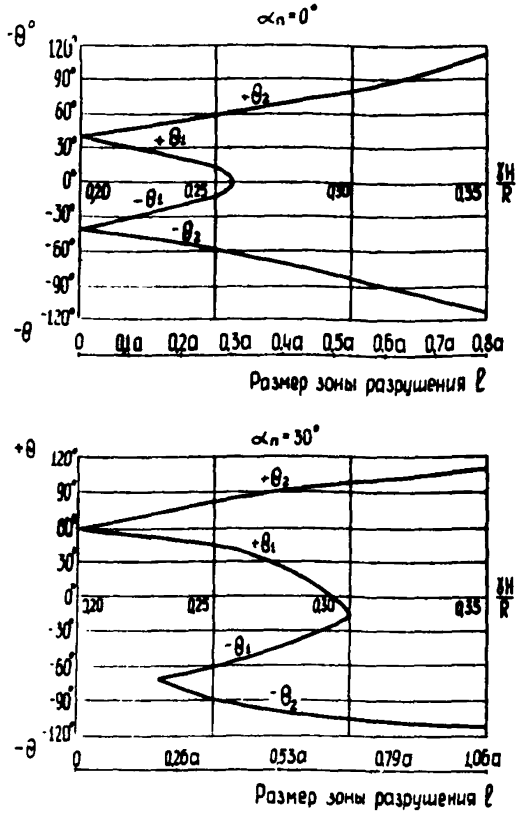


Рис. 5. Размеры и места нахождения зон локальных разрушений пород по контуру выработки в зависимости от параметра $\gamma H/R$ при углах падения пород $\alpha_n = 0°$ и $\alpha_n = 30°$

где $q_к$ – ожидаемая нагрузка на крепь со стороны кровли (несущая способность крепи), тс/м^2;

q_s – ожидаемая нагрузка на крепь со стороны боков, тс/м^2;

$2h$ – высота выработки в проходке, м;

$2a$ – ширина выработки в проходке, м.

Для оценки относительных смещений контура и несущей способности крепи можно пользоваться графиками, приведенными на рис. 7–10.

4.4. Требуемая податливость постоянной крепи определяется, исходя из ожидаемых смещений контура, и времени ее установки. Если крепь устанавливается без отставания от проходческого забоя, то ее податливость должна быть равна ожидаемым конечным смещениям контура выработки.

Если крепь устанавливается с отставанием от проходческого забоя (технологическая податливость), то ее податливость рассчитывается по формуле

$$U^* = U \cdot K_t, \qquad (5)$$

где U – смещения контура выработки, определенные по формулам (1)–(4) или рис. 7–10;

K_t – коэффициент технологической податливости, определяемый по графику рис. 11.

5. ВЫБОР КОНСТРУКЦИЙ КРЕПИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ РАСЧЕТУ

5.1. Выбор технически приемлемых конструкций крепи производится в соответствии с табл. 1, исходя из ожидаемых размеров вывалов (для II области горно-геологических условий) или прогнозируемых нагрузок на крепь и ее податливости (для III области горно-геологических условий), пользуясь рекомендациями, приведенными в п.п.5.2–5.11.

5.2. В диапазоне горно-геологических условий, характеризуемых параметром $\gamma H/R < 0{,}5$, выработки, проведенные комбайном, более устойчивы, по сравнению с выработками, проведенными с помощью буровзрывных работ; в диапазоне условий, где параметр $\gamma H/R > 0{,}5$, смещения пород в комбайновых выработках превышают соответствующие смещения в выработках, пройденных буровзрывным способом.

5.3. Комбайновый способ выемки горной массы обеспечивает бо-

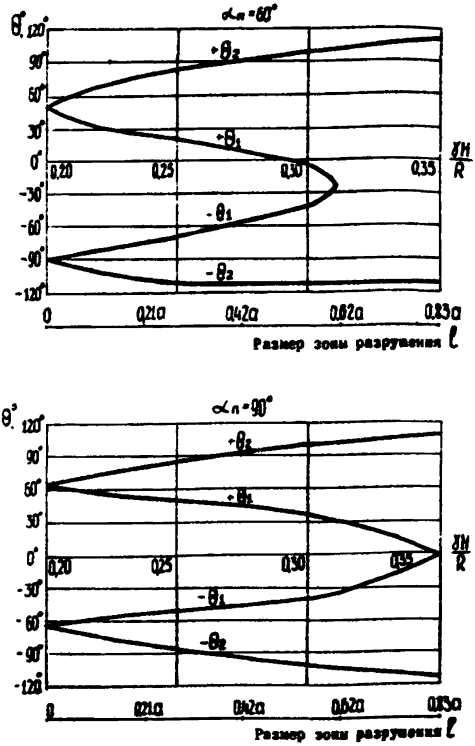


Рис. 6. Размеры и места расположения зон локальных разрушений пород по контуру выработки в зависимости от параметра $\gamma H/R$ при углах падения пород $\alpha_n = 60°$ и $\alpha_n = 90°$

лее гладкий контур породного обнажения, что способствует применению набрызгбетонных крепей и улучшает условия работы подпорных крепей (уменьшается вероятность появления сосредоточенных нагрузок на крепь).

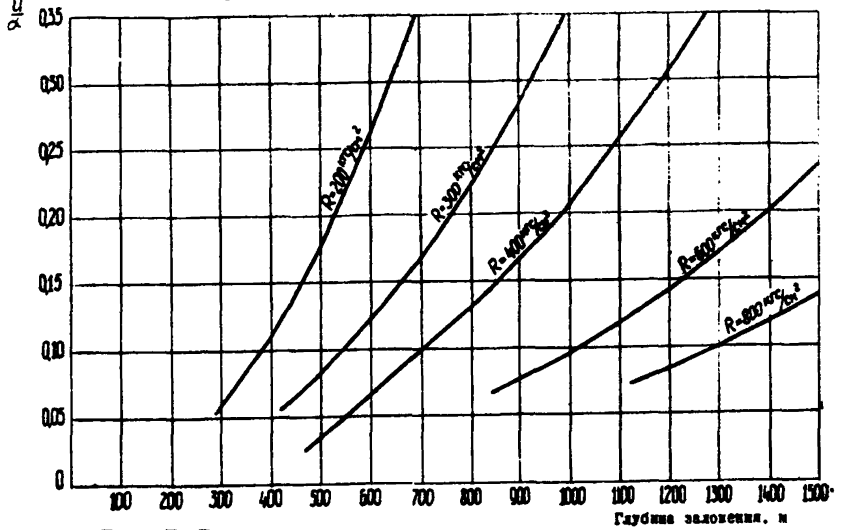


Рис. 7. График зависимости безразмерных смещений кровли от глубины заложения выработки при различных прочностях пород

5.4. Область применения набрызгбетонных крепей при комбайновой проходке расширяется до $\frac{\gamma H}{R} = 0{,}35$ (против $\frac{\gamma H}{R} = 0{,}3$ при буровзрывном способе).

5.5. Поскольку бетонные и металлобетонные крепи допускают смещения контура до 50 мм, то в условиях, где комбайновый способ уменьшает смещения пород ($\frac{\gamma H}{R} < 0{,}5$), область применения вышеуказанных крепей расширяется.

5.6. В условиях, где $\frac{\gamma H}{R} > 0{,}5$, необходимо применять крепи повышенной податливости (по сравнению с крепями, применяемыми в выработках: пройденных буровзрывным способом) и предусматривать соответствующий запас сечения выработки на большую осадку.

5.7. Для выполнения изолирующих и ограждающих функций наиболее эффективной является крепь из набрызгбетона. Основным достоинством набрызгбетона является его универсаль-

ность, заключающаяся в возможности подбора толщины покрытия в зависимости от условий проходки.

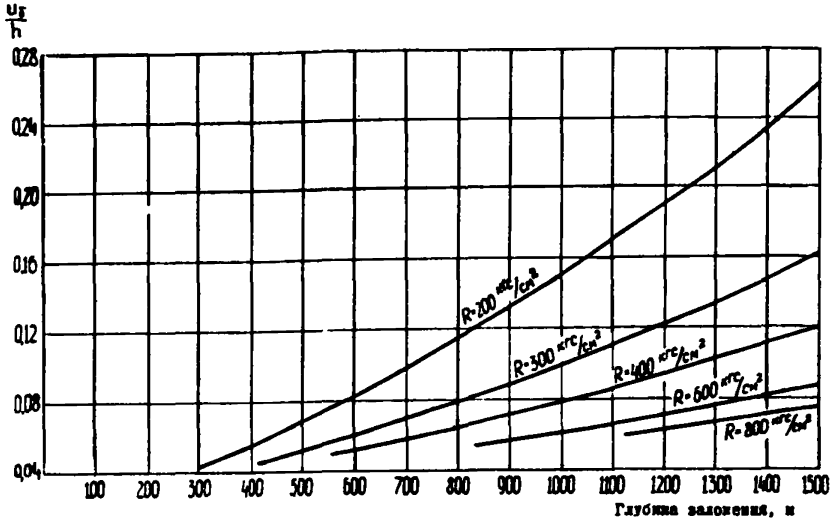


Рис. 8. График зависимости безразмерных смещений боков выработки от глубины ее заложения при различных прочностях горных пород

Очевидна роль набрызгбетона и в повышении безопасного состояния выработки. В то время, как многие другие крепи с возрастанием нагрузки деформируются сразу и их восстановление сопряжено со значительными трудностями, крепь из набрызгбетона деформируется постепенно с образованием в ней ряда видимых трещин. При этом, за счет высокого сцепления с породой, обеспечивается удержание от падения нарушенных участков крепи и отслоившихся кусков породы. В этом случае несложно путем повторного набрызга бетонной смеси отремонтировать деформированную оболочку. Набрызгбетонная смесь, попадая в трещины, в процессе твердения восстанавливает монолитность ремонтируемых конструкций.

Применение различных комбинаций набрызгбетона с другими крепями позволяет создавать конструкции с необходимой грузонесущей способностью. Обладая высокой механической прочностью, обусловленной повышенным содержанием цемента и высокой плотностью материала, набрызгбетон, по сравнению с обычным монолитным бетоном, дает возможность в 2-3

раза уменьшить толщину покрытия, обеспечивая сокращение стоимости крепи. Методика расчета набрызгбетонной крепи при применении ее в чистом виде и в комбинации с другими крепями изложена в работе [2].

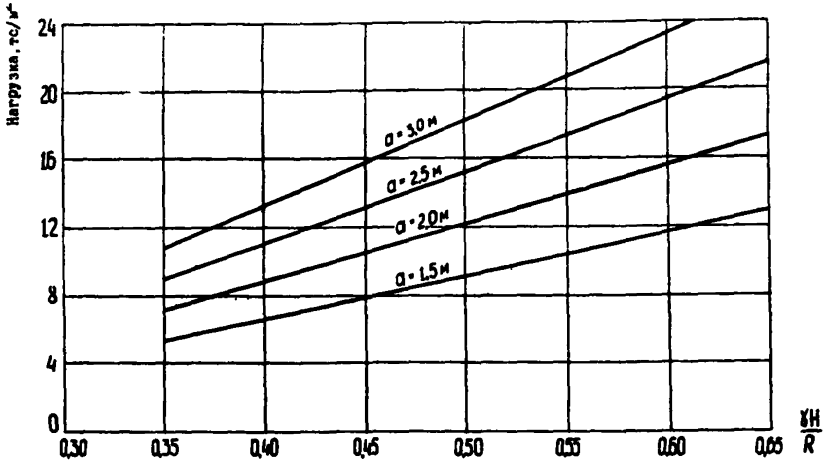


Рис. 9. График зависимости нагрузки на крепь со стороны кровли от параметра $\gamma H/R$ при различных размерах выработки

5.8. Анкерная крепь относится к крепям бесподпорного типа и по сравнению с обычными подпорными конструкциями имеет следующие преимущества:

имеет потенциальные возможности для полной механизации процесса крепления;

требует меньшего расхода крепежных материалов и меньших затрат на их доставку;

позволяет уменьшить сечение выработки и ее аэродинамическое сопротивление.

В условиях Донецкого бассейна анкерная крепь может применяться в породах устойчивых и средней устойчивости с коэффициентом крепости f =4 и выше. В породах с коэффициентом крепости менее 4 анкерную крепь допускается использовать после испытаний анкеров на закрепляемость. Закрепление считается достаточным, если при нагрузке 4 тс анкер не вытя-

гивается. Не допускается применение анкерной крепи в сыпучих и сильно трещиноватых породах, в зонах геологических нарушений и карстовых размывов, при выделении воды из кровли.

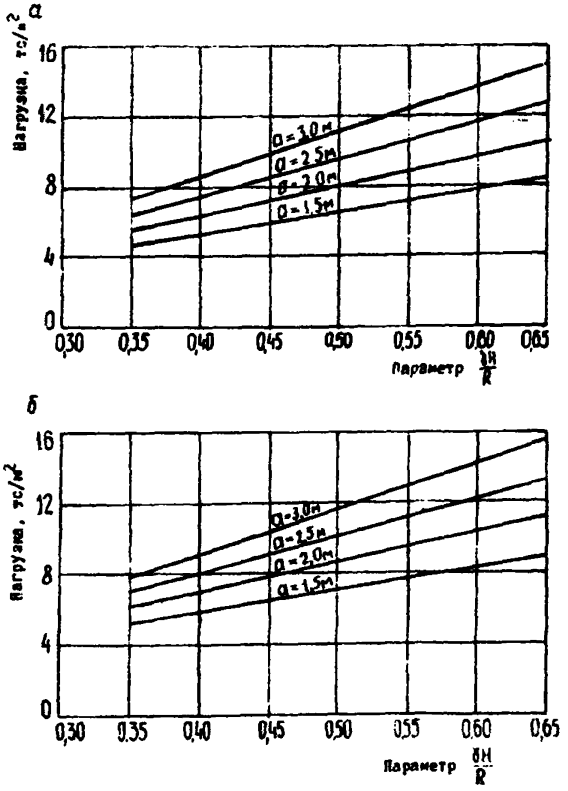


Рис. 10. График зависимости величины боковой нагрузки на крепь от параметра γH/R при различных размерах высоты и ширины выработки: а – высота выработки 3 м; б – высота выработки 4 м

Анкерную крепь можно использовать как самостоятельно, так и в сочетании с крепями других типов – набрызгбетоном, рамными крепями. Метод расчета анкерных крепей изложен в работе [3].

5.8. Монолитный бетон обладает многими преимуществами перед другими традиционными крепежными материалами. Он ма-

ло дефицитен, относительно дешев и прочен, сравнительно легко поддается механизации при возведении крепи. В отличие от наземных сооружений для крепления горных выработок используется односторонняя опалубка, транспортирование бетонных смесей осуществляется самотеком по трубам с поверхности и с помощью несложных пневмобетоноукладчиков в выработках. Шахтная среда имеет оптимальные атмосферные условия для твердения бетона.

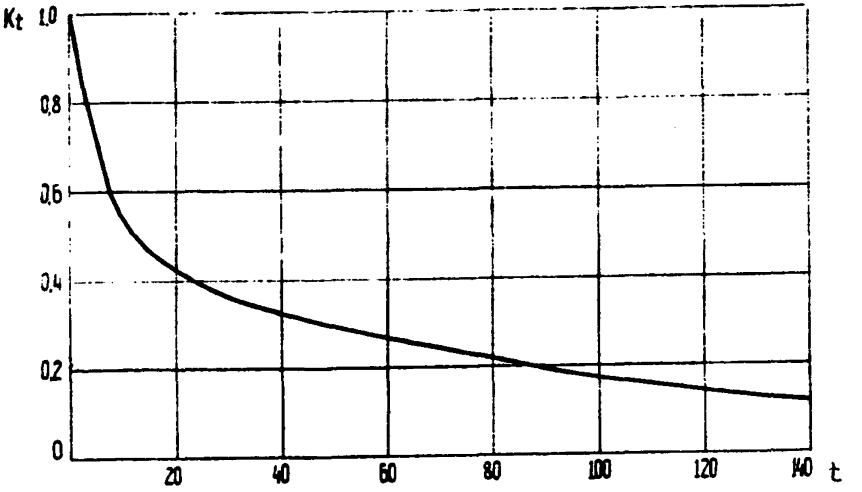


Рис. 11. График зависимости коэффициента технологической податливости K_t от времени t

Для монолитных крепей характерно наличие значительных сил сцепления на контакте с породным контуром. Эти силы приводят к уменьшению изгибающих моментов в крепи. Отпор горного массива, благодаря большому значению коэффициента постели пород, контактирующих с бетоном, достигает предельно возможных значений. Поэтому монолитная крепь испытывает, в основном, сжимающие напряжения и способна нести значительные нагрузки.

Появление трещин в бетоне в зоне действия преобладающей нагрузки не означает исчерпание несущей способности крепи, а только служит признаком перераспределения напряжений и образования шарниров в конструкции. Однако в условиях значи-

Таблица 1

Классификация горно-геологических условий и рекомендации по выбору крепей для выработок, проводимых комбайном

Тип условий	Параметр $\frac{\gamma H}{R}$	Характеристика проявлений горного давления	Рекомендуемый тип крепи
1	2	3	4
I	$\frac{\gamma H}{R} < 0,2$	Породный контур устойчив. Возможны небольшие вывалы, связанные с выветриванием пород. Смещения не превышают 50 мм.	Ограждающие крепи из набрызгбетона толщиною 20–30 мм, предохраняющие породы от выветривания.
II	$0,2 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,35$	По периметру выработки возникают локальные области разрушения пород. Смещения контура не превышают 100–150 мм.	Ограждающие и несущие крепи с грузонесущей способностью до 5–8 тс/м^2 (набрызгбетон, монолитный бетон, анкерные крепи, металлические арочные крепи), обеспечивающие податливость системы "крепь–массив" до 100–150 мм (при бетонных крепях смещения обеспечиваются за счет технологической податливости. Набрызгбетон наносится в два слоя: первый – выполняет функции временной крепи, второй – наносится за зоной интенсивных смещений).
III	$0,35 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,5$	Вокруг выработки формируется сплошная зона неупругих деформаций. Крепь работает в режиме взаимовлияющей деформации.	Податливые или ограниченно податливые крепи с несущей способностью до 10–15 тс/м^2 (металлоарочные, сборные железобетонные), обеспечи-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
		Смещения контура не превышают 200–300 мм.	вающие податливость системы "крепь–массив" до 250–300 мм. Возможно применение жесткой крепи (бетонной, металлобетонной), возводимой за зоной интенсивных смещений. Рекомендуется тампонаж закрепного пространства.
1У	$\frac{\gamma H}{R} \geq 0{,}5$	Вокруг выработки формируется значительная зона неупругих деформаций. Крепь работает в режиме взаимовлияющей деформации. Смещения контура превышают 250–300 мм	Податливые или ограниченно податливые крепи с несущей способностью до 20–25 тс/м^2 (металлоарочные, сборные железобетонные, двухслойные), обеспечивающие податливость до 500 мм. Рекомендуется глубинное упрочнение вмещающих пород.

тельных смещений контура глубоких выработок применение монолитных крепей нецелесообразно. Область их применения ограничена смещениями контура до 30–50 мм. При больших смещениях монолитную крепь следует возводить через 1–2 мес после проведения выработки за зоной интенсивных смещений породного контура.

В условиях, когда снятие временной крепи влечет за собой опасные вывалы, а постоянная должна обладать высокой несущей способностью, удовлетворительно работает ограниченно податливая крепь из спецпрофиля в бетоне. В этом случае металлические арки из спецпрофиля, устанавливаемые в забое выработки, в течение 1–2 мес работают в податливом режиме, а затем, за зоной интенсивных смещений, заполняются бетоном. Расчет монолитной бетонной и железобетонной крепей рекомендуется выполнять по методике, изложенной в работе [4].

5.10. Сборные конструкции крепи (тюбинговая, блочная) могут возводиться непосредственно у забоя выработки без применения временной крепи и способны сразу же после установки воспринимать давление пород. Большинство конструкций взрывостойкие. В них несложно ввести податливые прокладки, обеспечивающие работу крепи в ограниченно податливом режиме. Сборные шарнирные крепи обладают хорошей деформативностью и целесообразно перераспределяют нагрузки, используя упругий отпор пород. Работоспособность крепи при этом повышается. Однако сборные крепи могут работать только при условии достаточного отпора со стороны вмещающих выработку пород. В условиях некачественной забутовки часто имеет место случай, когда ряд смежных узлов–шарниров выходят на одну прямую линию. Часть контура крепи при этом превращается в мгновенно изменяющуюся систему, и конструкция теряет устойчивость. Поэтому грузонесущую способность сборной крепи следует рассчитывать с учетом ее устойчивости.

Закрепное пространство, заполненное цементно–песчаным раствором, является, по существу, дополнительной бетонной оболочкой, для которой сама крепь служит опалубкой. В этом случае преимущества сборной крепи как деформативной конструкции, приспособляющейся к неравномерностям горного давления, почти исчезают, а стоимость значительно повышается.

Методика прочностного расчета сборной крепи изложена в работе [5], а расчет на устойчивость – в работе [6].

5.11. Металлическая арочная податливая крепь из специального профиля обеспечивает податливый режим работы, возможность повторного использования для крепления выработок и имеет сравнительно невысокую стоимость.

Область применения металлической крепи в основных выработках ограничена повышенным, по сравнению с бетонной крепью, аэродинамическим сопротивлением и относительно небольшим сроком службы вследствие коррозии металла.

В типовом проекте [7] разработано 7 типоразмеров крепи АКП-3 (арочная крепь податливая, трехзвенная) сечением в свету до осадки от 6,4 до 17,2 м^2 с вертикальной податливостью от 100 до 300 мм.

При смещении контура больше 300 мм применяется пятизвенная крепь АКП-5. В этой крепи используются элементы крепи АКП-3 и добавляются прямолинейные стойки длиной 600, 800 и 1000 мм, обеспечивающие дополнительную податливость крепи в стойках на величину 200, 400 и 600 мм. Расчет металлической крепи приведен в работе [8].

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ КРЕПИ И ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО

6.1. Оптимальная крепь должна обеспечивать необходимый уровень работоспособности состояния выработки в течение всего срока службы с наименьшими затратами на ее сооружение и поддержание.

6.2. Экономическое сравнение технически приемлемых для конкретных условий вариантов крепи производится по статическому критерию "приведенных затрат":

$$C = C_3 + E_н K, \qquad (6)$$

где $E_н$ – отраслевой нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

6.3. Капитальные затраты на сооружение выработки K определяются из выражения:

$$K = L \cdot K_{пр} \cdot \frac{K_{нп} \cdot K_o}{0,4 + 0,6 K_y}, \qquad (7)$$

где L – протяженность выработки, м;

$K_{пр}$ – прямые нормируемые затраты на сооружение выработки, руб./м;

$K_{нп}$ – коэффициент накладных расходов и плановых накоплений, равный 1,344. Принят согласно нормам накладных рас-

ходов (26,8%), утвержденных постановлением Госстроя СССР № 70 от 13.06.1969 г. и нормам плановых накоплений (60%), установленных постановлением Совета Министров СССР № 23 ст.167 от 02.12.1968 г.;

K_o – коэффициент общешахтных расходов, равный 1,37 для действующих шахт и примерно 2,14 – для строящихся (точное значение последнего устанавливается расчетом);

$K_V = \frac{V_i}{V_н}$ – коэффициент, учитывающий влияние вида крепи на скорость проведения выработки, равный отношению скорости проведения выработок с оцениваемой крепью и нормативной (принимаемой для составления смет на общешахтные расходы), принимается по табл.2.

Таблица 2

Вид крепи	$K_V = \frac{V_i}{V_н}$	
	арочные крепи	замкнутые крепи
Блочные крепи	0,9	0,8
Сборные из железобетонных элементов	1,0	0,9
Металлобетонные из двутавра в бетоне	1,0	0,9
Металлобетонные из спецпрофиля в бетоне	1,1	1,0
Рамные крепи из спецпрофиля	1,1	1,0
Набрызгбетонные, анкерные	1,2	–

6.4. Эксплуатационные расходы Сэ слагаются из сумм годовых затрат на амортизационные отчисления C_1, вентиляцию C_2, поддержание выработки C_3 и C_4, возмещение ущерба предприятию из-за недостаточной работоспособности крепи C_5.

$$Сэ = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 . \qquad (8)$$

6.4.1 Расходы на амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$C_1 = \frac{Иг \cdot К}{100} , \qquad (9)$$

где Иг – расчетный годовой процент амортизационных отчислений, получаемый путем деления балансовой стоимости объекта на его срок службы. Для основных выработок

некоторых шахт-новостроек Донбасса проценты амортизационных отчислений приведены в табл.3.

Таблица 3

Наименование шахт	Годовые амортизационные отчисления, %		
	I группа	II группа	III группа
"Ждановская-Капитальная"-№ 1	1,77	4,21	9,39
"Красноармейская-Западная" № 1	1,87	3,68	4,66
им. А.А.Скочинского	1,15	5,58	7,31
Октябрьский рудник	1,77	3,15	12,16
"Прогресс"	2,96	-	12,43
"Южнодонбасская" № 1	1,54	2,26	10,08
№ 21-бис	1,67	3,78	21,25

Примечание. I группа – выработки, существующие в течение всего срока эксплуатации предприятия и предназначенные для отработки всех его запасов (стволы, околоствольные дворы, камеры, капитальные квершлаги);

II группа – выработки, обслуживающие запасы горизонта, крыла шахты (подгоризонтные или блоковые околоствольные дворы, квершлаги, штреки);

III группа – выработки, предназначенные для выемки запасов части горизонта или крыла шахты (панельные бремсберги, уклоны и др.).

6.4.2. Расходы на продвижение воздуха по выработке определяются по формуле

$$C_2 = 190 \frac{\alpha \cdot P \cdot L \cdot Q^3}{S^3} e, \qquad (10)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки;

P – периметр сечения выработки, м;

Q – количество проходимого по выработке воздуха, $м^3/с$;

S – площадь сечения выработки в свету, $м^2$;

e – тариф оплаты электроэнергии, руб./кВт-ч.

Для крепей с большим аэродинамическим сопротивлением, когда депрессия вентиляционной струи по выработке приводит к превышению допустимого значения напора вентилятора главного проветривания шахты, необходимо увеличивать сечение выработки в свету.

6.4.3. Затраты на поддержание выработки слагаются из затрат на восстановление нарушенных участков крепи

$$C_3 = (1-Р_к)\, L \cdot \varepsilon \cdot K_{пр} \cdot K_{нп} \cdot K_o \qquad (11)$$

и почвы выработки

$$C_4 = (1-Р_п)\, L \cdot C_п \cdot K_{нп} \cdot K_o , \qquad (12)$$

где $Р_к$ и $Р_п$ – соответственно надежность работы крепи и почвы выработки, принимаемая из табл. 4.

Таблица 4

Вид крепи	Надежность работы, $Р_к$	
	для конструкций с незакрепленной почвой	для замкнутых конструкций
Блочные крепи	0,99	0,98
Двутавровые рамы в бетоне	0,99	0,98
Рамы спецпрофиля в бетоне	0,98	0,96
Сборные из железобетонных элементов	0,97	0,94
Рамная из спецпрофиля	0,95	0,90 (0,95[x])
Монолитная бетонная	0,96	0,90
Набрызгбетонная	0,95	–

Примечания:

надежность работы незакрепленной почвы выработки принимать $Р_п \leq 0,9$;

для замкнутых конструкций крепей, не позволяющих производить восстановление обратного свода без демонтажа всей конструкции, $C_4 = 0$, а все затраты на поддержание выработки учитываются стоимостью C_3;

ε – коэффициент отношения стоимости восстановления деформированного участка выработки к стоимости его первоначального прохождения, который принимается в случае перекрепления деформированного участка из табл.5, а в случае усиления крепи – из табл.6.

Таблица 5

Вид крепи	Значение коэффициента ε	
	для конструкций с незакрепленной почвой	для замкнутых конструкций
Блочные крепи	1,1	1,3
Сборные из железобетонных элементов	1,0	1,2
Двутавровые рамы в бетоне	0,8	1,1
Рамы спецпрофиля в бетоне	0,7	0,9
Рамная из спецпрофиля	0,6	0,8
Монолитная бетонная	0,5	0,7

Таблица 6

Вид крепи	Сечение выработки, $м^2$	Значения ε при усилении крепи					
		набрызгбетоном, d = 5 см	установкой пяти анкеров, ℓ = 2,5 м	установкой 1,0 рам/мм из спецпрофиля с железобетонной затяжкой	набрызгом бетона и тампонажем закрепного пространства	подведением обратного свода из спецпрофиля с поддержкой почвы	бетонированием по периметру крепи и тампонажем закрепного пространства
Анкерная	до 10	0,20	–	0,50	–	–	–
	более 10	0,30	–	0,80	–	–	–
Набрызгбетонная	до 10	0,20	0,20	0,55	–	–	–
	более 10	0,30	0,30	0,85	–	–	–
Набрызгбетонная с анкерами	до 10	0,20	–	0,50	–	–	–
	более 10	0,20	–	0,60	–	–	–
Арочная из спецпрофиля	до 10	–	0,15	–	0,40	0,50	0,60
	более 10	–	0,15	–	0,40	0,60	0,60
Спецпрофиль в бетоне	до 10	–	0,10	–	0,25	0,35	0,40
	более 10	–	0,15	–	0,35	0,45	0,45

$C_п$ – стоимость восстановления незакрепленной почвы выработки при ее вспучивании на величину до 0,25–0,3 м, которая колеблется для однопутной выработки в пределах 12–20 руб./м, а для двухпутной – в пределах 22–34 руб./м.

6.4.4. Если продолжительность процесса восстановления выработки в работоспособное состояние в течение суток превышает допустимое значение, нарушается технологический процесс угледобычи и предприятие несет определенный ущерб, затраты на возмещение которого определяются по формуле

$$C_5 = A_г \cdot Ц \left\{ K_г - \left[1 - \frac{L}{12 П} \left(\frac{1 - P_к}{W_к} + \frac{1 - P_п}{W_п} \right) \right] \right\}, \qquad (13)$$

где $A_г$ – годовое количество угля, транспортируемого по выработке, т;

Ц – отпускная цена 1 т угля, руб.;

$K_г$ – минимально допустимый коэффициент готовности выработки, определяемый по табл. 7.

Таблица 7

Группа выработок	Выработки	Допустимое время на ремонт, ч/сут	Допустимый коэффициент готовности, $K_г$
I	Основные стволы шахт	до 2,5	0,9
II	Основные околоствольные дворы	до 4,0	0,8
III	Главные откаточные и конвейерные выработки, вспомогательные бремсберги и уклоны	4–6	0,75–0,8
IУ	Людские бремсберги и уклоны, участковые конвейерные (откаточные) выработки	6–8	0,7–0,75
У	Вентиляционные стволы и выработки	10–12	0,5–0,6

П – количество бригад рабочих, занятых на восстановлении выработки;

$W_к, W_п$ – соответственно скорости восстановления крепи и почвы выработки одной бригадой рабочих, м/мес. Определяется по табл. 8.

6.4.5. Необходимое количество бригад для поддержания выработки в работоспособном состоянии, при котором убытки предприятия будут отсутствовать ($C_5 = 0$), определяется по формуле

$$n \geq \frac{L}{12 (1 - K_г)} \cdot \left(\frac{1 - P_к}{W_к} + \frac{1 - P_п}{W_п} \right). \qquad (14)$$

6.5. Блок-схема расчета по выбору эффективной конструкции крепи приведена на рис. 12.

Таблица 8

Скорость восстановления горных выработок одним фронтом работ (одной бригадой крепильщиков)

Вид крепи	Скорость восстановления, м/мес						
	усиление крепи				перекрепление с расширением		замена крепи почвы с подрывкой и перестилкой пути
	набрызгом бетона или анкерами	набрызгом бетона и тампонажем	установкой металлических рам крепи	бетонированием и тампонажем	замкнутые конструкции	с незакрепленной почвой	
Блочные крепи	–	200	–	–	20	25	20
Сборные из железобетонных элементов	–	250	–	150	30	50	30
Двутавровые рамы в бетоне	–	250	–	150	25	30	40
Рамы спецпрофиля в бетоне	–	250	–	150	35	40	50
Рамная из спецпрофиля	500	300	–	150	50	60	60
Набрызгбетонные, анкерные	500	–	300	–	–	–	–

Примечание. В выработках с незакрепленной почвой скорость ведения работ на поддирке почвы и перестилке пути и канавки одной бригадой крепильщиков для всех видов крепи составляет 200 м/мес.

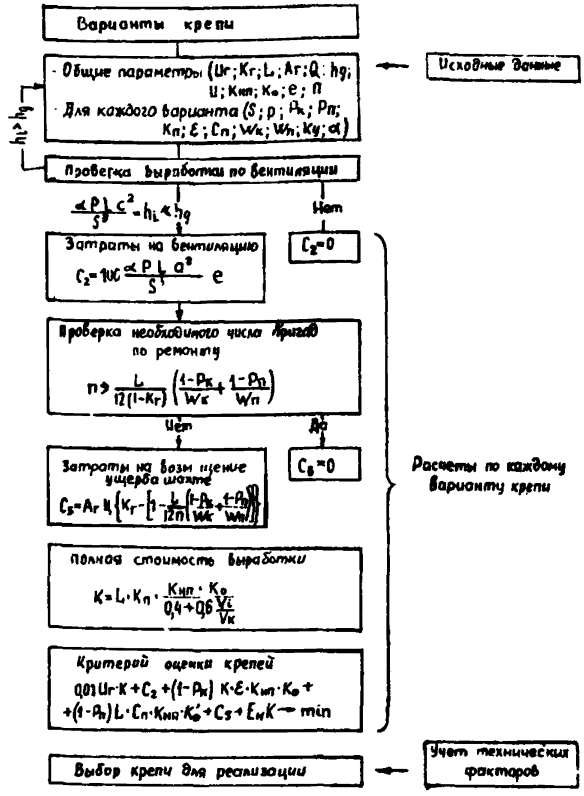


Рис. 12. Блок-схема выбора экономичной конструкции крепи

6.6. Из сравниваемых вариантов крепей для конкретной выработки наиболее эффективной следует считать крепь, у которой сумма приведенных затрат С минимальна. При равной экономической эффективности нескольких вариантов крепей (отклонение до 10%), предпочтение следует отдавать крепям с меньшими капитальными затратами, затем, по степени важности, идут факторы: технологичность крепи в возведении и ремонте и надежность ее работы.

7. ПРИМЕРЫ ВЫБОРА КРЕПЕЙ ДЛЯ КОМБАЙНОВЫХ ВЫРАБОТОК

7.1. Пример 1. Требуется выбрать оптимальную конструкцию крепи для коренного полевого откаточного штрека протяженностью $L = 1200$ м. Выработка двухпутная на колею 900 мм с одним проходом ($2a = 5$ м, $2h = 3{,}6$ м) служит для транспортной связи панели шахты производственной мощностью $A_г = 400\,000$ т/сут с околоствольным двором и пропуска к панели 80 м³/с свежего воздуха. Глубина расположения выработки $H = 560$ м, средневзвешенная прочность вмещающих пород $R = 500$ кгс/см², угол падения $\alpha_п = 30^\circ$.

7.1.1. Параметр $\frac{\gamma H}{R}$ для данных условий равен $\frac{2{,}5 \cdot 560}{5000} = 0{,}28$, следовательно, согласно рис. 1 выработка расположена во II области горно-геологических условий и вокруг нее ожидается развитие локальных зон разрушения пород.

7.1.2. Определяем максимально возможные смещения контура выработки. Для этого по графикам рис. 3 и рис. 4 находим безразмерные смещения кровли и боков: $u_к/a = 0{,}043$ и $\frac{u_б}{h} = 0{,}032$. Тогда смещения кровли будут равны $u_к = 0{,}043 \cdot a = 0{,}043 \cdot 2500 = 107$ мм, а боков $u_б = 0{,}032 \cdot 1800 = 58$ мм.

7.1.3. Определяем расположение и размеры зон нарушения пород по контуру выработки. По графику рис. 5 для $\alpha_п = 30^\circ$ и $\frac{\gamma H}{R} = 0{,}28$ находим $+\theta_1 = 21^\circ$, $+\theta_2 = 93^\circ$, $-\theta_1 = -39^\circ$, $-\theta_2 = -99^\circ$, $\ell = 0{,}57 \cdot a = 0{,}57 \cdot 2{,}5 = 1{,}4$ м. По найденным параметрам на миллиметровке в масштабе строим схему возможного вывалообразования, полагая, что вывал в сечении имеет параболические очертания (рис. 13).

Для рамных крепей нагрузки на одну раму $P_р$ находим приближенно, как общую массу пород в зонах вывалообразования:

$$P_р = \left(\frac{2}{3} \cdot 1{,}4 \cdot 2{,}8 + \frac{2}{3} \cdot 1{,}4 \cdot 2{,}5\right) \gamma\, \ell_р = 12{,}4\, \ell_р ,$$

где $\ell_р$ – расстояние между рамами.

Для крепей анкерных, набрызгбетонных определяем интенсивность нагрузки q на участках вывалов, как массу пород в зоне вывалов, приходящуюся на единицу их площади:

$$q = \frac{\frac{2}{3} \cdot 1{,}4 \cdot 2{,}8 + \frac{2}{3} \cdot 1{,}4 \cdot 2{,}5}{2{,}8 + 2{,}5}\, \gamma = 4{,}7.$$

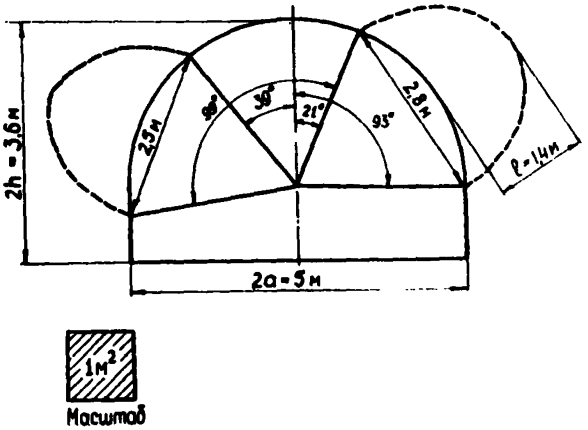


Рис. 13. Схема вывалообразования

7.1.4. Пользуясь рекомендациями табл.1, принимаем в качестве сравниваемых вариантов следующие конструкции крепей : арочную податливую, монолитную бетонную и набрызгбетонную.

7.1.5. Конструктивные параметры крепей определяются расчетами по методикам, рекомендованным в пп. 5.7, 5.9 и 5.11 (примеры конструктивного расчета крепей приведены в соответствующих методиках). Для нашего случая получены следующие конструктивные параметры крепей:

арочная податливая крепь АП-3, расстояние между рамами 1 м, затяжка железобетонная;

монолитная бетонная крепь из бетона марки 150 с толщиной стен 350 мм и свода – 230 мм, возводимая с отставанием от забоя на 15 сут (рис.11);

набрызгбетон марки 400 толщиной 500 мм,возводимый в два этапа.

7.1.6. Заполняем табл. 9 дополнительных данных для экономического сравнения выбранных вариантов крепей.

7.1.7. В соответствии с блок-схемой рис.12 производим подробный расчет для крепи АП-3. Результаты расчетов по всем крепям сводим в табл. 10.

7.1.8. Рассчитываем депрессию воздушной струи по выработке по формуле

$$h_t = \frac{\alpha P_4 Q^2}{S^3} = \frac{0.002 \cdot 13.5 \cdot 1200 \cdot 80^2}{12,1^3} = 117 \text{ кмʃ} .$$

Таблица 9

Наименование показателей	Численные значения для крепей						
	пример I			пример II			
	АП-3	бетон	набрызг-бетон	КБА-3	22КДАУ-6	МПКА-4	АП-5
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Сечение в свету, $м^2$	12,1/13,7	11,2	11,2	11,5	11,1	11,2	11,2/12,7
2. Периметр крепи, м	13,5/14,5	13,0	13,0	12,9	12,8	12,9	13,5/14,0
3. Коэффициент аэродинамического сопротивления, $кгс \cdot с^2/м^4$	0,002	0,0005	0,0008	0,0006	0,0005	0,0005	0,002
4. Стоимость выработки в прямых затратах, руб./м	274/308	317	167	401	404	353	316/345
5. Процент амортизационных отчислений на реновацию, проц.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
6. Коэффициент общешахтных расходов при строительстве шахт	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
7. Отношение скорости проходки выработки с принятым креплением к нормативной	1,1	0,9	1,2	0,9	1,0	1,0	1,1
8. Надежность работы крепи	0,95	0,98	0,95	0,99	0,99	0,98	0,95
9. Коэффициент накладных расходов и плановых накоплений	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344	1,344

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8
10. Коэффициент стоимости восстановления крепи	0,6	0,5	0,3	1,1	0,8	0,7	0,6
11. Надежность работы почвы выработки	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
12. Стоимость восстановления почвы, руб./м	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
13. Отпускная цена угля, руб./т	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7	22,7
14. Минимально допустимая надежность работы выработки	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
15. Скорость восстановления крепи выработки, м/мес	60	70	500	25	30	40	60
16. Скорость восстановления почвы выработки, м/мес	200	200	200	200	200	200	200
17. Максимальное количество бригад, выделяемое на восстановление выработки	2	2	2	2	2	2	2
18. Допустимая депрессия воздушной струи по выработке	100	100	100	100	100	100	100

Поскольку значение h_t превышает $h_{доп}=100$ км, увеличиваем сечение выработки до следующего типового размера ($S=13,7$ м^2) и снова производим расчет депрессии:

$$h_t = \frac{0,002 \cdot 14,5 \cdot 1200 \cdot 80^2}{13,7^3} = 86,6 \text{ км} < 100 \text{ км}.$$

7.1.9. Определяем по формуле (10) затраты на продвижение воздуха:

$$C_2 = 190 \cdot \frac{\alpha \cdot P \cdot L \cdot Q^3}{S^3} = 190 \frac{0,002 \cdot 14,5 \cdot 1200 \cdot 80^3}{13,7^3} 0,007=9214.$$

7.1.10. Производим проверку необходимости учета ущерба шахте из-за недостаточной работоспособности крепи по формуле (14):

$$\frac{L}{12(1-K_г)}\left(\frac{1-P_к}{W_к} + \frac{1-P_п}{W_п}\right) = \frac{1200}{12(1-0,8)} \cdot \frac{1-0,95}{60} +$$

$$+ \frac{1-1}{200} = 0,4 \text{ бриг.},$$

что менее заданного (2 бриг.). Таким образом, затраты $C_5=0$.

7.1.11. Определяем капитальные затраты на сооружение выработки по формуле (7):

$$K = L \cdot K_{пр} \frac{K_{нп} \cdot K_о}{0,4+0,6K_v} = 1200 \cdot 308 \frac{1,344 \cdot 2,0}{0,4+0,6 \cdot 1,1} = 937\,200.$$

7.1.12. Рассчитываем расходы на амортизационные отчисления по формуле (9):

$$C_1 = \frac{U_г \cdot K}{100} = 0,01 \cdot 4 \cdot 937\,200 = 37488.$$

7.1.13. Определяем затраты на поддержание выработки по формулам (11) и (12):

$$C_3 = (1-P_к) \cdot L \cdot \delta \cdot K_{пр} \cdot K_{нп} \cdot K_о = (1-0,95) \cdot 1200 \cdot 308 \cdot 0,6 \cdot$$

$$1,344 \cdot 1,37 = 20416.$$

$C_4=0$, поскольку в условиях, где параметр $\frac{\gamma H}{R}=0,28$, вспучивание незначительно.

7.1.14. Подсчитаем "приведенные затраты" по формуле (8):

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + E_н \cdot K = 37488 + 9214 + 20416 + 0 + 0 + 0,1 \cdot$$

$$937200 = 160\,838.$$

7.1.15. Сравнивая "приведенные затраты" по рассматриваемым вариантам крепей (табл. 10), принимаем окончательно для

коренного откаточного штрека крепь из набрызгбетона.

Таблица 10

Вид крепи	Затраты экономической эффективности, руб./год							Соотношение, %
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Ен·К	С	
АП–3	37488	9214	20416	0	0	93720	160838	204
Бетон	43512	3780	14008	0	0	108777	170077	215
Набрызг–бетон	19238	6048	5535	0	0	48096	78917	100

7.2. Пример 2. Та же выработка, что и в примере 1, проходится в породах прочностью $R=480$ кгс/см^2 на глубине $H=1040$ м. Требуется выбрать для нее оптимальную крепь.

7.2.1. Параметр $\frac{\gamma H}{R}$ для данных условий равен $\frac{2,5\cdot 1040}{4800}=0,54$, следовательно, согласно рис.1 выработка расположена в третьей области горно–геологических условий и вокруг нее формируется сплошная зона неупругих деформаций.

7.2.2. Определяем по формулам (1) и (2) смещения кровли и боков выработки, полагая в зоне $q_к=q_б=0$:

$$U_к=2,5\left\{\left(\frac{0,67\cdot 2,5\cdot 1040+0,1\cdot 4800}{0,1\cdot 4800}\right)^2\left[0,01+0,38\cdot 10^{-6}\cdot (2,5\cdot 1040+4800)\right]-0,01\right\}=42 \text{ см};$$

$$U_б=1,8\left\{\left(\frac{0,67\cdot 2,5\cdot 1040+0,65}{0,4\cdot 4800}\right)^2\left[0,01+0,38\cdot 10^{-6}\cdot (2,5\cdot 1040+4800)\right]-0,01\right\}=12,8 \text{ см}.$$

7.2.3. Рассчитываем по формулам (3) и (4) ожидаемую нагрузку на крепь со стороны кровли и боков:

$$q_к=2,5\cdot 2,5\ (6,7\cdot 0,54-0,9)=17 \text{ тс/м}^2;$$

$$q_б=0,5\cdot 2,5\cdot 2,5\ (6,7\cdot 0,54-0,9)+1,8=12 \text{ тс/м}^2.$$

7.2.4. Пользуясь рекомендациями табл.1, принимаем в качестве сравниваемых вариантов следующие конструкции крепей: крепь блочную арочную типа КБА, металлобетонную крепь из двутавра в бетоне типа 22 КДАУ, ограниченно податливую крепь из спецпрофиля в бетоне типа МПКА и пятизвенную податливую металлическую крепь типа АП–5.

7.2.5. Конструктивные параметры крепей определяются расчетами по соответствующим методикам (пп.5,10, 5.11). Окончательно к рассмотрению приняты крепи со следующими параметрами:

крепь из бетонных блоков (14 шт.) толщиною 300 мм марки 300 с деревянными прокладками;

крепь из двутавровых (№22) арок (расстояние между рамами 1 м) в бетоне марки 200 толщиной 250 мм, возводимой в 40–60 м от забоя проводимой выработки;

крепь из арок спецпрофиля СВП–27 (расстояние между рамами 1 м) в бетоне марки 200 толщиной 250 мм, возводимой в 40–60 м от забоя проводимой выработки;

арочная податливая пятизвенная крепь АП–5, расстояние между рамами 1,0 м, затяжка железобетонная, суммарная податливость 500 мм.

7.2.6. Дополнительные исходные данные для экономического сравнения выбранных вариантов крепей приведены в табл. 9.

7.2.7. В соответствии с блок–схемой рис.12 производим подробный расчет для крепи АП–5. Результаты расчетов по всем крепям сводим в табл. 11.

7.2.8. Рассчитываем депрессию воздушной струи по выработке по формуле:

$$h_i = \frac{\alpha P L Q^2}{S^3} = \frac{0{,}002 \cdot 13{,}5 \cdot 1200 \cdot 80^2}{12{,}1^3} = 117 \text{ кмм}.$$

Поскольку значение h_i превышает $h_{доп} = 100$ кмм, увеличиваем сечение выработки до следующего типового размера ($S_{св} = 12{,}7$ м^2) и снова производим расчет депрессии:

$$h_i = \frac{0{,}002 \cdot 14{,}0 \cdot 1200 \cdot 80^2}{12{,}7^3} = 104{,}8 \approx 100 \text{ кмм}.$$

7.2.9. Определяем по формуле (10) затраты на продвижение воздуха:

$$C_2 = 190 \frac{\alpha P L Q^3}{S^3} = 190 \frac{0{,}002 \cdot 14{,}0 \cdot 1200 \cdot 80^3}{12{,}7^3} \; 0{,}007 = 11146.$$

7.2.10. Производим проверку необходимости учета ущерба шахте из–за недостаточной работоспособности крепи по формуле (14):

$$\frac{L}{12(1-Кг)}\left(\frac{1-Рк}{Wк}+\frac{1-Рп}{Wп}\right)=\frac{1200}{12(1-0{,}8)}\left(\frac{1-0{,}95}{60}+\frac{1-0{,}9}{200}\right)=0{,}65,$$

что менее заданного (2 бриг.). Таким образом, затраты $C_5 = 0$.

7.2.11. Определяем капитальные затраты на сооружение выработки по формуле (7):

$$K = L K_{пр} \frac{K_{нп} \cdot K_o}{0,4 + 0,6 K_v} = 1200 \cdot 345 \frac{1,344 \cdot 0,2}{0,4 + 0,6 \cdot 1,1} = 1049490.$$

7.2.12. Рассчитываем расходы на амортизационные отчисления по формуле (9):

$$C_1 = \frac{U_г \cdot K}{100} = \frac{4 \cdot 1049490}{100} = 41980.$$

7.2.13. Определяем затраты на поддержание выработки по формулам (11) и (12):

$$C_3 = (1 - P_к) L \cdot \xi \cdot K_{пр} \cdot K_{нп} \cdot K_o = (1 - 0,85) \cdot 1200 \cdot 345 \cdot 0,6 \cdot 1,344 \cdot 1,37 = 22869,$$

$$C_4 = (1 - P_п) L \cdot C_п \cdot K_{нп} K_o = (1 - 0,9) \cdot 1200 \cdot 33,5 \cdot 1,344 \cdot 1,37 = 7402.$$

7.2.14. Подсчитываем "приведенные затраты" по формуле (6):

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + E_н K = 41980 + 11146 + 22869 + 7402 + 0 + 0,1 \cdot 1049490 = 188346.$$

Таблица 11

Вид крепи	Затраты экономической эффективности, руб./год							Соотношение, %
	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	Ен К	С	
КБА-3	55041	4155	9746	7402	0	137640	213984	124
22КДАУ-6	52128	3823	7141	7402	0	130320	200814	116
МПКА-4	42985	3751	10919	7402	0	170418	172475	100
АП-5	41980	11146	22869	7402	0	104949	188346	109

7.2.15. Сравнивая "приведенные затраты" по рассматриваемым вариантам крепей (табл.11), принимаем окончательно для коренного откаточного штрека ограниченно податливую металлобетонную крепь МПКА-4. Равноценной ей, учитывая точность расчетов, можно считать крепь типа АП-5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Указания по расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР . Л., 1977. (ВНИМИ).

2. Инструкция по применению набрызгбетонных крепей в Донбассе. Донецк, 1977 (ДонУГИ).

3. Унифицированные типовые сечения горных выработок. Т.Ш.Южгипрошахт. Киев, "Строитель", 1971.

4. Булычев Н.С., Амусин Б.З., Оловянный А.Г. Расчет крепи капитальных горных выработок. М., "Недра", 1974.

5. Методика расчета сборной железобетонной тюбинговой крепи. Кемерово, 1972 (Кузниишахтострой).

6. Дружко Е.Б., Заславский Ю.З., Перепичка Ф.И. Устойчивость основных горных выработок. Донецк, "Донбасс", 1975.

7. Унифицированные типовые сечения горных выработок. (Южгипрошахт), Киев, "Строитель", 1971, том 1.

8. Джапаридзе А.А. Расчет металлической крепи горных выработок. М., "Недра", 1975.



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 1

1. Общие положения 2

2. Область и условия применения 3

3. Оценка горно-геологических условий и выбор типа крепи 4

4. Расчет параметров взаимодействия крепи с горным массивом 5

5. Выбор конструкций крепи и рекомендации по их расчету 9

6. Экономическая оценка вариантов крепи и выбор оптимального 18

7. Примеры выбора крепей для комбайновых выработок 26



Редактор Р.Я.ГОЛЬЦЕР
Корректор Е.Ф.ДЕРЕВЯНЧЕНКО

БП 04841. Подписано к печати 20.09.79.
Формат 60х90 1/16. Печ.л. 2,25. Уч.-изд.л. 2,5.
Цена 20 коп. Заказ 331.
Ротапринт ЦБНТИ Минуглепрома Украинской ССР

gost.e-ecolog.ru