

РУКОВОДСТВО
по управлению горным давлением
на выемочных участках шахт
Восточного Донбасса

Шахты

ВВЕДЕНИЕ

Горно-геологические условия отработки лав и поддержания выработок в Восточном Донбассе продолжают ухудшаться. Растут потери добычи угля от обрушений пород кровли в лавах. Повторное использование выемочных выработок во многих случаях невозможно без перекрепления.

Рекомендации по управлению горным давлением в лавах и подготовительных выработках изложены в многочисленных руководствах и инструкциях, что затрудняет их использование на практике. Тем более, подходы ведущих отраслевых институтов (ИГД, ВНИМИ, ДонУГИ) к решению вопросов управления кровлей в лавах, охраны выработок отличаются и не всегда предлагаемые ими решения и способы их выбора применимы в условиях Восточного Донбасса.

В настоящее время с ростом стоимости рабочей силы, горношахтного оборудования и материалов требования к правильности выбора мероприятий по снижению вредного влияния проявлений горного давления, обеспечению ритмичной работы очистных забоев и безремонтному поддержанию выемочных выработок значительно возрастают.

В настоящем Руководстве приведены необходимые сведения для правильного прогнозирования проявлений горного давления и выбора мероприятий по снижению их вредного влияния в очистных забоях, подготовительных выработках, примыкающих к очистному забою, на их сопряжениях с очистным забоем, в том числе при отработке сближенных пластов.

Динамические проявления горного давления (горные удары, внезапные выбросы), методы их прогнозирования и предотвращения в настоящем Руководстве не рассматриваются ввиду достаточно полной регламентации работ в таких условиях в соответствующих отраслевых документах.

Не приводятся типовые паспорта управления кровлей и крепления очистных забоев с применением индивидуальной крепи в связи с

разработкой ДонУГИ единого отраслевого «Руководства (типовых паспортов) по управлению кровлей и креплению очистных забоев с индивидуальной крепью». Типовые паспорта ДонУГИ и данное Руководство не противоречат, а дополняют друг друга. По данному Руководству для конкретных условий в Восточном Донбассе определяются необходимые силовые параметры паспорта, а модули элементов паспорта управления кровлей и крепления очистного забоя, обеспечивающие эти силовые параметры, выбираются из «Типовых паспортов...»

Настоящее Руководство предназначено для использования инженерно-техническими работниками добычных и подготовительных участков, технических отделов шахт при составлении паспортов выемочных участков и проведения и крепления подземных выработок, а также дополнений к ним и разработке мероприятий по совершенствованию управления горным давлением в очистных и подготовительных выработках.

В подготовке настоящего Руководства принимали участие:

А. П. Бондаренко, Б. Б. Луганцев, В. В. Беликов, И. И. Мартыненко, В. Н. Алексеенко (ШахтНИУИ);

Н. А. Писеев, А. Б. Голод, Н. Н. Ранов (ПО «Ростовуголь»);

К. И. Рутьков, В. А. Савин, А. К. Шаульский (ПО «Гуковуголь»).

1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ

Для обеспечения эффективной и безопасной работы на участке необходимо: во-первых, иметь достоверный прогноз возможных изменений горно-геологических условий при отработке выемочного поля, во-вторых, в соответствии с прогнозом следует правильно выбрать основные инженерные и организационные решения, позволяющие предотвратить или существенно снизить вредные последствия тех или иных изменений горно-геологических условий.

Горно-геологический прогноз должен отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечение надёжной оценки на выемочном участке основных горно-геологических факторов, оказывающих наибольшее влияние на проявления горного давления (конвергенцию пород, наличие динамических осадков, вывалообразование пород, пучение почвы, нагрузки на крепь т. д.);

- постепенное уточнение данных прогноза, его комплексность, учёт взаимного влияния одних горно-геологических факторов на другие;

- краткость, оперативность прогноза, чёткий переход от прогноза к выработке рекомендаций по применению различных способов регулирования проявлений горного давления.

Общепризнано, что основные проявления горного давления (конвергенция пород кровли и почвы в очистном забое, трещинообразование и разрушение пород кровли, интенсивные динамические опускания основной кровли и воздушные удары, пучение почвы, отжим угля, повышенные нагрузки на крепь и т. д.) определяются такими обобщающими характеристиками, как обрушаемость, устойчивость пород кровли, а также прочностью вдавливания пород почвы.

Каждый из этих факторов, в свою очередь, является некоей интегральной характеристикой геологических и эксплуатационных факторов, а также напряжённого состояния массива горных пород.

1.1. Прогнозирование обрушаемости пород кровли

Обрушаемость – способность отдельных слоёв и пачек слоёв пород кровли той или иной мощности зависеть с последующим обрушением над выработанным пространством очистной выработки. Она характеризуется шагом обрушения данного слоя пород при зависании его за крепью или отсутствием обрушения при плавном опускании. По мере удаления данного слоя или пачки слоёв от кровли пласта шаг обрушения (шаг вторичных осадок основной кровли) существенно увеличивается в связи с увеличением защемления данного слоя в заделке над угольным пластом и частичным отпором консолей нижележащих слоёв.

Чем больше шаг обрушения слоя или пачки слоёв и их мощность, тем интенсивней протекают обрушения. Они могут сопровождаться большими смещениями пород кровли, отжимом угля, пучением почвы, разрушением и вывалообразованием непосредственной кровли, воздушными ударами, значительным ростом нагрузок на крепь очистных и подготовительных выработок.

Следует отметить, что при достигнутых в Восточном Донбассе глубинах разработки рост напряжений в зоне опорного давления, связанный с зависанием труднообрушаемых пород в зоне подработки, как правило, в 2–5 раз превышает геостатическое давление. При зависании породных слоёв над выработанным пространством напряжения всестороннего неравнокомпонентного сжатия в зоне опорного давления переходят в напряжения растяжения, изгиба или среза. Известно, что пределы прочности горных пород на растяжение, изгиб или срез в 8–20 раз ниже, чем на одноосное сжатие и примерно на два порядка меньше, чем пределы прочности пород в условиях объёмного неравнокомпонентного сжатия. В связи с этим обрушаемость пород кровли оказывает на проявления горного давления в очистных выработках значительно большее влияние, чем, например, глубина залегания горных пород.

На обрушаемость слоёв горных пород над длинными ($l > 120$ м) очистными забоями на пластах с углами падения до 35° влияют следующие основные факторы:

- геологические – литолого-фациальный состав пород, мощность их отдельных слоёв (пачек слоёв), разделяемых слабыми контактами, наличие и интенсивность кливажных и тектонических трещин и поверхностей скольжения, физико-механические свойства пород;

- эксплуатационные – сопротивление, начальный распор и податливость крепи, способ управления кровлей, геометрические размеры выработанного пространства, шаг передвижки посадочной крепи и ширина захвата выемочной машины, применение способов разупрочнения кровли;

- напряжённое состояние нетронутого массива горных пород – глубина разработки, наличие зон разгрузки и повышенного давления от краевых частей и целиков на соседних сближенных пластах.

Следует отметить, что наибольшее влияние на обрушаемость пород кровли оказывают геологические факторы, а эксплуатационные факторы (за исключением способа управления кровлей и её разупрочнения), а также начальное напряжённое состояние массива горных пород могут изменять шаг обрушения пород в пределах 10–20 %.

На основании проведённых в очистных выработках шахт Восточного Донбасса наблюдений и экспериментальных исследований, обработки геологической документации в табл. 1.1 приведена типизация пород кровли шахт Восточного Донбасса по обрушаемости. В качестве основного классификационного признака здесь принят фактически наблюдаемый (при определенном комплексе геологических факторов и начальном напряжённом состоянии) шаг обрушения соответствующих слоёв пород в длинных очистных забоях при зависании их за крепью и управлении кровлей полным обрушением или расстояние от посадочного ряда до точки касания с почвой при плавном опускании непосредственной и основной кровли. Вторым

классификационным признаком является фактическая интенсивность проявления вторичных осадок кровли.

В соответствии с этой типизацией породы кровли делятся на четыре типа и один подтип обрушаемости:

Тип A_1 : легкообрушающийся слой пород, которые дают минимальные зависания над крепью и при обрушении которых признаки периодических осадок кровли не проявляются. Литологический состав пород разнообразный. Породы характеризуются малой прочностью, способностью расслаиваться на тонкие слои и повышенной трещиноватостью.

Тип A_2 : среднеобрушающиеся слои пород, которые зависают за крепью до 2–6 м и при обрушении которых происходят периодические вторичные осадки, однако без каких-либо серьёзных динамических проявлений. Породы средней прочности, среднеслоистые и мало- или среднетрещиноватые.

Тип A_3 : труднообрушающиеся слои пород, зависающие над крепью до 7–12 м и дающие интенсивные осадки с динамическими проявлениями. Представлены крепкими и толстослоистыми породами с относительно редкой трещиноватостью.

Тип A_4 : весьма труднообрушающиеся породы. Дают весьма большие зависания за крепью. Их осадки сопровождаются исключительно резкими динамическими проявлениями. Представлены самыми прочными и весьма толстослоистыми, очень слаботрещиноватыми породами.

Подтип A_4^1 : весьма прочные и слаботрещиноватые, но относительно среднеслоистые породы, способные при вылете 6–12 м и мощности пласта до 1–1,3 м плавно прогибаться и ложиться на почву.

Наиболее точно тип пород кровли по обрушаемости устанавливается при длительных наблюдениях в очистных забоях.

Таблица 1.1

Тип пород по обрушаемости	Краткая характеристика пород	Расстояние, м		Предел прочности на сжатие, МПа	Шаг вторичных осадок кровли, м	Шаг первичных осадок кровли, м
		между плоскостями расслоения (ослабления) при обрушении, В	между трещинами, Г			
1	2	3	4	5	6	7
А ₁ Легкообрушающиеся, зависание за крепью до 2 м, периодические осадки не проявляются	Углистые, глинистые, песчано-глинистые сланцы, песчаники и известняки	0,1–0,5	0,02–0,2	30–60	–	5–10
		0,1–0,3	0,1–0,3	60–100	–	10–20
А ₂ Среднеобрушающиеся, зависание за крепью 2–6 м, периодические осадки без динамических проявлений	Глинистые, песчано-глинистые сланцы. Песчаные сланцы, песчаники и известняки	0,5–1,0	0,3–0,5	40–70	3–7	15–25
		0,3–0,8	0,3–0,8	70–120	3–7	25–35
А ₃ Труднообрушающиеся, зависание за крепью 7–12 м, периодические осадки с динамическими проявлениями	Глинистые, песчано-глинистые сланцы, кремнистые или на известковом цементе. Песчаные сланцы. Песчаники и известняки	1,0–2,0	0,5	60–80	7–20	25–50
		0,8–1,5	0,8–1,0	80–120	7–25	30–70
		0,8–2,0	0,8–1,0	80–140	7–30	35–70

Продолжение табл. 1.1

Тип пород по обрушаемости	Краткая характеристика пород	Расстояние, м		Предел прочности на сжатие, МПа	Шаг вторичных осадок кровли, м	Шаг первичных осадок кровли, м
		между плоскостями расслоения (ослабления) при обрушении, В	между трещинами, Г			
1	2	3	4	5	6	7
А ₄ Весьма труднообрушающиеся, зависание за крепью более 12 м, весьма интенсивные осадки	Окварцованные глинистые сланцы.	1,5–3,0	> 2,0	100–150	20–30	50–80
	Песчаные сланцы.	2,0–10	> 1,0	100–160	25–35	70–110
	Песчаники.	2,0–12	> 1,0	130–260	25–50	70–120
	Известняки	2,0–10	> 1,0	100–240	30–45	65–110
А ₄ ¹ Плавноопускающиеся породы с зависанием до момента касания почвы 6–12 м за крепью. Периодические осадки отсутствуют	Глинистые и песчано-глинистые сланцы на известковом цементе при вынимаемой мощности пласта до 1,0 м.	0,6–1,5	1,0–2,0	80–90	–	–
	Песчаники при вынимаемой мощности пласта до 1,1 м.	0,8–1,5	1,5–3,0	120–260	–	–
	Известняки при вынимаемой мощности пласта до 1,3 м	0,5–2,0	1,5–3,0	120–250	–	–

Систематически должны измеряться зависания пород непосредственной кровли за крепью и определяться шаг первичных и вторичных осадок непосредственной и основной кровли.

Признаками вторичных осадок основной кровли являются: гул и удары в породах кровли, отжим угля из забоя, интенсивное образование параллельных забоя трещин и уступов в кровле, увеличенная податливость верхняков и стоек крепи, резкое увеличение вывалообразования, воздушные удары в период осадки кровли, иногда резкое увеличение притока воды из пород кровли и значительные деформации пород и крепи в подготовительных выработках. Геологическая служба шахты должна вести специальный журнал регистрации шага первых и последующих обрушений нижних слоёв кровли и шага осадок основной кровли по каждой лаве.

Для новых выемочных участков при отсутствии существенных изменении горно-геологических характеристик пород кровли шаг осадок кровли принимается по аналогии с соседними выемочными участками.

При изменении характеристик пород кровли на новом выемочном участке по сравнению с соседними или при отсутствии очистных работ на данном шахтопласте ориентировочно тип кровли по обрушаемости определяется по геологическим признакам, приведённым в табл. 1.1

Для этого необходимо знать мощность отдельных слоёв или пачек слоёв, на которые будет расслаиваться порода кровли.

Труднообрушаемые породы основной кровли при колебании её общей мощности от 2 до 30 м в реальных условиях лишь в редких случаях могут разрушаться на всю мощность. Гораздо чаще после подработки труднообрушающихся пород очистными выработками они по поверхностям с ослабленным сцеплением, так называемым слабым контактам, разделяются на отдельные слои.

Исследованиями геологов и горняков установлено, что ослабленные контакты в труднообрушаемых породах представлены углистыми и глинистыми прослоями (примазками), крупными растительными остатками,

скоплениями слюдистых материалов, мелким растительным детритом и тектоническими поверхностями скольжения.

Предельные состояния на слабых межслоевых контактах могут наступить под действием касательных (сдвиг) или растягивающих (отрыв) напряжений.

Различают первичные и вторичные расслоения. Под первичным понимается расслоение до первой осадки основной кровли, под вторичным – процесс расслоения кровли после первой осадки.

Для определения мощности выделившихся при раскрытии слабых контактов слоёв и определения порядка раскрытия контактов необходимо тщательно изучат керн из геологоразведочных или специально пробуренных скважин на всю мощность труднообрушаемой кровли, но не менее десятикратной вынимаемой мощности пласта. Требования к изученности состава, строения и механических свойств тяжёлых кровель, а также описание методики и приборов для определения сцепления и углов внутреннего трения слабых контактов приведен в «Инструкции по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках» (Л., ВНИМИ, 1982 г.).

По результатам доразведки кровли необходимо построить литологическую колонку пород кровли в масштабе 1:50 или 1:100. На колонке и рядом должны быть приведены следующие данные:

- состав пород кровли и их мощность;
- положение слабых контактов и прослоев;
- показатели предела прочности контактов при разрыве;
- сцепление по контактам и угол внутреннего трения;
- прочность пород при растяжении и сжатии;
- элементы залегания естественной трещиноватости и её частота;
- модуль упругости и коэффициент Пуассона пород;
- объёмный вес пород.

В тех случаях, когда отсутствуют экспериментальные данные о прочности слабых контактов, для ориентировочного выделения наиболее слабых контактов следует использовать табл. 1.2, полученную в результате испытаний слабых контактов сотрудниками ВНИМИ и других организаций [1].

По известным значениям мощности и пределам прочности на сжатие слоёв пород, выделение которых наиболее вероятно в породах основной кровли, можно по данным рис. 1.1 определить ориентировочный шаг вторичных осадок кровли.

Изучение условий проявлений первичных и вторичных осадок труднообрушающихся кровель на шахтах Восточного Донбасса показало, что практически всегда первое расслоение кровли происходит по наиболее слабому из контактов, расположенному в пределах десятикратной вынимаемой мощности пласта.

В связи с этим при расчётах нагрузок на крепь очистных забоев следует в качестве мощности основной кровли, передающей нагрузку на крепь, принимать мощность слоя, расположенного ниже этого контакта. Однако, если суммарная мощность непосредственной кровли, а также этого слоя менее четырёх-пятикратной вынимаемой мощности пласта, то необходимо учитывать, что данный слой будет пригружаться следующим выделившимся слоем.

При этом вес второго слоя основной кровли, передаваемый на крепь очистного забоя, можно принимать равны 0,35–0,50 нагрузки, создаваемой весом первого слоя труднообрушающейся кровли.

Таблица 1.2

Порода	Тип контактов	Показатели прочности слабых контактов	
		сцепление*, кПа	угол внутреннего падения
Глинистый сланец	Зеркало скольжения	$\frac{9 - 27}{12}$	9–12°
Песчаный сланец	То же	$\frac{6 - 63}{15}$	

Глинистый сланец	Углистый прослой	$\frac{6-39}{18}$	12–18°
Песчаный сланец	То же	$\frac{6-243}{54}$	
Песчаник	То же	$\frac{27-1680}{810}$	

Продолжение табл. 1.2

Порода	Тип контактов	Показатели прочности слабых контактов	
		сцепление*, кПа	угол внутреннего падения
Глинистый сланец	Растительные остатки	$\frac{9-480}{225}$	18–25°
Песчаный сланец	То же	$\frac{6-1140}{450}$	
Песчаник	То же	$\frac{450-1800}{1470}$	
Песчаный сланец	Мелкий растительный детрит	$\frac{1900-2400}{2130}$	25–30°
Песчаник	То же	$\frac{930-4320}{1980}$	
Песчаник	Кальцитовый	$\frac{2000-4000}{3000}$	20–25°
* В числителе приведены пределы изменения, в знаменателе – среднее значение			

Если на выемочном участке нет возможности по керновому материалу установить ослабленные контакты в труднообрушающихся породах кровли, а шаг вторичных осадок кровли достаточно точно известен, то мощность слоя пород кровли, нагружающего при осадке крепь, можно ориентировочно оценить по формуле

$$h_o = \frac{3\gamma_o L_o^2}{k_c \sigma_p^n}, \text{ м,} \quad (1.1)$$

где γ_o – средний объёмный вес основной кровли, кН/м³;

L_o – шаг вторичной осадки кровли, м;

σ_p^n – величина предела прочности образцов данной породы при

растяжении в направлении перпендикулярном слоистости, кН/м². σ_p^n может

ориентировочно приниматься $(0,08-0,10)\sigma_{сж}$;

k_c – коэффициент структурного ослабления прочности массива по сравнению с образцами пород. Для пород с $\sigma_{сж} \geq 160$ МПа – $k_c = 0,60-0,70$; с $100 \text{ МПа} \leq \sigma_{сж} < 160 \text{ МПа}$ – $k_c = 0,50-0,55$; с $70 \text{ МПа} \leq \sigma_{сж} < 100 \text{ МПа}$ – $k_c = 0,45$; с $50 \text{ МПа} \leq \sigma_{сж} < 70 \text{ МПа}$ – $k_c = 0,35$ и с $\sigma_{сж} < 50 \text{ МПа}$ – $k_c = 0,30$.

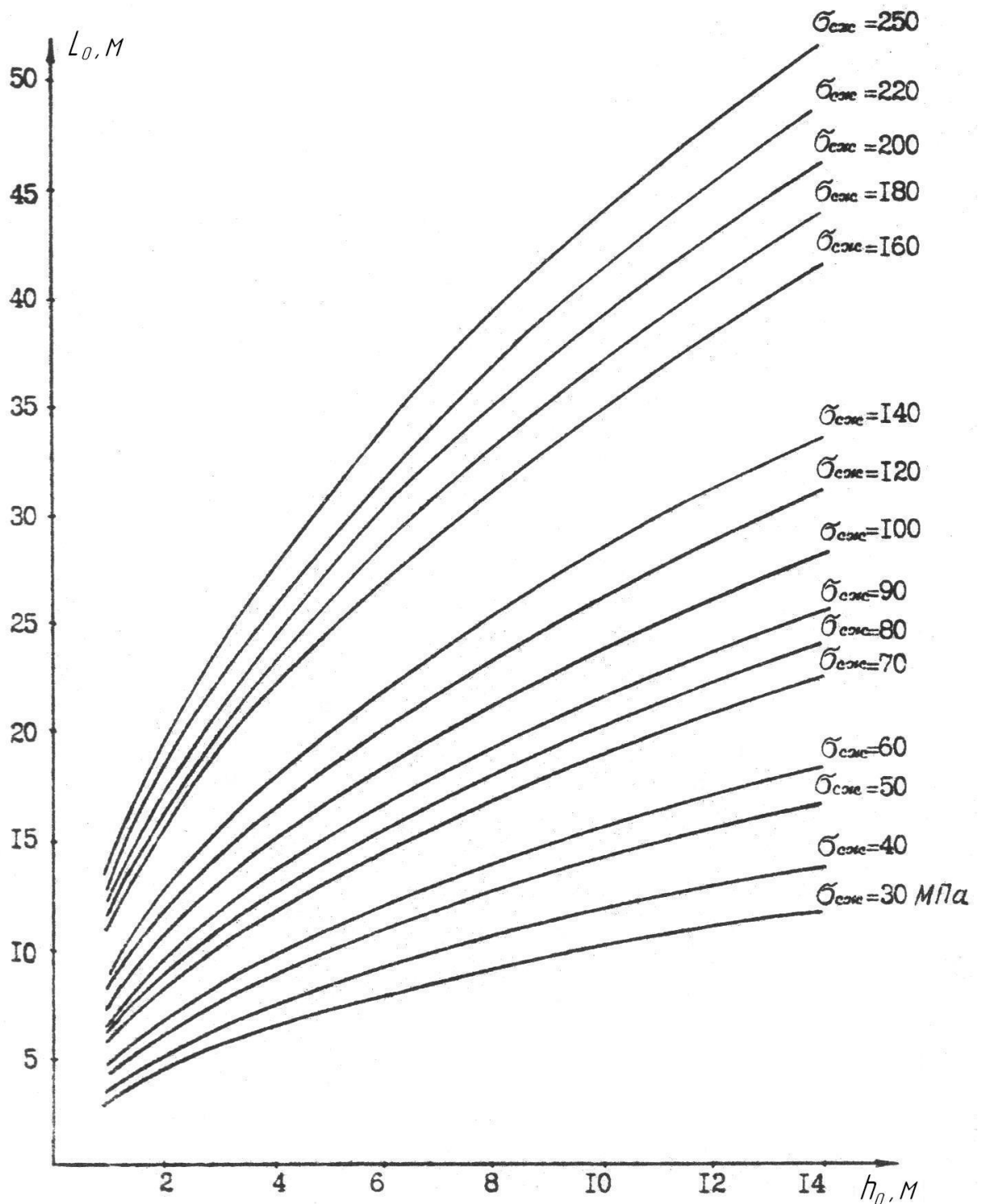


Рис. 1.1. Зависимость шага вторичных осадок от мощности и прочности слоёв основной кровли

1.2. Прогнозирование устойчивости пород непосредственной кровли в очистных забоях

Способность нижних слоёв пород кровли сохранять целостность и не выпадать в подкрепное пространство очистной выработки называется устойчивостью кровли. Количественные показатели устойчивости относятся к пачке самых нижних слоёв общей мощностью до 1,5–2 м. Устойчивость характеризуется размерами и продолжительностью устойчивого состояния обнажений кровли за исполнительным органом выемочных машин.

По устойчивости кровля в соответствии с классификацией ДонУГИ делится на 5 типов: B_1 – весьма неустойчивая (ложная), B_2 – неустойчивая; B_3 – малоустойчивая, B_4 – среднеустойчивая, B_5 – устойчивая (табл. 1.3).

В качестве основных классификационных признаков приняты размеры устойчивого обнажения за исполнительным органом узкозахватных выемочных машин при максимальной ширине незакреплённого пространства у забоя 0,8–1,2 м и продолжительность сохранения устойчивости (см. графу 2 табл. 1.3.).

В графе 3 приведены краткие характеристики (признаки) типов пород кровли по устойчивости. Эти признаки позволяют до начала очистных работ классифицировать типы пород кровли по устойчивости.

Практика отработки угольных пластов позволила установить, что на устойчивость слоёв пород над призабойным пространством в наибольшей мере влияют следующие основные факторы:

- геологические – литологический состав, мощность и трещиноватость слоёв пород, залегающих непосредственно над угольным пластом, наличие между этими слоями слабых контактов, тип и сцепление пород по контактам, физико-механические свойства слоёв пород, обводнённость пород;

- эксплуатационные – сопротивление, начальный распор и удельное давление крепи на кровлю, расстояние от забоя до места контакта верхняка с кровлей, коэффициент затяжки кровли, ширина захвата и отставание установки крепи в пространстве и во времени от места выемки угля, применение способов упрочнения пород, затяжки и других способов удержания пород кровли от обрушений;

- напряжённое состояние пород непосредственной кровли – глубина разработки, наличие зон разгрузки (подработки) и зон ПГД от краевых частей и целиков на соседних сближенных пластах, рост нагрузок на нижние слои непосредственной кровли от вышележащих труднообрушаемых слоёв кровли.

Наибольшее влияние на устойчивость кровли оказывает мощность нижних слоёв и их трещиноватость, а также трещинообразование и разрушение пород непосредственной кровли под воздействием труднообрушающихся пород кровли или зон ПГД,

Наиболее точно тип устойчивости пород непосредственной кровли определяется по результатам систематических наблюдений в действующих очистных забоях (приложение 1).

Для новых выемочных участков при отсутствии существенных изменений горно-геологических условий тип устойчивости пород кровли может приниматься по аналогии с соседними отработанными выемочными участками.

При изменении характеристик пород кровли на прогнозируемом выемочном поле или отсутствии вблизи этого поля ранее очистных работ тип кровли по устойчивости может быть ориентировочно определён по описаниям керна из геологоразведочных скважин или в результате изучения обнажений кровли в подготовительных выработках в соответствии с признаками, приведёнными в графе 3 табл. 1.3.

Необходимо иметь в виду определённую условность выделяемых классов пород по их устойчивости и обрушаемости, так как фактически в

забоях возможна встреча на отдельных участках различных типов пород. Фактически класс пород кровли можно установить лишь статистически, как наиболее часто встречающийся.

Таблица 1.3

Тип кровли	Технологические признаки	Краткая характеристика пород
1	2	3
<p>Б₁ Весьма неустойчивая (ложная)</p>	<p>Обрушается над исполнительным органом выемочной машины или с отставанием до $l = 1,5-2$ м</p>	<p>Углистые и глинистые сланцы, разделяющиеся на слои толщиной менее 0,2 м, с расстоянием между трещинами 0,02–0,1 м. Глинистые, песчано-глинистые сланцы, отделённые от вышележащих пород зеркалами скольжения, углисто-глинистыми прослойками с толщиной слоёв до 0,2 м и расстоянием между трещинами 0,1–0,2 м. Глинистые и песчано глинистые сланцы с толщиной слоёв до 0,3 м при залегании выше этого слоя известняка, песчаника, алевролита, а также других пород, но при глубине работ более 600 м. Любые другие породы в зонах тектонических нарушений с расстоянием между тектоническими трещинами < 0,1 м</p>
<p>Б₂ Неустойчивая</p>	<p>Обрушается за исполнительным органом выемочной машины с отставанием от 2 до 5 м</p>	<p>Глинистые и песчано-глинистые сланцы с толщиной слоёв 0,3–0,6 м, песчаные сланцы, песчаники и известняки с толщиной слоёв до 0,1–0,2 м и с расстоянием между трещинами 0,1–0,2 м. Слои пород отделены друг от друга зеркалами скольжения, углистыми или глинистыми прослойками или рассеянным углистым материалом. Эти и любые другие породы в зонах тектонических нарушений с расстоянием между тектоническими трещинами 0,1–0,2 м</p>
<p>Б₃ Малоустойчивая</p>	<p>Обрушается при обнажении длиной от 5 до 30 м. Обнажения длиной от 5 до 30 м сохраняют устойчивость 5–30 мин. Постоянная или временная крепь должна устанавливаться с отставанием не более 5 м от места обнажения кровли</p>	<p>Глинистые и песчано-глинистые сланцы прочностью до 50–60 МПа, залегающие однородной толщей мощностью до 2,0 м, разделённые на слои 0,2–0,3 м. Выше залегают прочные слои песчаных сланцев, песчаников, известняков или любых других пород при наличии зон ПГД. Песчаные сланцы, песчаники и известняки с толщиной слоёв до 0,2 м и с расстоянием между трещинами 0,2–0,3 м. Слои пород отделены зеркалами скольжения, углистыми или глинистыми прослойками, растотельными остатками</p>

Продолжение табл. 1.3

Тип кровли	Технологические признаки	Краткая характеристика пород
1	2	3
<p>Б₄ Средней устойчивости</p>	<p>Обнажение за исполнительным органом выемочной машины длиной более 30 м сохраняет устойчивость от 30 минут до 2-х часов. Возможно образование обнажений вплоть до полной длины лавы</p>	<p>Аргиллиты, песчано-глинистые сланцы прочностью 40–70 МПа с толщиной слоёв 0,3–0,5 м, с расстоянием между трещинами 0,3 м, однородной толщей мощностью более 1,5–2,0 м. Песчаные сланцы и известняки с толщиной слоёв более 0,2–0,3 м и расстоянием между трещинами более 0,2–0,3 м</p>
<p>Б₅ Устойчивая</p>	<p>Обнажения шириной 0,6–0,8 м вдоль всего очистного забоя сохраняют устойчивость 2 и более часов</p>	<p>Аргиллиты окремнённые и на известковом цементе, песчано-глинистые сланцы прочностью 60–70 МПа с толщиной слоёв более 0,5 м и с расстоянием между трещинами более 0,4–0,5 м. Алевриты, песчаники и известняки с толщиной слоёв более 0,3–0,4 м и расстоянием между трещинами более 0,3 м</p>

Полная характеристика пород кровли складывается из сочетания двух классификационных признаков А и Б: A_1B_2 , A_1B_3 , A_4B_5 и т. д. Например, класс A_1B_2 – легкообрушающийся массив пород с неустойчивым нижним слоем.

При резко выраженной в пределах выемочного участка неоднородности строения и свойств кровли класс кровли записывается для конкретных участков поля или как суммарная характеристика встречающихся сочетаний, при этом первой записывается характеристика наиболее распространённого слоя. Например, $A_3(B_4+B_2)$, $(A_4+A_3)B_2$ и т. д.

1.3. Прогнозирование несущей способности почвы пласта

Под несущей способностью почвы понимается её способность сохранять свою первоначальную поверхность при установке на неё и передвижении по ней лавной крепи. По несущей способности выделяют почвы пластов: прочные, вдавливание крепи в которые не происходит, и слабые, в которые вдавливается крепь или верхние слои которых сдвигаются при передвижке конвейера или мехкрепи. В связи с тем, что разные крепи имеют различную величину удельного давления на почву, одна и та же почва при применении различных крепей может быть прочной (тип П1) или слабой (тип П2). Величины удельного давления на почву (σ_k) различных крепей приведены в приложении 2.

На стадии геологического прогноза определение несущей способности почвы пласта производится по косвенным данным на основе сведений о литотипной принадлежности пород и прочности образцов на сжатие.

Слабые почвы обычно сложены углистыми, углисто-глинистыми сланцами, а также песчаными сланцами с многочисленными включениями углисто-глинистого вещества («кучерявчик»)

Прочность на сжатие образцов пород, слагающих слабую почву, обычно не превышает 30 МПа. В условиях обводнения почвы, в зонах

геологических нарушений, в зонах повышенного горного давления к слабым могут быть отнесены почвы, изначально имеющие более высокие прочностные свойства (до 50 МПа).

При подготовке и во время обработки выемочных участков сопротивление почвы вдавливанию ($\sigma_{вд}$) может быть определено по существующей методике (приложение 3) с использованием специальных устройств. В этом случае производится несколько замеров сопротивления почвы вдавливанию ($\sigma_{вд}$) и вычисляется его средняя величина ($\overline{\sigma_{вд}}$) и среднеквадратичное отклонение результатов замеров (σ).

При отсутствии соответствующих устройств сопротивление почвы вдавливанию может быть рассчитано. Расчёт производится следующим образом.

Сопротивление почвы вдавливанию на момент обнажения определяется по формуле:

$$\sigma_{вд} \approx 0,58\sigma_{сж}.$$

Со временем сопротивление почвы вдавливанию снижается. Сопротивление почвы вдавливанию в любой момент времени (t_i) определяется по следующей формуле:

$$\sigma_{вд}(t_i) = (1 - e^{-kt})\sigma_{вд}(t_0),$$

где k – коэффициент интенсивности снижения сопротивления почвы со временем.

Расчёт можно производить с использованием табл. 1.4.

Таблица 1.4

t_i , час	20	30	40	60	80	100
k	0,144	0,064	0,036	0,016	0,009	0,006
$0,58(1 - e^{-kt})$	0,55	0,50	0,44	0,36	0,30	0,26

Определение возможности вдавливания крепи в почву производится путём сравнения величины сопротивления почвы вдавливанию ($\sigma_{вд}$) с величиной удельного давления крепи на почву при рабочем сопротивлении.

При $\sigma_k \geq \sigma_{вд}$ будет происходить вдавливание крепи в почву. Почва в этом случае будет считаться слабой (П2).

При $\sigma_k < \sigma_{вд}$ вдавливание крепи в почву не будет происходить, т. е. почва будет являться прочной (П1).

При наличии в почве пласта тонкослоистых (до 5–10 см) глинистых и песчаных сланцев, в которые крепь не вдавливаются, верхний слой почвы может сминаться при передвижке конвейера и (или) секций мехкрепи. В этом случае почва также считается слабой (тип П2).

1.4. Выделение выемочных полей и их участков, трудноуправляемых по горному давлению

При определённых сочетаниях признаков А, Б и П возникают значительные трудности в управлении горным давлением на выемочных участках. При этом резко увеличивается вероятность негативных проявлений горного давления в очистных забоях (вывалов, завалов, посадок «нажёстко» или обыгрывания крепи, внедрения её в почву и т. д.).

В связи с этим современное выделение участков выемочных полей, трудноуправляемых по горному давлению, разработка и использование эффективных способов и средств, снижающих интенсивность негативных проявлений горного давления, является залогом безопасной и эффективной работы лав.

В соответствии с [3] к трудноуправляемым по горному давлению относятся очистные выработки, имеющие следующие признаки:

- труднообрушающиеся (А₃) и весьма труднообрушающиеся (А₄) кровли;

- весьма неустойчивые (Б₁), неустойчивые (Б₂) и малоустойчивые (Б₃) кровли;

- слабые почвы (П2).

Дополнительными признаками является наличие:

- зон повышенного горного давления (ПГД);

- геологических нарушений;
- резких колебаний мощности пласта (в том числе за счёт «ложной» кровли»), превышающих рабочую раздвижность крепи и (или) пределы регулирования выемочной машины по мощности пласта;
- резких изменений угла падения более допустимого предела, используемого в лаве оборудования;
- значительных водопритоков в лаву.

На основе перечисленных признаков на заседании постоянно действующих комиссий по управлению горным давлением шахты и (или) объединения рассматривается и утверждается перечень лав с трудноуправляемыми боковыми породами и перечень мероприятий, уменьшающих или предотвращающих негативные проявления горного давления.

Выбор мероприятий по управлению горным давлением на участках с трудноуправляемыми боковыми породами производится в соответствии с разделом 2 данного Руководства и рекомендациями, изложенными в работах [4], [5], [6], [7].

1.5. Прогнозирование устойчивости пород в подготовительных выработках

Прогнозирование проявлений горного давления в подготовительных выработках необходимо для правильного выбора временной и постоянной крепи, мероприятий по упрочнению пород и (или) по снижению напряжений в них. Проявления горного давления связаны в основном с потерей устойчивости вмещающих пород. Потеря устойчивости пород может проявляться в форме: вывалообразования, разрушения пород из-за превышения величины напряжений на контуре выработки пределов их прочности, смещений в результате вязкопластичного течения. По интенсивности проявлений этих форм потери устойчивости выделяются пять категорий пород (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Категория устойчивости пород	Оценка степени устойчивости	Общая характеристика состояния пород, склонных		
		к вывалообразованию	к разрушению и неупругому деформированию	к вязкопластическому течению без разрушения
I	Весьма устойчивые	Вывалы отсутствуют при неограниченной длительности обнажения пород	Разрушение отсутствует, упругие смещения пород в пределах 10–30 мм	Смещения пород, связанные с течением не более 100 мм
II	Устойчивые	Возможны отдельные незначительные отслоения при длительности обнажения до 6 мес.	Возможны неупругие деформации без разрушения, возникновение технологической трещиноватости, смещения пород до 50 мм	Смещения пород до 200 мм
III	Средней устойчивости	Возможно образование отдельных вывалов на высоту до 1 м при длительности обнажения до 0,5 мес.	Неупругие деформации с разрушением кровли выработки на локальных участках, смещения пород от 50 до 200 мм	Смещения пород до 300 мм
IV	Неустойчивые	Образование вывалов вскоре после обнажения (до 1 суток), возможны вывалы в боках выработки	Зоны разрушения охватывают большую часть сечения выработки и распространяются на глубину более 1 м, смещения пород 200–500 мм	Смещения пород до 500 мм
V	Весьма неустойчивые	Обрушения пород вслед за обнажением	Зоны разрушения охватывают весь контур выработки. Смещения пород более 500 мм. Пучение почвы	Незатухающие во времени смещения пород свыше 500 мм

Вывалообразование (графа 3 табл. 1.5) может происходить как в забое выработки, так и после установки крепи, особенно при отсутствии затяжки кровли, заполнения пустот за рамами. Породы, склонные вязкопластическому течению, могут встречаться в Восточном Донбассе при проведении выработок в зонах выветривания и наносах.

При наличии ограниченных сведений о горно-геологических свойствах пород, в которых проводится выработка, предварительную оценку устойчивости пород следует производить с использованием критерия $\gamma H / \sigma_{сж}$ (табл. 1.6.). По величине $\gamma H / \sigma_{сж}$ прогнозируется в основном, устойчивость пород, склонных к неупругому деформированию и разрушению (см. графу 4 табл. 1.5).

По степени соответствия напряжений и прочности пород выделяют три типа деформационных процессов:

- величина напряжений на контуре выработки меньше предела длительной прочности породы;
- величина напряжений на контуре выработки превышает предел длительной прочности, но имеет значения ниже мгновенной прочности пород;
- величина напряжений на контуре выработки превышает предел мгновенной прочности пород.

В первом случае вокруг выработки образуется зона упруго-вязких деформаций. Деформационный процесс, протекающий без нарушений сплошности пород, имеет плавный затухающий характер. Основные смещения происходят в период до 10–20 суток после обнажения пород. Вмещающие породы считаются устойчивыми и весьма устойчивыми.

Во втором случае образующаяся первоначально зона упруго-вязких деформаций на контуре выработки постепенно смещается вглубь массива, а её место занимают поочерёдно зона пластических деформаций и зона длительного разрушения (делатансии) пород. Смещения пород происходят ступенчато, и этот процесс может продолжаться десятки и сотни суток. В

зависимости от скорости и абсолютной величины смещений породы относятся к среднеустойчивым и неустойчивым.

В третьем случае разрушение пород начинается сразу после проведения выработки. Породы считаются весьма неустойчивыми.

На стадии геологического прогноза оценку устойчивости пород кровли и почвы выработки следует производить на основе информации о литотипной принадлежности пород, величине их прочности на сжатие. Отнесение пород кровли и почвы к определённым типам устойчивости в этом случае следует производить в соответствии с табл. 1.7.

При значительных величинах прогнозируемого водопритока в выработку и наличии в почве глинистых сланцев следует ожидать интенсификации пучения пород.

В отрабатываемых панелях, горизонтах прогноз устойчивости вмещающих пород в подготовительных выработках должен быть основан на информации об устойчивости пород на смежных выемочных участках.

Следует прогнозировать снижение устойчивости выработок в зонах ПГД, зонах геологических нарушений и др.

Для более точной оценки возможного влияния проявлений горного давления на устойчивость выработок и выбора крепи необходимо произвести расчёт возможной конвергенции пород (см. раздел 3).

Таблица 1.6

Устойчивость пород горных выработок	Характеристика состояния кровли во время первичного использования выработки	Значения величины $\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}}$	Прогнозируемая величина смещений пород кровли и почвы во время первичного использования выработки, мм	Рекомендуемая крепь вне зоны влияния очистных работ
Весьма устойчивые	Отслоения, вывалы отсутствуют	Менее 0,1	До 20	Анкерная
Устойчивые	Возможны отдельные незначительные по мощности отслоения пород кровли	От 0,1 до 0,2	От 20 до 50	Анкерная
Средней устойчивости	Возможно образование отдельных вывалов	От 0,2 до 0,3	От 50 до 150	КМП-Т(П) КМП-А3
Неустойчивые	Значительное развитие неупругих деформаций	От 0,3 до 0,4	От 150 до 300	КМП-А3
Весьма неустойчивые	Разрушение кровли над верхняком крепи, вывалообразование в забое выработки при проходке, интенсивное пучение почвы	Более 0,4	Более 300	КМП-А5

Таблица 1.7

Класс кровли по устойчивости к вывалообразованию	Характеристика пород непосредственной кровли
I	Песчаники, известняки, песчаные сланцы с толщиной слоёв 1,0 м и расстоянием между трещинами 0,8–1,0 м и более. Трещины прерывистые, закрытые, волнистые. Керн в виде столбика длиной более 1,0 м
II	Песчаники, известняки, песчаные сланцы с толщиной слоёв 0,7–1,0 м и расстоянием между трещинами 0,6–0,8 м. Трещины прерывистые, волнистые, практически закрыты. Керн в виде столбика длиной 0,7–1,0 м
III	Песчаники, известняки, песчаные сланцы с толщиной слоёв 0,3–0,6 м и расстоянием между трещинами 0,2–0,5 м. Трещины раскрытые и волнистые. Песчано-глинистые и глинистые сланцы с толщиной слоёв 0,4–0,7 м и расстоянием между трещинами 0,3–0,5 м. Керн в в виде столбика длиной 0,4–0,7 м
IV	Песчаники, песчаные сланцы и известняки с толщиной слоёв 0,2–0,4 м и расстоянием между трещинами 0,2–0,5 м. Трещины раскрытые, заполнены песком или глиной, или притоки воды из кровли струями. Песчано-глинистые сланцы, глинистые сланцы с толщиной слоёв 0,3–0,5 м и расстоянием между трещинами 0,2–0,4 м. Трещины ровные, открытые, заполненные глиной
V	Песчано-глинистые и глинистые сланцы с толщиной слоёв менее 0,2–0,3 м и расстоянием между трещинами 0,2–0,3 м. Керн в виде кусков и мелочи. А также любые другие породы в зонах тектонических нарушений (зонах дробления пород)

2. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

2.1. Основные принципы управления горным давлением при ведении очистных работ

Основной целью управления горным давлением при ведении очистных работ является регулирование проявлений горного давления в рабочем пространстве очистного забоя и за его пределами таким образом, чтобы при конкретном сочетании горно-геологических и горнотехнических факторов обеспечивалась эффективная и безопасная работа на данном и соседних выемочных участках, охрана прилегающих выработок, защита поверхностных объектов и т. д.

При этом решаются следующие задачи:

- безопасность и бесперебойность работы, предотвращение вывалообразования в поддерживаемых очистных и подготовительных выработках;
- минимальные потери угля;
- обеспечение допустимых сдвижений поверхности;
- возможность создания разгруженных и защищённых зон в горном массиве;
- возможность работы в очистных забоях такой длины, которая необходима для обеспечения производительной работы;
- эффективное поддержание подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ;
- наименьшие возможные затраты и трудоёмкость работ по управлению кровлей и креплению очистных забоев;
- обеспечение надёжной эксплуатации крепей и снижение расходов крепёжных материалов.

В условиях Восточного Донбасса на пластах с углами падения до 35° управление кровлей в очистных забоях может осуществляться следующими способами:

- полным обрушением – регулированием проявлений горного давления путём периодического обрушения как непосредственной, так и основной кровли за пределами призабойного пространства;

- частичным обрушением – регулированием проявлений горного давления в очистном забое путём оставления в выработанном пространстве редких бутовых полос, рядов кустов, костров, бутокостров, тумб БЖБТ и т. д. таким образом, чтобы между рядами непосредственная кровля периодически обрушалась, а основная переходила в режим плавных прогибов или разрушалась без резких проявлений вторичных осадок;

- частичной закладкой – регулированием проявлений горного давления в очистном забое путём заполнения через 5–10 м выработанного пространства лавы породой или закладочной смесью, получаемой в бутовых штреках, прорывных полосах, подготовительных выработках или с поверхности шахты таким образом, что в результате между полосами отсутствуют, как правило, обрушения пород непосредственной кровли, а породы основной кровли переходят в режим плавных прогибов;

- полной закладкой – регулированием проявлений горного давления в очистном забое путём закладки всего выработанного пространства измельчённой горной породой или специальными смесями, поставляемыми извне. В этом случае, как правило, породы как непосредственной, так и основной кровли переходят в режим плавных прогибов;

- плавным опусканием – регулированием проявлений горного давления в очистном забое путём обеспечения соприкосновения непосредственной кровли с почвой в выработанном пространстве, происходящего без разрыва сплошности пород или с местными разрывами, но без потери связи между опускающимися на почву частями кровли;

- удержанием кровли в режиме предельных пролётов – регулированием проявлений горного давления в очистном забое путём периодического оставления целиков угля таким образом, чтобы между целиками происходило зависание труднообрушающихся слоёв непосредственной или основной кровли.

Основная цель мероприятий при всех способах управления кровлей сводится к регулированию движений непосредственной и вышележащих слоёв основной кровли. В связи с этим при выборе способа управления кровлей, как правило, основное значение имеет поведение пород непосредственной и основной кровли в призабойном и выработанном пространстве, а также непосредственной почвы и, в первую очередь, такие их свойства, как обрушаемость и устойчивость кровли и сопротивление вдавливанию почвы.

Существенное значение при выборе способа управления кровлей имеют наличие на поверхности объектов, подлежащих защите от влияния горных работ, количество и степень выбросоопасности разрабатываемых пластов, сроки и порядок их отработки, необходимость образования разгруженных и защищённых зон, возможные технически и экономически целесообразные нагрузки на забои, оснащённость их необходимыми машинами и механизмами и т. д.

Степень значимости каждого из перечисленных факторов часто зависит от конкретных условий: второстепенные в одних условиях могут быть определяющими в других и наоборот. Так, при отработке запасов под ответственными сооружениями, плотно застроенными территориями, крупными водными объектами следует применять полную закладку выработанного пространства, тогда как по прочим факторам вполне возможно применение других, более экономных способов управления кровлей.

2.2. Условия применения и технология работ при

различных способах управления горным давлением в лаве

С технической и экономической точки зрения наиболее эффективный способ управления кровлей – плавное опускание. При этом способе обеспечивается максимальная безопасность работ, а применяемая крепь отличается минимальной несущей способностью. Однако этот способ применим только при разработке пластов мощностью до 1,0–1,3 м, в непосредственной кровле которых залегают породы, обладающие способностью, плавно прогибаясь, ложиться без существенного растрескивания на почву в выработанном пространстве. Применение этого способа способствует также склонность почвы пласта к пучению.

С экономической точки зрения вслед за плавным опусканием идёт способ управления кровлей путём её полного обрушения. По мере совершенствования механизированных и индивидуальных крепей, паспортов крепления, способов разупрочнения труднообрушающихся и способов борьбы с вывалообразованием неустойчивых кровель применение этого способа постоянно расширялось и в настоящее время, при соответствующей технической оснащённости, данный способ можно применять практически при любых типах кровель по устойчивости и обрушаемости.

Однако даже при наличии механизированных крепей повышенного технического уровня (типа КМТ, КД80, М137 и т. д.), при залегании в непосредственной кровле слоёв типа Б₂, Б₃ по устойчивости, мощностью до (2-3) *m_в*, а в основной кровле слоёв типа А₃ и А₄ даже при применении способов разупрочнения труднообрушающихся пород всё же происходит интенсивное разрушение и вывалообразование пород непосредственной кровли.

В условиях, когда шаг осадок основной кровли составляет менее 15–20 м, применение способов разупрочнения становится экономически и технически нецелесообразным. Существенно осложняется применение способа управления кровлей полным обрушением при наличии слабой

почвы, из-за которой крепь не может работать на уровне номинального сопротивления, что приводит к большим смещениям кровли, вывалам и завалам лав.

В этих условиях на шахтах Восточного Донбасса целесообразно применение способа управления кровлей частичным обрушением.

Данный способ может эффективно применяться при мощности пластов от 0,8 до 1,5 м и углах падения до 35°.

Рекомендуемое расстояние между рядами бутовых полос или рядами стационарной крепи l_p должно быть не менее 20–25 м:

$$l_p \leq 0,2m_0^H \sqrt{\frac{\sigma_{сж}}{3\gamma_0 m_0}}, \text{ м}, \quad (2.1)$$

где m_0^H – мощность наиболее прочного несущего слоя в основной кровле, м;

$\sigma_{сж}$ – прочность пород несущего слоя основной кровли на одноосное сжатие, кН/м²;

m_0 – суммарная мощность несущего слоя и пригружающих его других более слабых слоёв основной кровли, м;

γ_0 – средний объёмный вес слоёв основной кровли, кН/м³.

В условиях Восточного Донбасса m_0^H не превышает обычно 6 м.

Технология осуществления данного способа управления кровлей заключается в следующем.

При использовании стационарной крепи она может осуществляться как в призабойном, так и в выработанном пространстве. В очистных забоях при возведении рядов стационарной крепи в призабойном пространстве на линии установки рядов демонтируются секции мехкрепи или удаляется посадочная крепь. Крепление участка установки стационарной крепи производится деревянной неизвлекаемой крепью, под защитой которой через 1–2 цикла подвигания лавы возводится стационарная крепь (костры из шпального бруса, которые из круглого леса или протёса с 9-ю или 16-ю узлами

податливости, бутокостры, кустокостры и т. д.), как правило, с длиной стоек, кратной величине шага подвигания забоя, но не менее 1,2 м.

При выкладке стационарной крепи в выработанном пространстве за механизированной крепью на линии её установки с секций снимаются задние ограждения. Для защиты людей в выработанном пространстве устанавливается деревянная крепь, представляющая собой обычно брус длиной до 4 м, под который с шагом 0,8 м устанавливаются деревянные стойки. Под защитой этой крепи выкладывают стационарную крепь. В отдельных случаях ограничиваются установкой под брус стоек с шагом 0,4–0,5 м.

Порода для закладки бутокостров извлекается из проводимых с помощью БВР прорывных полос с помощью специальных крючьев.

В наиболее сложных условиях возможно применении этого способа при возведении в выработанном пространстве бутовых полос из породы, получаемой от подрывки кровли или почвы, а также при возведении бутовых полос буровзрывным способом.

Бутовые полосы рекомендуется применять в основном при мощности пластов от 0,8 до 1,5 м, устойчивости непосредственной кровли Б₂, Б₃, слабых породах почвы и типе основной кровли по обрушаемости А₃, А₄. При использовании межкрепей этот способ не рекомендуется.

Ширина бутовых полос должны быть не менее 4-5-кратной мощности пласта. При выкладке бутовой полосы выше неё проходится бутовый штрек, проводимый с подрывкой пород кровли или слабой почвы. Бутовые штреки должны быть закреплены рамной крепью на протяжении не менее 3 м.

При углах падения пород свыше 18° ниже бутовой полосы пробивается органка из деревянных стоек. В бутовом штреке в этих условиях органка пробивается и со стороны восстания пласта.

Крепление кровли на участке выкладки бутовых полос осуществляется, как правило, деревянной крепью. Перед буровзрывными работами напротив бурового штрека на расстоянии от забоя равном длине шпуров возводится

деревянная органка. Между бутовыми полосами должна устанавливаться посадочная крепь. В бутовой полосе после каждого цикла взрывания должны выкладываться из крупных кусков породы и расклиниваться под кровлю продольные и поперечные стенки, толщиной не менее 0,5–0,6 м. Пустоты между стенками должны тщательно забучиваться мелкой породой. Не допускается оставление пустот между стенками.

Сущность способа управления кровлей частичным обрушением с возведением бутовых полос в средней части лавы буровзрывным способом основана на экспериментально установленной зависимости, что обрушение пород кровли или рыхление пород почвы на суммарную высоту (глубину), равную 2-2,5-кратной вынимаемой мощности пласта с коэффициентом разрыхления пород 1,8–2,0, предотвращает опасные проявления периодических осадок. В этом случае объём разрыхлённой породы превышает вынимаемую мощность пласта с учётом конвергенции пород кровли и почвы в выработанном пространстве.

Условия применения данного варианта: вынимаемая мощность пласта $m_b = 0,8–1,5$ м, непосредственная кровля мощностью $2m_b$ представлена неустойчивыми породами типа Б₂, Б₃, почва – слабая, мощностью до $2m_b$.

Технология работ при данном варианте состоит в следующем.

На выбранной линии формирования бутовой полосы через 1,6–1,8 м подвигания забоя прибивается оконтуривающая этот участок снизу, сверху и со стороны забоя деревянная органка с высокой плотностью установки стоек. Затем со стороны забоя на расстоянии не менее 0,2 м от торцевого органного ряда размечаются и насакаются устья будущих шпуров. Крайний шнур располагается на расстоянии 0,6–0,7 м выше нижнего оконтуривающего органного ряда.

Расстояние между шпурами бутовой полосы при её рекомендуемой ширине 4-5 вынимаемых мощностей пласта принимается равным 1,4–1,6 м. Бурение шпуров должно осуществляться под углом не менее 60° к горизонту и производиться составными штангами длиной 0,8–1,2 м при длине

забурника 0,4–0,6 м. При изменении вынимаемой мощности пласта длина штанг и шпуров должна изменяться таким образом, чтобы мощность пород кровли и (или) почвы, отбиваемая взрывными работами, была более двух вынимаемых мощностей пласта.

Расстояние между бутовыми полосам при данном варианте управления кровлей можно уменьшить до 15–25 м, так как при этом зависание пород непосредственной кровли практически невозможно.

Буровзрывные работы должны производиться в соответствии с требованиями Единых правил безопасности при взрывных работах. Длина забойки должна составлять не менее 0,5 м. Не допускается одновременно взрывание шпуров в более чем одной бутовой полосе.

Если при взрывных работах в бутовых полосах органичный ряд будет выбиваться, следует устанавливать его после окончания бурения шпуров на расстоянии 0,3–0,4 м от устья шпуров в сторону забоя, оставляя в нём окна шириной до 0,2 м, через которые производится зарядка шпуров.

Управление кровлей в очистных забоях способом частичной закладки выработанного пространства применяется в тех случаях, когда способ управления кровлей частичным обрушением является недостаточно эффективным или если необходимо отрабатывать сближенные пласты в восходящем порядке, при необходимости сохранить сравнительно малоценные вышележащие горные выработки и сооружения на поверхности, а применении для этих целей полной закладки выработанного пространства по каким-либо причинам невозможно.

Условия применения способа частичной закладки следующие: наличие неустойчивых пород непосредственной кровли типа Б₂, Б₃ и труднообрушаемые породы кровли А₃, А₄, мощность пластов – 0,8–1,5 м.

Выкладка бутовых полос производится на расстоянии 4–10 м друг от друга. Выкладка полос может осуществляться как вручную, так и буровзрывным способом. Технология работ аналогична описанной выше.

К числу самых трудоёмких и дорогостоящих относится способ управления кровлей полной закладкой выработанного пространства. Поэтому данный способ применяют в тех случаях, когда другие не отвечают дополнительным требованиям, предъявляемым к горным работам в конкретных условиях. Такие требования могут возникнуть при отработке в восходящем порядке сближенных пластов, при необходимости сохранить ответственные горные выработки или сооружения на поверхности, при подработке водных объектов и в других аналогичных случаях.

В зависимости от поставленной задачи и максимально допустимой конвергенции пород кровли в выработанном пространстве в качестве закладочного материала могут применяться: мелкодроблёная шахтная порода; перегорелая порода с терриконов или различные строительные смеси (песок, твердеющая бетонная закладка и т. д.). Чем меньше усадка закладочного материала, тем меньше возникающие на крепь нагрузки и сдвиги пород в подработанном массиве.

Методика выбора закладочной смеси и описание технологии работ для осуществления полной закладки выработанного пространства в очистных забоях приведены в работе [17].

В самых сложных горно-геологических условиях (при наличии неустойчивой непосредственной и труднообрушающейся основной кровли и слабой почвы), а также при отсутствии технических, организационных или экономических условий для применения способов частичной или полной закладки выработанного пространства применяется способ управления труднообрушающейся кровлей путём удержания её в режиме предельных пролётов, путём периодического оставления в выработанном пространстве целиков угля («ножей»).

Сущность способа состоит в следующем.

После проведения разрезной печи и монтажа в ней очистного оборудования лава начинает, как обычно, свою работу. Крепление лавы, как правило, осуществляется деревянной крепью, оставляемой в выработанном

пространстве. Обычно после подвигания лавы на 20–30 м, до появления первых признаков осадки пород непосредственной или основной кровли, лава останавливается. К этому времени впереди забоя лавы на расстоянии 30–40 м от первой разрезной печи проходится новая разрезная печь. В эту печь после оставления целика угля шириной до 10 м, перемонтируется очистное оборудование и работа лавы возобновляется до очередной остановки и т. д.

Ориентировочно предельный пролёт кровли между целиками может быть определён по формуле:

$$l_{\text{пред}} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\text{сж}}^{\text{м}} h}{7\sigma_{\text{р}}^{\text{м}}}\right)^2 + \frac{h}{\gamma'}(\sigma_{\text{сж}}^{\text{м}} - 2\lambda H\gamma')} - \frac{\sigma_{\text{сж}}^{\text{м}} h}{7\sigma_{\text{р}}^{\text{м}}}, \quad (2.2)$$

где h – мощность непосредственной кровли, м;

H – глубина работ, м;

$\sigma_{\text{сж}}^{\text{м}}$ – предел прочности пород кровли на сжатие в массиве, тс/м²;

$\sigma_{\text{р}}^{\text{м}}$ – предел прочности пород кровли на растяжение в массиве, тс/м²;

$$\gamma' = \left(\gamma - \frac{P}{h'}\right),$$

где $\gamma = 2,5 \text{ тс/м}^3$ – удельный вес пород кровли;

P – средняя несущая способность крепи на 1 м² обнажённой кровли между целиками, тс/м²;

h' – суммарная мощность основной и непосредственной кровли, м;

$\lambda = 0,4$ – коэффициент бокового распора.

Можно принимать

$$\sigma_{\text{сж}}^{\text{м}} = k_{\text{с.о}}[\sigma_{\text{сж}}], \quad \sigma_{\text{р}}^{\text{м}} = k_{\text{с.о}}[\sigma_{\text{р}}],$$

где $[\sigma_{\text{сж}}], [\sigma_{\text{р}}]$ – пределы прочности пород соответственно при сжатии и растяжении, полученные при испытаниях образцов, тс/м²;

$k_{\text{с.о}}$ – коэффициент структурного ослабления массива по сравнению с образцами, $k_{\text{с.о}} = 0,3\text{--}0,5$.

Величина пролёта между целиками ($l_{\text{пред}}$), ориентировочно определённая по формуле (2.2), должна уточняться в процессе отработки выемочного участка.

Ширина целиков должна приниматься на 30–50 % больше величины, определяемой по формуле (54) Указаний [11].

Необходимо отметить, что данный способ управления кровлей весьма трудоёмок и неэкономичен, сопровождается большими потерями полезного ископаемого, при наличии сближенных пластов приводит к появлению многочисленных зон повышенного горного давления от оставленных целиков. Поэтому применение его требует всестороннего технико-экономического обоснования.

2.3. Выбор крепи

2.3.1. Выбор сопротивления крепи

Сопротивление крепи очистного забоя является одной из важнейших характеристик, так как оно в значительной мере определяет состояние кровель в очистных забоях, а следовательно, безопасность и эффективность очистных работ.

В настоящее время на шахтах Восточного Донбасса можно выделить следующие основные типы кровель по их нагрузочным схемам.

I тип. Непосредственная кровля на высоту более 5-6 вынимаемых мощностей пласта сложена легко- и среднеобрушающимися породами типа A_1 , A_2 (см. табл. 2.1). Эти породы, зависая с некоторым вылетом в выработанном пространстве, затем беспорядочно обрушаются, хорошо подбучивая основную кровлю или верхние слои непосредственной кровли.

Нагрузка на крепь для таких условий может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{кр}} = m_{\text{н}} \gamma_{\text{н}} \left(R + C + \frac{m_{\text{н}}}{2 \operatorname{tg} \varphi} \right), \text{ кН/м}, \quad (2.3)$$

где $m_{\text{н}}$ – мощность активной непосредственной кровли, создающей нагрузку на крепь, м;

$\gamma_{\text{н}}$ – средний объёмный вес пород непосредственной кровли, кН/м³;

R – максимальная ширина рабочего пространства очистного забоя, м;

C – зависание нижних слоёв непосредственной кровли за крепью, м;

φ – угол обрушения пород в выработанном пространстве ($\varphi = 45\text{--}65^\circ$).

При залегании над пластом мощной толщи легкообрушающихся пород мощность активной непосредственной кровли, создающей нагрузку на крепь, может быть определена из выражения:

$$m_{\text{н}} = \frac{m_{\text{в}} - \alpha(R + C) - m_{\text{п}}}{k_{\text{р}} - 1}, \text{ м}, \quad (2.4)$$

где $m_{\text{в}}$ – вынимаемая мощность пласта с учётом «ложной» кровли и «ложной» почвы, м;

α – величина коэффициента опускания кровли на 1 м подвигания забоя.

$\alpha = 0,04\text{--}0,05$;

$m_{\text{п}}$ – суммарная мощность поднятия почвы в выработанном пространстве и оставленного на почве угольно-породного штыба, м. На малых и средних глубинах $m_{\text{п}} \approx 0,1m_{\text{в}}$, на глубинах более 800 м $m_{\text{п}} \approx 0,15m_{\text{в}}$;

$k_{\text{р}}$ – средний коэффициент разрыхления пород кровли при их обрушении.

Средние значения коэффициента разрыхления пород кровли с учётом вынимаемой мощности пластов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Вынимаемая мощность пласта, м	Средние значения коэффициентов разрыхления пород кровли $k_{\text{р}}$ для пород крепостью f по М. М. Протодьяконову	
	4	5
До 1	1,15–1,20	1,20–1,25
1–2	1,25–1,30	1,30–1,35
Более 2	1,30–1,35	1,35–1,40

Величина зависания пород за крепью «С» может быть ориентировочно принята из выражения $C = 1,6\sqrt{m_{н.с} f_{н.с}}$, где $m_{н.с}$ и $f_{н.с}$ соответственно мощность и крепость по М. М. Протодяконову нижнего слоя непосредственной кровли.

II тип. Непосредственная кровля на высоту $(4-5)m_b$ сложена среднеобрушаемыми породами

В этом случае разрушение пород кровли чаще всего происходит блоками высотой, которые, ступенчато смещаясь относительно друг друга, образуют арочную систему.

Нагрузка на крепь может быть определена по формуле Ф.П. Глушихина:

$$Q_{кр} = \gamma_n m_6 l \left[\frac{n_2}{2} + n_1 (1 - \rho \operatorname{ctg} \psi) \right], \text{ кН/м}, \quad (2.5)$$

где m_6 – высота блоков, примерно равная мощности непосредственной кровли;

l – ширина блока, обычно равна ширине захвата комбайна, а при струговой выемке – шагу передвижки крепи, м;

n_1, n_2 – количество блоков, поддерживаемое крепью, и зависающих за крепью. $n_1 = R/l$, $n_2 = (2-2,5) n_1$;

ρ – коэффициент трения породы по породе. $\rho = 0,75$;

ψ – угол наклона трещин, образующих блоки. $\psi = 70-80^\circ$.

III тип. Непосредственная кровля на высоту до $(3-4)m_b$ сложена легко- и среднеобрушающимися породами (A_1 и A_2), выше которых в основной кровле залегают породы типа A_3 и A_4 , разрушающиеся на длинные блоки высотой m_0 и длиной L_0 .

В этом случае расчётная нагрузка на крепь может быть определена по формуле:

$$Q_{кр} = \gamma_n m_n \left(R + C + \frac{m_n}{2 \operatorname{tg} \varphi} \right) + 0,5 k_o \left[1 - \frac{0,8 m_n (k_p - 1)}{m_b} \right] \gamma_o m_o L_o, \text{ кН/м}, \quad (2.6)$$

где k_o – коэффициент, учитывающий пригрузку нижнего слоя основной кровли вышележащими слоями при разрушении основной кровли в два слоя и более. При отношении $\frac{m_n + h_o}{m_b} > 6-7$ $k_o = 1,0$; при $\frac{m_n + h_o}{m_b} \geq 3-4$ $k_o = 1,35$;

при $\frac{m_n + h_o}{m_b} < 3-4$ $k_o = 1,5$;

γ_o – средний объёмный вес первого выделившегося слоя труднообрушаемой основной кровли, кН/м³;

L_o – длина блока, равная наибольшему шагу вторичного обрушения основной кровли, м;

h_o – толщина первого выделившегося слоя труднообрушаемой кровли, м.

Методика определения h_o и L_o изложена в подразделе 1.1.

При залегании в кровле пород типа A_4 и частично A_3 , когда проводятся мероприятия по разупрочнению труднообрушающихся пород, в выражении (2.6) значение L_o следует принимать равным шагу бурения скважин для разупрочнения кровли.

IV тип. В непосредственной кровле залегают породы типа A_4^1 , склонные к плавному опусканию в выработанном пространстве, или любые другие породы, при частичной или полной закладке выработанного пространства. В принципе в этом случае необходима лишь только лёгкая призабойная крепь, препятствующая выпадению в призабойное пространство отдельных относительно мелких блоков или кусков пород кровли. Однако наиболее опасным при этих способах управления кровлей является выход в призабойное пространство примерно параллельной забою протяжённой тектонической трещины, что может в случае низкого сопротивления крепи привести к внезапному завалу лавы под действием так называемой «обратной» консоли.

Необходимое сопротивление крепи в случае плавноопускающихся пород непосредственной кровли или при применении частичной и полной закладки можно определить по формуле:

$$Q_{кр} = 0,35(5 - 6)m_b(R + C)\gamma_n, \text{ кН/м}, \quad (2.7)$$

где C – зависание пород за крепью до момента касания их почвы пласта или уплотнившейся закладки, м. Обычно $C = 10\text{--}12$ м.

Необходимое сопротивление крепи в очистном забое $Q_{кр}$ сравнивается с паспортным сопротивлением Q_n для принятого шага установки, типа и типоразмера крепи.

При значении $Q_n < Q_{кр}$ применение крепи допускается только при осуществлении эффективных способов разупрочнения пород, при которых обеспечивается $Q_n > Q_{кр}$, или пересматривается паспорт, если есть возможность увеличения плотности установки крепи или применения крепи повышенного сопротивления.

Необходимое удельное сопротивление крепи на концевом участке,:

$$Q_{кон} = 0,45Q_n + 0,5(l_n + h_n)\gamma_n, \text{ кН/м}^2, \quad (2.8)$$

где $Q_n = Q_{кр} / R$, кН/м² – необходимое сопротивление крепи в лаве;

l_n – длина ниши или прилегающей выработки, м;

h_n – высота подрывки кровли в прилегающей выработке, м.

2.3.2. Выбор типоразмера крепи в очистном забое

Необходимый типоразмер («жёсткая база») механизированной крепи определяется по формуле:

$$H_{\min} \leq m_{\min} (1 - \alpha_{\max} l_3^{\max}) - h_p, \text{ мм}, \quad (2.9)$$

где H_{\min} – минимальная мощность пласта в выемочном поле, мм;

l_3^{\max} – максимальное расстояние от забоя до задних стоек крепи, м;

h_p – запас на разгрузку мехкрепи, мм. Для пластов мощностью менее

1,0 м – $h_p = 30$ мм, более 1,0 м – $h_p = 50$ мм;

α_{\max} – максимальная величина коэффициента опускания кровли на 1 м подвигания забоя. Для всех типов кровель $\alpha_{\max} = 0,05$.

Принятый по H_{\min} типоразмер мехкрепи проверяется по условию работы при максимальной мощности пласта в выемочном поле:

$$H_{\max} \geq m_{\max} (1 - \alpha_{\min} l_{\Pi}^{\min}), \text{ мм}, \quad (2.10)$$

где H_{\max} – высота крепи по передним стойкам в раздвинутом состоянии, мм;

m_{\max} – максимальная мощность пласта в выемочном поле лавы, мм;

α_{\min} – наименьшее значение коэффициента опускания кровли для данного типа пород по обрушаемости. Для типов A_1 и A_2 – $\alpha_{\min} = 0,02$; для A_3 , A_4 и A_4^1 – $\alpha_{\min} = 0,015$.

Если максимальная мощность пласта в выемочном поле встречается в районе разрезной печи, то должно выполняться условие:

$$H_{\max} \geq m_{\max}.$$

Если невозможно подобрать необходимый типоразмер из имеющихся на шахте или в объединении мехкрепей, то при малой мощности пласта на основе технико-экономического обоснования должен решаться вопрос о целесообразности применения индивидуальной крепи или работы мехкрепи на отдельных участках выемочного поля с присечкой боковых пород. При превышении мощности пласта в поле лавы максимальной раздвижности мехкрепи необходимо применять надставки на стойки мехкрепи. Высота надставок и возможность их использования в конкретных условиях должны согласовываться с бассейновым институтом и заводом-изготовителем.

При применении индивидуальной крепи типоразмер призабойных стоек определяется по формуле:

$$H_{\min} \leq m_{\min} (1 - \alpha_{\max} l_{\max}) - h_{\text{в}} - h_{\text{л}} - h_3 - h_{\text{р}}, \text{ мм}, \quad (2.11)$$

где l_{\max} – максимальное расстояние от забоя до последнего ряда стоек, м;

$h_{\text{в}}$ – высота верхняка, мм;

$h_{\text{л}}$ – высота лежа или сменной опоры, мм;

h_3 – высота затяжки, мм. При деревянных верхняках, лежнях и затяжке

h_B , $h_{л}$ и h_3 принимаются равными половине их толщины;

h_p – запас раздвижности на разгрузку стоек, мм.

При применении индивидуальной крепи запас на разгрузку крепи составляет при мощности пласта $m \leq 0,70$ м – 30 мм; $m = 0,71–1,0$ м – 40 мм и $m > 1,01$ м – 50 мм.

Принятый типоразмер призабойных стоек должен соответствовать условию:

$$H_{\max} \geq m_{\max} - h_B - h_{л} - h_3, \text{ мм.} \quad (2.12)$$

Выбор типоразмера посадочных стоек производится с помощью формул:

$$H_{\min} \leq m_{\min} (1 - \alpha_{\max} l_{\max}^T) - h_p - h_{л}, \text{ мм; } (H_{\max} \geq m_{\max}), \quad (2.13)$$

где l_{\max}^T – максимальное расстояние от забоя до посадочных стоек (перед передвижкой), м.

Если ни один типоразмер стоек не может обеспечить реальные колебания мощности пласта, то на основе технико-экономического обоснования для отдельных участков выемочного поля следует решить вопрос о том, какие из возможных мероприятий (применение сменной насадки, замена типоразмера крепи, присечка боковых пород или оставление угольной пачки) наиболее выгодны в конкретных условиях.

Для облегчения выбора типоразмера стоек индивидуальной крепи следует пользоваться специальными графиками, приведёнными в «Единой инструкции по эксплуатации индивидуальных металлических крепей очистных забоев» (Донецк, ДонУГИ, 1989).

При выборе типа индивидуальной крепи для очистной выработки в первую очередь должен рассматриваться вариант применения комплекта гидравлических стоек с металлическими верхняками и гидравлической посадочной крепью «Спутник» (КП) или СПГ при струговой выемке.

Ограничением для применения гидравлических стоек служит применение буровзрывного способа выемки угля и наличие агрессивных вод.

Если применение стоек повышенного сопротивления не позволяет увеличить шаг установки крепи из-за низкой устойчивости кровли, то целесообразно применять стойки трения с меньшим рабочим сопротивлением или гидростойки с настройкой предохранительного клапана на 200 кН.

Призабойные стойки могут использоваться в качестве элементов специальной крепи (в органке, в кустах). Применение посадочных стоек ОКУМ должно предусматриваться в случае невозможности применения по каким-либо причинам гидравлических посадочных и призабойных стоек. Область применения стоек ОКУМ определяется их технической характеристикой.

При применении индивидуальных призабойных и посадочных крепей в условиях, не соответствующих их технической характеристике (по углу падения пласта, устойчивости и обрушаемости пород и т. д.), паспортом должны быть предусмотрены мероприятия, направленные на нейтрализацию негативных усилий эксплуатации крепи, согласованные с ШахтНИУИ.

Выбор типа металлического верхняка производится в зависимости от рабочего сопротивления стойки, устойчивости кровли и вида выбранного типового паспорта.

Выбор типоразмера металлического верхняка определяется глубиной захвата выемочной машины или шагом передвижки крепи.

При глубине захвата 0,4; 0,8 м и линейной схеме расстановки крепи принимается 1-й типоразмер верхняка, длиной 0,8 м.

При глубине захвата 0,5; 1,0 м и линейной схеме расстановки крепи применяется 2-й типоразмер верхняка.

При глубине захвата 0,5 или 0,63 м и треугольной схеме расстановки крепи с шагом 1,0 или 1,26 м принимается соответственно 2-й или 3-й типоразмер верхняков.

Наиболее эффективно применение шарнирных металлических верхняков типа ВВ-30 и ВР по замкнутой схеме, что позволяет быстро подхватывать обнажённую кровлю консольными верхняками и отказаться от применения временной крепи.

При неровной (ступенчатой) кровле следует предусмотреть обязательное применение деревянных подкладок, а при неустойчивой кровле – затяжки. В горно-геологических условиях, исключающих эффективное применение металлических верхняков по замкнутой схеме, металлические стойки следует устанавливать под деревянные верхняки, в породах средней устойчивости и устойчивых может применяться разомкнутая схема установки металлических верхняков. С деревянными верхняками должны устанавливаться стойки, имеющие верхнюю опору под деревянный верхняк. При креплении лавы металлостойками под деревянные верхняки на пластах мощностью более 0,9 м при узкозахватной комбайновой выемке и более 0,7 м при струговой выемке для поддержания кровли над конвейером в качестве временной крепи должны устанавливаться в каждой рамке стойки с металлическими верхняками. При устойчивой кровле и кровле средней устойчивости допускается установка стоек временной крепи с металлическими верхняками через рамку.

Гидростойки крепи усиления органного ряда должны устанавливаться под деревянные подлапки (отрезки распила или бруса) или под специальные верхние металлические уширенные опоры.

При креплении лавы стойки призабойной и посадочной крепи должны устанавливаться на очищенную от породы и штыба почву, примерно перпендикулярно плоскости напластования (отклонение не должно превышать 3°).

2.3.3. Выбор шага расстановки крепи

Шаг установки секций мехкрепи $a_{\text{мех}}$ вдоль забоя проверяется на соответствие устойчивому пролёту нижнего слоя непосредственной кровли $a_{\text{ус}}$: $a_{\text{мех}} \leq a_{\text{ус}}$.

$$a_{\text{ус}} = 1,6B + \Gamma, \text{ м}, \quad (2.14)$$

где B – мощность нижнего слоя кровли, м;

Γ – расстояние между трещинами в данном слое кровли, м.

Значения B и Γ принимаются минимальными в выемочном поле.

Если $a_{\text{мех}} > a_{\text{ус}}$, то должно выполняться одно из следующих условий:

- секции мехкрепи должны передвигаться по «заряженной» схеме с остаточным подпором не менее $2,0\text{--}2,5 \text{ кН/м}^2$;

- должна применяться затяжка кровли рулонными материалами (сеткой, стеклопластиками и т. д.) или деревянными распилами;

- неустойчивый слой должен присекаться при работе комбайна.

При применении индивидуальной крепи шаг её расстановки $a_{\text{ин}}$ определяется по выражению:

$$a_{\text{ин}} \leq 3,2B + \Gamma, \text{ м}, \quad (2.15)$$

При индивидуальной крепи минимальное расстояние между рамками в направлении, поперечном линии забоя, для свободного перемещения обслуживающего персонала не должно быть менее $0,8 \text{ м}$. Если по расчёту $a_{\text{ин}} < 0,8 \text{ м}$, то при применении индивидуальной крепи необходимо предусматривать или присечку слабоустойчивого слоя кровли, или применение затяжки кровли. Во всех случаях следует принимать $0,8 \leq a_{\text{ин}} \leq 1,2 \text{ м}$.

Шаг установки крепи в направлении подвигания забоя b принимается равным или кратным величине захвата комбайна. При струговой выемке $b = 0,8\text{--}1,0 \text{ м}$.

На основе полученных значений a и b разрабатываются схемы расположения призабойных стоек при минимальной и максимальной ширине рабочего пространства с учётом размещения очистного и транспортного оборудования.

Расположение посадочных крепей «Спутник» (КП) и СПГ определяется их конструктивными параметрами.

При применении посадочных стоек ОКУМ их размещение определяется удобством и безопасностью передвижки.

Посадочные стойки могут располагаться как в створе с индивидуальными стойками, так и на некотором расстоянии от них (0,2–0,4 м) в сторону выработанного пространства. При узкозахватной выемке наиболее целесообразно располагать стойки ОКУМ в два ряда в шахматном порядке, так как при этом не только сокращается трудоёмкость работ, но и существенно снижаются смещения кровли и уменьшается вывалообразование.

При слабых почвах или при подсыпке посадочных стоек разрушенной породой из выработанного пространства допускается однорядное расположение стоек.

Плотность посадочных стоек определяется из выражения:

$$q_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{кр}} - nP_{\text{с}}}{P_{\text{п}}}, \text{ стоек/м,} \quad (2.16)$$

где $P_{\text{с}}$ – сопротивление призабойной стойки, кН;

$P_{\text{п}}$ – рабочее сопротивление посадочной стойки, кН;

a – расстояние между рядами крепи вдоль забоя, м;

n – количество рядов крепи в рабочем пространстве при максимальной его ширине.

При применении индивидуальной крепи постоянного сопротивления необходимо принимать проектное сопротивление призабойных и посадочных стоек равным их рабочему сопротивлению. При стойках нарастающего сопротивления (деревянных или ОКУМ) необходимо проектное сопротивление принимать 60 % от максимального рабочего сопротивления.

В зависимости от необходимой плотности посадочных стоек их можно размещать в каждом промежутке между рамками.

Если расчётное сопротивление посадочных стоек составляет менее 600 кН на погонный метр длины лавы, то целесообразно отказаться от применения посадочных стоек ОКУМ, заменяя их необходимым количеством призабойных стоек, устанавливаемых в посадочном ряду в промежутках между рамками под подлапок (в органке, кустах).

2.4. Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов

Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов на выемочных участках должно производиться в следующих случаях:

- когда паспортное сопротивление крепи $Q_{п}$ меньше расчётного сопротивления крепи $Q_{кр}$, а применение способов частичного обрушения, частичной или полной закладки технически или экономически нецелесообразно;

- когда, несмотря на выполнение условия $Q_{п} > Q_{кр}$ при отработке угольных пластов с применением способа полного обрушения на соседних выемочных участках с прочими аналогичными условиями наблюдались: воздушные удары при первых и последующих осадках кровли, интенсивное вывалообразование в периоды осадок кровли, обыгрывание крепи или разрушение отдельных её элементов, а также резкое снижение ресурса крепи.

Разупрочнение – это заблаговременное создание в толще основной труднообрушающейся кровли зон искусственной трещиноватости, обеспечивающих разрушение (излом) кровли при пролётах, значительно меньших, чем шаг естественных осадок или интенсивное разрыхление нижних слоёв кровли, способствующее переводу вышележащих труднообрушающихся слоёв в режим плавных прогибов.

В настоящее время на шахтах разрешено применять пять способов разупрочнения кровель [1], [2]: передовое торпедирование, гидромикроторпедирование, принудительное обрушение кровли путём взрывания шпуровых зарядов и взрывогидрообработку.

2.4.1. Передовое торпедирование

Сущность передового торпедирования заключается в ослаблении впереди очистного забоя. Разупрочнение происходит за счёт образования трещин в результате взрыва зарядов ВВ в несколько сот килограммов и их развития под действием напряжений в зоне опорного давления по мере подвигания очистного забоя.

В результате разупрочнения труднообрушающиеся породы разрушаются на блоки меньших размеров, и, как следствие, снижается интенсивность осадок кровли и величины внешних активных нагрузок на крепь очистного забоя и подготовительных выработок.

Данный способ может применяться практически при любой мощности и прочности труднообрушающихся пород, в том числе при отсутствии ясно выраженной слоистости и ослабленных межслоевых контактов, при всех категориях шахт по газу и пыли, для смягчения интенсивности как первичной, так и последующих осадок кровли.

Данный способ в условиях Восточного Донбасса является, как правило, более эффективным, экономичным и менее трудоёмким по сравнению с гидромикроторпедированием, взрывогидрообработкой и способом принудительного обрушения кровли взрыванием шпуровых зарядов.

Однако ему присущи некоторые недостатки.

Передовое торпедирование недостаточно эффективно при залегании непосредственно над пластом наиболее прочного несущего слоя труднообрушающихся пород мощностью менее 4–5 м, так как нижний торец заряда должен располагаться на удалении не менее 4–5 м от пласта.

Способ запрещается применять в зонах с раскрытыми трещинами и перемятыми породами.

При наличии под труднообрушающимися породами неустойчивых легкообрушающихся пород непосредственной кровли мощностью до 2 м применение способов передового торпедирования малоэффективно из-за

значительного увеличения вывалообразования при проходе лавы под скважиной. Передовое торпедирование на шахтах, опасных по газу и пыли, разрешается применять только при столбовой системе разработки угольных пластов. Взрывание скважинных зарядов в шахтах, опасных по газу и пыли, разрешается проводить только в выработках, проветриваемых за счёт общешахтной струи и массой не более 300 кг.

При шаге естественных вторичных осадок кровли менее 15 м и применении передового торпедирования кровли в длинных очистных забоях, как правило, приходится ограничивать подвигание очистных забоев из-за большого объёма буровых и взрывных работ.

2.4.2. Гидромикроторпедирование

Способ гидромикроторпедирования является комбинированным способом, сочетающим элементы передового торпедирования и гидрообработки. Разупрочнение пород гидромикроторпедированием включает:

- бурение и герметизацию длинных скважин;
- монтаж высоконапорного оборудования;
- предварительное низконапорное увлажнение под давлением до 2 МПа породного массива в течение 3–5 суток;

- изготовление торпед, их установку в местах ослабленных контактов нагнетание воды до давления 3–5 МПа и взрывание торпед с весом ВВ до 10 кг, позволяющих кратковременно создать в скважинах давление воды до 20–25 МПа, за счёт чего осуществляется начальное раскрытие слабых контактов;

- последующую гидрообработку кровли в режиме гидроразрыва пород.

Способ гидромикроторпедирования можно использовать при любой мощности и прочности труднообрушающихся пород, но в тех случаях, когда имеются ясно выраженная слоистость и ослабленные массивные контакты, при этом необходимым условием является наличие точных сведений о

расположении ослабленных контактов, на уровне которых должны устанавливаться торпедозаряды.

Способ может применяться на шахтах любой категории по газу и пыли.

Достоинством способа является минимальный сейсмический эффект и повышенная по сравнению со способом передового торпедирования безопасность его применения в газовых шахтах на выбросопасных и удароопасных пластах.

К числу недостатков гидромикроторпедирования следует отнести:

- необходимость точного прогноза положения ослабленных контактов;
- низкую эффективность способа при отсутствии ясно выраженной слоистости и ослабленных межслоевых контактов;
- очень низкую эффективность при залегании непосредственно над пластом наиболее прочного несущего слоя труднообрушаемых пород мощностью до 5 м;
- способ запрещается применять в зонах с раскрытыми трещинами и перемятыми породами;
- при шаге естественных вторичных осадок кровли менее 15–20 м применение гидромикроторпедирования сдерживает подвигание очистных забоев;
- в условиях прочных пород на глубоких горизонтах шахт Восточного Донбасса давление гидроразрыва достигает 20–40 МПа и более, что требует применения дорогой и крайне дефицитной высоконапорной арматуры и насосов.

В связи с указанными недостатками в настоящее время на шахтах Восточного Донбасса данный способ не применяется.

2.4.3. Принудительное обрушение кровли взрыванием скважинных зарядов над выработанным пространством

Сущность способа заключается в том, что при минимальной безопасной площади обнажения кровли задолго до естественной первичной

осадки, взрывом зарядов ВВ в длинных скважинах, пробуренных вблизи целика, параллельно линии очистного забоя осуществляется обрушение пород над выработанным пространством. Кровля после взрыва по мере дальнейшего подвигания лавы разделяется на слои, которые затем обрушаются при меньшем по сравнению с естественным шагом первого обрушения завесаний, что исключает воздушные удары и формирование больших активных нагрузок на крепи.

В связи с тем, что взрывные работы ведутся в этом случае над выработанным пространством, данный способ наиболее эффективно разупрочняет труднообрушающиеся породы. Однако его разрешается применять только на шахтах, не опасных по газу и пыли.

Данный способ наиболее эффективно применять в тех случаях, когда интенсивные воздушные удары, активные нагрузки на крепь и вывалы пород непосредственной кровли наблюдаются только при первичных осадках кровли. Способ запрещается применять для смягчения последующих осадок кровли.

2.4.4. Принудительное обрушение кровли взрыванием шпуровых зарядов

Сущность способа заключается в разупрочнении с помощью взрывания шпуровых зарядов ВВ слоя пород мощностью, равной 2–3 вынимаемых мощностей пласта, залегающего непосредственно над ним. Обрушение и разрыхление нижнего слоя труднообрушающейся кровли уменьшает вероятность воздушных ударов, формирования больших активных нагрузок на крепь и вывалообразования кровли. По существу этот способ близок к способу управления кровлей частичным обрушением. Наиболее эффективно применяется при залегании над пластом труднообрушающихся пород кровли, мощностью до 3-4 вынимаемых мощностей пласта, которые

поддаются бурению ручным и колонковыми свёрлами, а также перфораторами. Способ может применяться как до первичной осадки кровли, так и для ликвидации зависания над крепью консолей пород выше предела, установленного паспортом крепления и управления кровлей в лаве.

Способ допускается к применению ан шахтах любой категории по газу и пыли.

Основные достоинства способа:

- возможность эффективного разупрочнения труднообрушаемой кровли в условиях, когда другие способы малоэффективны;
- возможность оперативно реагировать на опасные зависания пород кровли в выработанном пространстве;
- отсутствие необходимости в специальных бурильных станках.

Недостатки способа:

- высокая трудоёмкость работ по бурению и взрыванию шпуров;
- недостаточная эффективность способа в тех случаях, когда разрыхление взрывом породы не устраняют полностью осадок вышележащих слоёв кровли;
- несмотря на применение предохранительных ВВ IV и V классов и детонаторов с временем замедления до 195 мс, на газовых шахтах данный способ менее безопасен, чем другие способы разупрочнения, так как там взрыв ВВ происходит в скважине, заполненной полностью или частично водой или пламягасящим составом.

2.4.5. Взрывогидробработка

Сущность способа заключается в предварительном создании трещиноватости в массиве труднообрушающихся монолитных пород кровли взрыванием скважинного заряда ВВ небольшого диаметра (36–38 мм) и массы (35–50 кг) и последующего увлажнения разрыхлённых слоёв в течение 5–6 часов от шахтного противопожарного става с напором 0,5–1,5 МПа. Под

воздействием взрыва и увлажнения породы вокруг скважины становятся легкообрушаемыми.

Способ взрывогидрообработки может применяться только при труднообрушаемых монолитных слоях пород прочностью на сжатие не более 50–60 МПа как до первичной, так и при последующих осадках кровли.

Способ может применяться на шахтах, опасных по газу и пыли всех категорий.

Основной недостаток способа – малая эффективность разупрочнения, в результате чего расстояние между скважинами на практике принимается равным 4–5 м, что приводит к значительному увеличению трудоёмкости работ по разупрочнению. В условиях Восточного Донбасса данный способ не рекомендуется.

2.4.6. Выбор способа разупрочнения

Для выбора способа разупрочнения труднообрушающихся кровель угольных пластов и его параметров необходимо в соответствии с разделом 1 определить тип пород основной кровли по обрушаемости, ожидаемый шаг первичных и последующих осадок слоёв кровли, наличие, положение и тип слабых контактов, очерёдность и мощность выделяющихся слоёв основной кровли, наличие неустойчивых и легкообрушающихся слоёв основной кровли, их мощность, вынимаемую мощность пласта, категорию шахты по газу и пыли, применяемую в выемочном поле систему разработки, наличие необходимого оборудования и специалистов по применению способов разупрочнения и др.

При выборе способа разупрочнения следует руководствоваться следующими основными положениями.

1. При залегании труднообрушающихся пород непосредственно над угольным пластом и мощности менее 4–5 м необходимо производит принудительное обрушение кровли взрыванием шпуровых зарядов.

Применение других способов разупрочнения в данных условиях неэффективно.

При принудительном обрушении кровли до её первичной осадки принимаются следующие параметры заложения шпуров:

- расстояние от целика до первого ряда шпуров принимается 2–3 м;
- расстояние от целика до второго ряда шпуров принимается равным примерно половине величины естественного первого предельного пролёта кровли; если обрушение нижних слоёв кровли при этом не произошло, то следует через 1–2 цикла заложить ещё один-два ряда шпуров. Дальнейшее заложение рядов шпуров производить через 5–6 м, до осадки кровли;
- расстояние между шпурами в ряду принимать равным 2 м;
- угол возвышения шпуров – 60–65°;
- длина шпуров не менее 2–3-кратной величины вынимаемой мощности пласта, но не менее 2,0 м;
- диаметр шпуров – 42–50 мм.

Технология бурения шпуров, зарядания, мероприятия по обеспечению безопасности работ изложены в [1].

Принудительное обрушение кровли взрыванием шпуровых зарядов производится по паспорту, разработанному шахтой, утверждённому главным инженером шахты и согласованному с ШахтНИУИ.

2. В тех случаях, когда интенсивные воздушные удары, активные нагрузки на крепь и вывалы пород непосредственной кровли наблюдаются только при первичных осадках кровли на не опасных по газу и пыли шахтах, наиболее целесообразно применение принудительной первичной посадки труднообрушаемой кровли взрыванием скважинных зарядов над выработанным пространством.

Рекомендуется применять следующие параметры заложения скважин:

- скважины бурятся примерно параллельно забою лавы;
- количество скважин в вертикальной плоскости, пробуренных с одного штрека: для пород с прочностью при сжатии до 80 МПа – одна

(однорусная система), для пород с прочностью при сжатии более 80 МПа – две (двухъярусная схема);

- при длине очистного забоя до 120 м следует применять одностороннюю схему расположения скважин, при большей длине – двухстороннюю;

- расстояние от целика до оси скважин следует принимать равным примерно 10 м;

- при односторонней схеме расположения скважин длину их следует принимать такой, чтобы расстояние от проекции верхнего торца заряда на пласт до подготовительной выработки, в сторону которой пробурена скважина, было не менее 10 м;

- при двухсторонней схеме расположения скважин длину их необходимо принимать такой, чтобы расстояние между забоями встречных скважин было равно 5–10 м;

- взрывание скважины следует производить на расстоянии от крепи не менее 10 м;

- диаметр скважины следует принимать на 25 мм больше диаметра заряда;

- длина забоя должна составлять не менее 15 м;

- длина заряда определяется проектом.

Технология бурения, заряжания скважины, мероприятия по безопасности работ приведены в [1], [2].

Работы по принудительному обрушению кровли ведутся по проекту, разработанному шахтой, утверждённому главным инженером шахты, согласованному с ШахтНИУИ и территориальным управлением Ростехнадзора.

3. Во всех случаях, за исключением указанных в пунктах 1 и 2, в том числе при отсутствии ясно выраженной слоистости и ослабленных межслоевых контактов, при всех категориях шахт по газу и пыли, за исключением лав, работающих по сплошной системе разработки на пластах, опасных по газу и

пыли, следует применять передовое торпедирование труднообрушающейся кровли.

Рекомендуется применять следующие параметры заложения скважин и зарядов при передовом торпедировании кровли:

- для смягчения первичных осадок основной кровли следует применять следующие схемы заложения скважин:

а) при прочности пород до 80 МПа – одноярусные перпендикулярные схемы с бурением скважин из разрезной печи при мощности пластов более 1,6 м; и одноярусные, параллельные и диагональные схемы с бурением скважин из штреков;

б) при прочности пород свыше 80 МПа – двухъярусные параллельные и диагональные схемы с бурением скважин из штреков и двухъярусная перпендикулярная схема с бурением скважин из разрезной печи (при $m > 1,6$ м);

- для смягчения вторичных осадок кровли следует применять следующие схемы заложения скважин:

а) в породах прочностью до 80 МПа – двухъярусные диагональные схемы и одноярусные диагональные схемы;

- при длине очистного забоя до 120 м следует применять односторонние схемы расположения скважин, а при длине забоя более 120 м – двухсторонние;

- высота заложения нижнего торца заряда для первых и последующих осадок кровли:

а) при залегании непосредственно над угольным пластом пород с прочностью до 80 МПа высоту заложения нижнего торца следует принимать:

$$h_{н.т} = (5-6)r_T, \text{ но не менее } 6-8 \text{ м,}$$

где r_T – радиус зоны трещинообразования, определяемый согласно [1];

б) при прочности пород более 80 МПа:

$$h_{н.т} = (3-4)r_T \text{ но не менее } 4-5 \text{ м;}$$

в) при наличии под труднообрушающимися породами легкообрушающихся мощностью $h_{л.о}$ более 2 м следует принимать:

$$h_{н.т} = 6-8 \text{ м, а при мощности до 2 м} - h_{н.т} = (4...5) + h_{л.о}, \text{ м;}$$

- высота заложения верхнего торца заряда $h_{в.т}$ принимается в зависимости от вынимаемой мощности пласта, исходя из следующих условий:

$$\text{при } m \leq 1,5 \text{ м} \quad 10 \leq h_{в.т}/m_B \leq 15;$$

$$\text{при } m > 1,5 \text{ м} \quad 6 \leq h_{в.т}/m_B \leq 10;$$

$$\text{для первой осадки кровли } h_{в.т} \leq 15 \text{ м;}$$

- расстояние между скважинами (по нормали к ним) L_T принимается по формуле:

$$L_T = \frac{Q_{п} - \gamma_n m_n \left(R + C + \frac{m_n}{2 \operatorname{tg} \varphi} \right)}{0,5 k_o \left[1 - \frac{0,8 m_n (k_p - 1)}{m_B} \right] \gamma_o h_o}, \text{ м.} \quad (2.17)$$

Если расчётная величина L_T окажется менее 12 м, следует принимать расстояние между скважинами 12–14 м или применять способ разупрочнения кровли взрыванием шпуровых зарядов или использовать способ управления кровлей частичным обрушением или закладкой;

- угол разворота скважин при диагональной схеме их расположения (угол между подготовительной выработкой и проекцией скважины на плоскость напластования) выбирается таким образом, чтобы угол между проекцией скважины и простиранием основной системы естественной трещиноватости находился в пределах 50–80°;

- длина скважин при односторонней схеме должна приниматься такой, чтобы расстояние от проекции верхнего торца заряда на пласт до подготовительной выработки, в сторону которой пробурена скважина, было не более 10 м, при двухсторонней схеме длина скважины должна быть такой, чтобы расстояние между торцами зарядов встречных скважин было 5–10 м;

при перпендикулярной схеме расположения скважин, применяемой для разупрочнения кровли до первой посадки, длину скважин принимать:

$$L_{\text{скв}} \geq \frac{1,1L_1}{\cos\theta}, \text{ м}, \quad (2.18)$$

где L_1 – величина первого предельного пролёта кровли, м;

θ – угол возвышения скважины над пластом, градус;

- длину скважины второго яруса принимать такой, чтобы проекция её верхнего торца заряда совпадала с проекцией нижнего торца заряда скважины первого яруса;

- диаметр скважин должен быть на 25 мм больше диаметра торпедозаряда (монозаряда);

- масса заряда на 1 м длины скважины рекомендуется при кровле прочностью менее 80 МПа – 3–3,5 кг, более 80 МПа – 4–4,5 кг;

- длина забойки должна составлять не менее 30 % длины скважины.

Конструкции торпед, торпедозарядов и монозарядов, технология бурения и заряжения скважин, а также мероприятия по безопасному ведению работ изложены в [1], [2].

Работы по передовому торпедированию кровли ведутся по проекту, разработанному шахтой, согласованному с бассейновым НИИ и утверждённому техническим директором производственного объединения.

Проект, предусматривающий одновременное взрывание двух или более линий торпедирования из одной выработки шахты, опасной по взрыву газа и пыли, дополнительно согласовывается с территориальным управлением Ростехнадзора.

Содержание проекта должно отвечать требованиям Инструкции [1].

2.5. Предотвращение вывалообразования в очистных забоях

Предотвращение вывалообразования в очистных забоях должно достигаться в основном за счёт правильного выбора способа управления кровлей (см. п. 2.2), крепи (см. п. 2.3) и технологии очистных работ.

Выбранная технология работ должна обеспечивать не превышение граничных величин времени и площади обнажения для каждого типа кровли, приводимых в графе 2 «Технологические признаки» табл. 1.3.

Для упрощения оценки соответствия технологии работ прогнозируемой устойчивости пород кровли можно сравнить технологическую характеристику кровли

$$T = S \cdot t, \text{ м}^2 \cdot \text{ч}, \quad (2.19)$$

с той величиной произведения $S_1 \cdot t_1$, которая обеспечивается при принятой технологии очистных работ,

где S и t – допустимые величины площади и времени обнажения для каждого типа кровли по устойчивости;

$S = l' \cdot b'$, где l' – размер устойчивого обнажения кровли по длине лавы, м; $b' = 0,8–1,2$ м – ширина незакреплённого пространства у забоя. Значения величин l' и t для каждого типа кровли приведены в табл. 1.3.

Необходимая величина обнажения кровли по площади и времени обеспечивается правильным выбором: схемы выемки угля в лаве, схемы установки и передвижки крепи, величины отставания процесса крепления (передвижки мехкрепи) от процесса выемки угля, типа консоли мехкрепи.

При устойчивой кровле (тип В₅) допускается работа комбайнов при выемке угля по односторонней или уступной схеме с отставанием задвижки крепи по всей лаве на ширину захвата комбайна, в струговых лавах допускается вести работы по креплению после выемки угля на полный ход домкратов передвижки. Жёсткие требования к схеме расстановки и передвижки крепи, типу консоли мехкрепи, начальному распору мехкрепи при устойчивой кровле отсутствуют.

При залегании в кровле пласта пород средней устойчивости и менее устойчивых ограничения на применение различных вариантов технологии очистных работ возрастают, ужесточаются требования к величине площади и величине обнажения кровли. При весьма неустойчивых породах кровли рекомендуется их присечка или оставление защитной пачки угля.

Требования к технологии очистных работ при залегании над пластом пород различной устойчивости приведены в графе 2 табл. 2.2.

В связи с изменчивостью устойчивости пород кровли в пределах выемочного участка правильный выбор технологии очистных работ не гарантирует предотвращение вывалообразования на весь период отработки выемочного столба.

Наличие зон кровли более низкой степени устойчивости, чем на большей части выемочного участка, может быть обусловлено действием различных факторов. Внезапное снижение устойчивости пород кровли и начало вывалообразования в призабойном пространстве может происходить при входе лавы в зону повышенной трещиноватости пород у геологического нарушения в зону повышенной опасности (ЗПО) по горному давлению от целиков и краевых частей смежных пластов, при замещении пород в кровле пласта, при изменении мощности нижних слоёв кровли.

Наличие и расположение перечисленных зон возможного вывалообразования должно прогнозироваться при подготовке паспорта выемочного участка. Мероприятия по работе лав в этих зонах без обрушений пород непосредственной кровли должны быть приведены в паспорте.

Для обеспечения поддержания непосредственной кровли в зонах возможного вывалообразования применяются различные специальные способы, требующие использования дополнительного оборудования, материалов и трудозатрат.

К специальным способам предотвращения обрушений пород кровли в очистных забоях относятся: установка опережающей штанговой крепи, устройство опережающих ниш, установка анкеров с точечным и сплошным закреплением, нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпурсы.

Таблица 2.2

Тип кровли	Рекомендуемая (допустимая) технология очистных работ	Рекомендуемые специальные способы предотвращения вывалообразования на отдельных
------------	--	---

		участках выемочного столба
1	2	3
Б ₁ Весьма неустойчивая	Выемка весьма неустойчивых пород кровли. Оставление защитной угольной пачки	Нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпурь только в зонах тектонических нарушений
Б ₂ Неустойчивая	Выемка угля с затяжкой кровли по челноковой схеме узкозахватными комбайнами с уменьшенной шириной захвата; применение механизированных комплексов с увеличенным коэффициентом затяжки кровли (0,9 и более), поджимной консолью, секциями передвигаемыми остаточным подпором и высоким начальным распором. Струговая выемка не рекомендуется. При широкозахватной выемке комбайном «Кировец-2К» крепь должна возводиться сразу за комбайном	В комплексно-механизированных лавах нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпурь. В лавах с индивидуальной крепью то же с затяжкой кровли, а также установка опережающей штанговой крепи или устройство опережающих ниш с затяжкой кровли
Б ₃ Малоустойчивая	Комбайновая выемка по челноковой схеме или по односторонней с задвижкой секций за комбайном. Струговая выемка диагональным забоем. Применение мехкрепей с увеличенным коэффициентом затяжки кровли (0,9 и более), поджимной консолью, выдвигаемыми верхняками, секциями, передвигаемыми с остаточным распором	Установка опережающей штанговой крепи, устройство опережающих ниш, установка анкеров со сплошным закреплением, в том числе химическим
Б ₄ Средней устойчивости	Комбайновая выемка заходами, струговая – участками или с укороченным шагом передвижки мехкрепи	Установка опережающей штанговой крепи, устройство опережающих ниш, установка анкеров со сплошным закреплением, в том числе химическим

Продолжение табл. 2.2

Тип кровли	Рекомендуемая (допустимая) технология очистных работ	Рекомендуемые специальные способы предотвращения
------------	--	--

		вывалообразования на отдельных участках выемочного столба
1	2	3
Б ₅ Устойчивая	Комбайновая выемка по односторонней или уступной схеме с отставанием задвижки крепи по всей лаве на ширину захвата комбайна. Струговая выемка с креплением лавы после подвигания забоя на полный ход домкратов передвижки	

2.5.1. Устройство опережающей штанговой крепи

Опережающая штанговая крепь устанавливается следующим образом. В пробуренный на контакте уголь–порода под углом 4–6° к плоскости пласта шпур глубиной на 0,3–0,4 м (величина неснижаемого опережения больше ширины двух полос выемки угля в лаве) вставляется металлическая штанга и продвигается по шпуру до упора. Другой конец штанги укладывается на брус, лежащий параллельно забою лавы на консолях не менее двух секций крепи. (рис. 2.1). После этого производится распор секции, что обеспечивает прижатие штанги к кровле. При установке опережающей штанговой крепи в зонах обрушений для обеспечения возможности работы крепи на штангах выкладываются деревянные костры (рис. 2.2). После выемки угля и задвижки конвейера две секции крепи, на которых лежит один деревянный брус, должны разгружаться и передвигаться по очереди. При этом во время разгрузки и передвижки одной секции деревянный брус, а значит, и штанги, прижаты к кровле другой секцией крепи.

После выемки двух полос угля производится бурение шпуров и установка штанг в промежутках между установленными ранее штангами. При этом, с целью обеспечения постоянного прижатия штанг к кровле, деревянные брусья следует располагать в шахматном порядке (см. рис. 2.1).

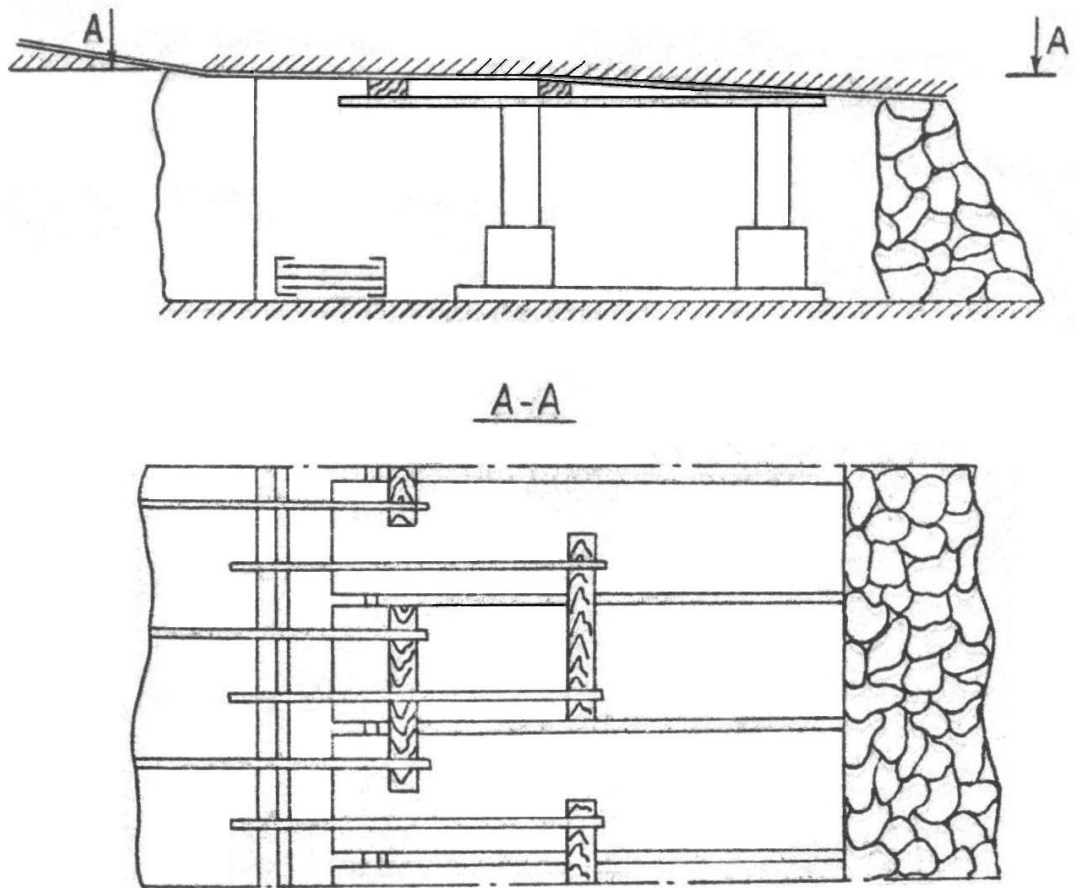


Рис. 2.1. Схема установки опережающей штанговой крепи

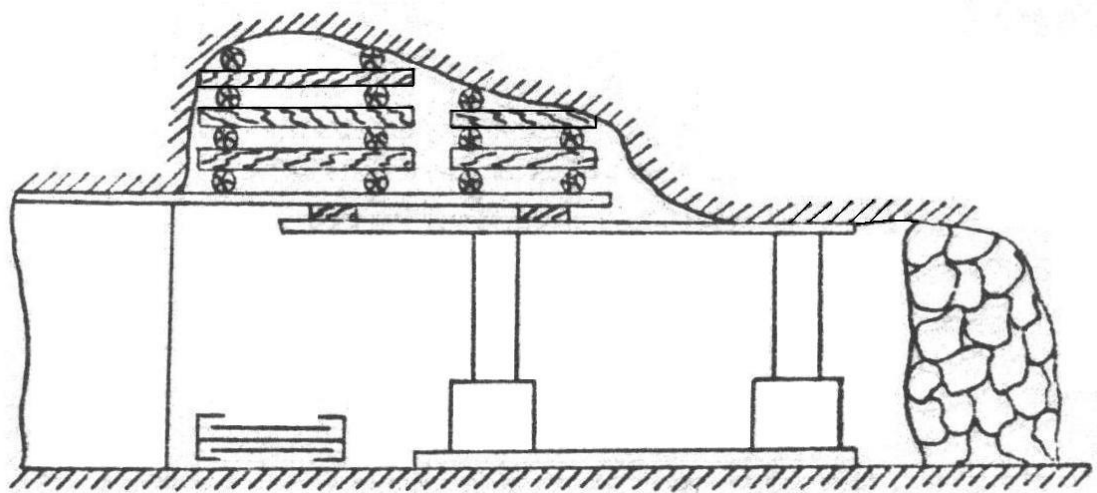


Рис. 2.2. Схема установки опережающей штанговой крепи при наличии вывалов в лаве

Длина деревянных брусьев должна быть не менее 1,5 шага установки секций крепи, длина штанг – не менее 2,5–3,0 м. В качестве штанг могут использоваться металлические стержни из арматурной буровой и другой подобной стали диаметром 30–36 мм. Расстояние между штангами, расположенными на перекрытии секции крепи, может быть равно половине ширины этого перекрытия, но не должно быть более среднего расстояния (h) между трещинами в породах кровли или среднего размера блока пород кровли.

Аналогично вышеописанному производится установка опережающей штанговой крепи в лавах, закреплённых индивидуальной крепью. При этом свободные концы штанг подхватываются стойками индивидуальной крепи.

2.5.2. Устройство опережающих ниш

Проходка опережающих ниш осуществляется, как правило, с помощью отбойных молотков. Глубина ниш должна быть не менее двух полос выемки угля. В нишах устанавливается опережающая крепь, состоящая из гидравлических или деревянных стоек и деревянного верхняка. Опережающая крепь может состоять также из брусьев, укладываемых на перекрытии секций под определённым углом таким образом, чтобы один брус лежал на трёх секциях, и распилов, выполняющих роль затяжки (рис. 2.3). Брусья перекрытиями секций прижимаются к кровле.

2.5.3. Установка анкеров с точечным и сплошным закреплением

Для укрепления пород кровли в лаве могут применяться анкера с закреплением различными составами и растворами, винтовые и трубчатые анкера, распорные и клинощелевые.

Анкеры устанавливаются в пробуренные в зоне вывалообразования шпурсы, расстояние между которыми обычно принимается равным шагу установки секций мехкрепи или расстоянию между рамками индивидуальной крепи. В зависимости от мощности обрушающихся в призабойное

пространство пород схема установки анкеров может быть одно- и двухрядной.

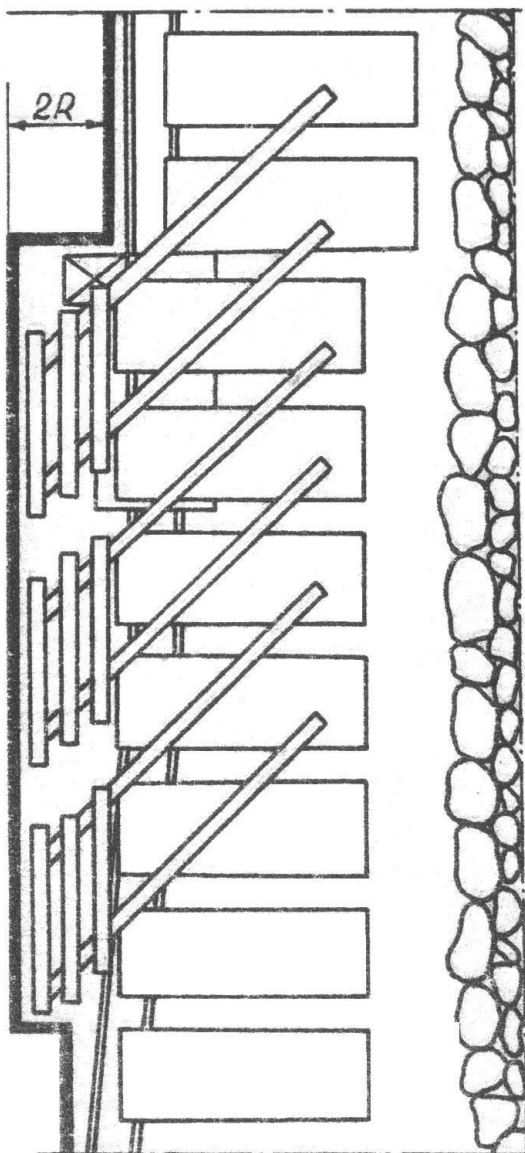


Рис. 2.3. Схема установки крепи в опережающей нише при механизированной крепи: R – ширина захвата

Угол установки анкеров верхнего ряда составляет $45\text{--}60^\circ$, нижнего ряда – $10\text{--}30^\circ$. При использовании анкеров с точечным закреплением и залегании над упрочняемым слоем более прочных слоёв пород длина и угол наклона анкеров верхнего ряда должны выбираться таким образом, чтобы они могли быть закреплены в вышележащих прочных породах. Двухрядная схема установки анкеров рекомендуется при мощности обрушающихся

пород более 0,8 м. При применении двухрядной схемы анкеры устанавливаются вразбежку и соединяются стяжками (рис. 2.4). В качестве стяжек используются распилы, отрезки круглозвенной цепи и т. п. Более подробно вопросы организации работ, обеспечения безопасности изложены в Методическом руководстве [8].

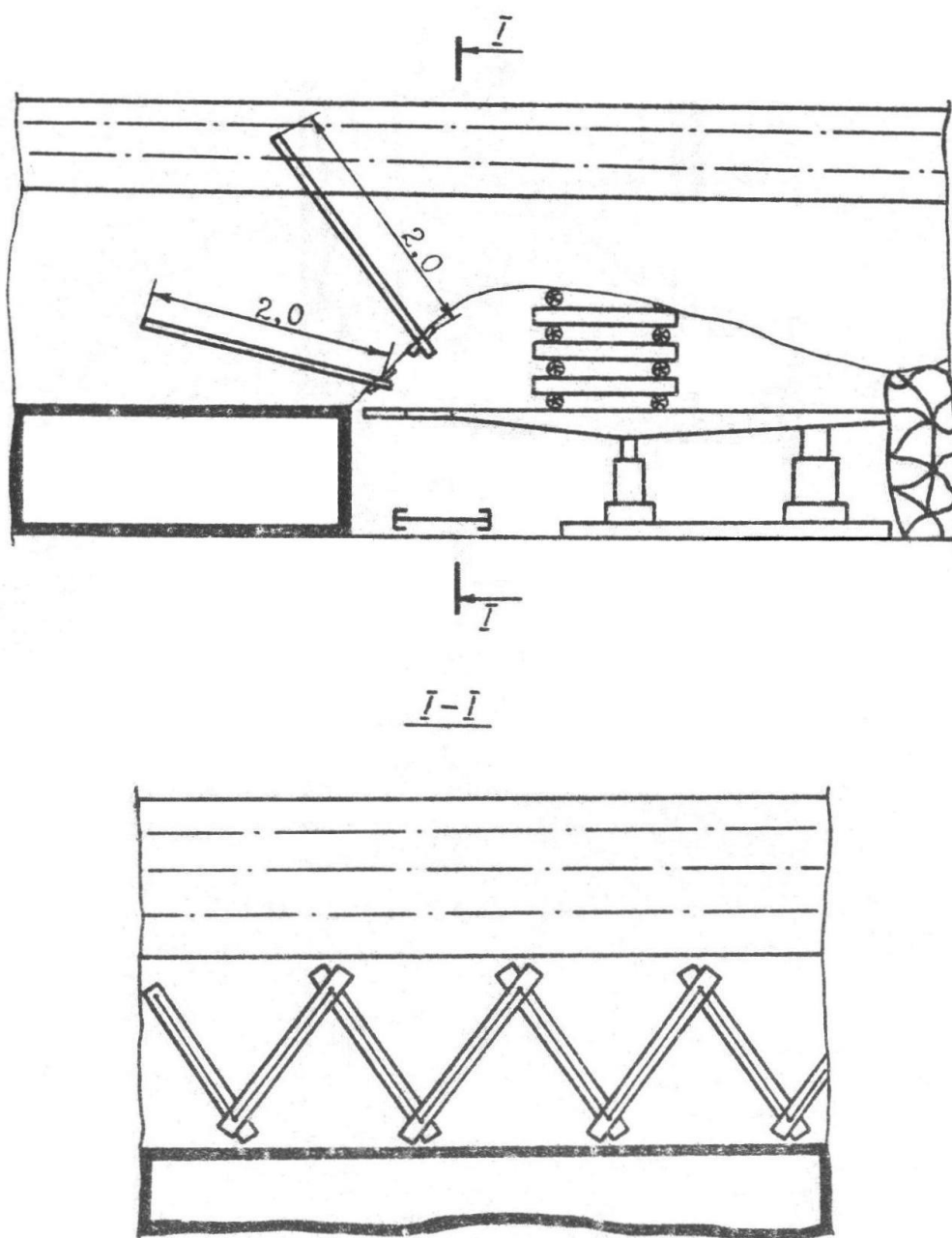


Рис. 2.4. Схема анкерования пород кровли в лаве

2.5.4. Нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпуры

В качестве скрепляющих могут использоваться различные составы и растворы органического и неорганического происхождения, в том числе пенополиуретановые, фенолформальдегидные, магнезиальные, фосфогипсовые и другие.

В Восточном Донбассе наиболее широко использовались для упрочнения пород кровли в лавах пенополиуретановые составы. Пенополиуретан состоит из двух компонентов: полиэфира нормального или ускоренного отвержения и полиизоцианата, которые при перемешивании в соотношении 1:1 образуют вспенивающийся и быстротвердеющий состав с высокой адгезией к горным породам.

Комплект оборудования для нагнетания пенополиуретановых составов в породы кровли состоит из: электро- или пневмосвёрл для бурения шпуров, электрической или пневматической нагнетательной установки, высоконапорной магистрали и смесительно-запорной аппаратуры. Нагнетательная установка может располагаться в выемочной выработке, прилегающей к лаве, как показано на рис. 2.5, или непосредственно в лаве в зоне возможного вывалообразования. Высоконапорная магистраль состоит из двух гибких высоконапорных линий и отводных шлангов. Предельная длина высоконапорной магистрали должна составлять 3,5–4,0 м. Расстояние между шпурами выбирается в зависимости от слоистости и трещиноватости пород, которая определяет возможность проникновения состава в породы.

При среднем расстоянии между трещинами в породах от 0,05 до 0,1 м шпуров для нагнетания состава рекомендуется бурить на расстоянии 5–6 м друг от друга. После нагнетания в них состава необходимо пробурить промежуточные шпуры и провести нагнетание в них. При среднем

расстоянии между трещинам в породах от 0,1 до 0,5 м рекомендуется принимать расстояние между шпурами 4–5 м.

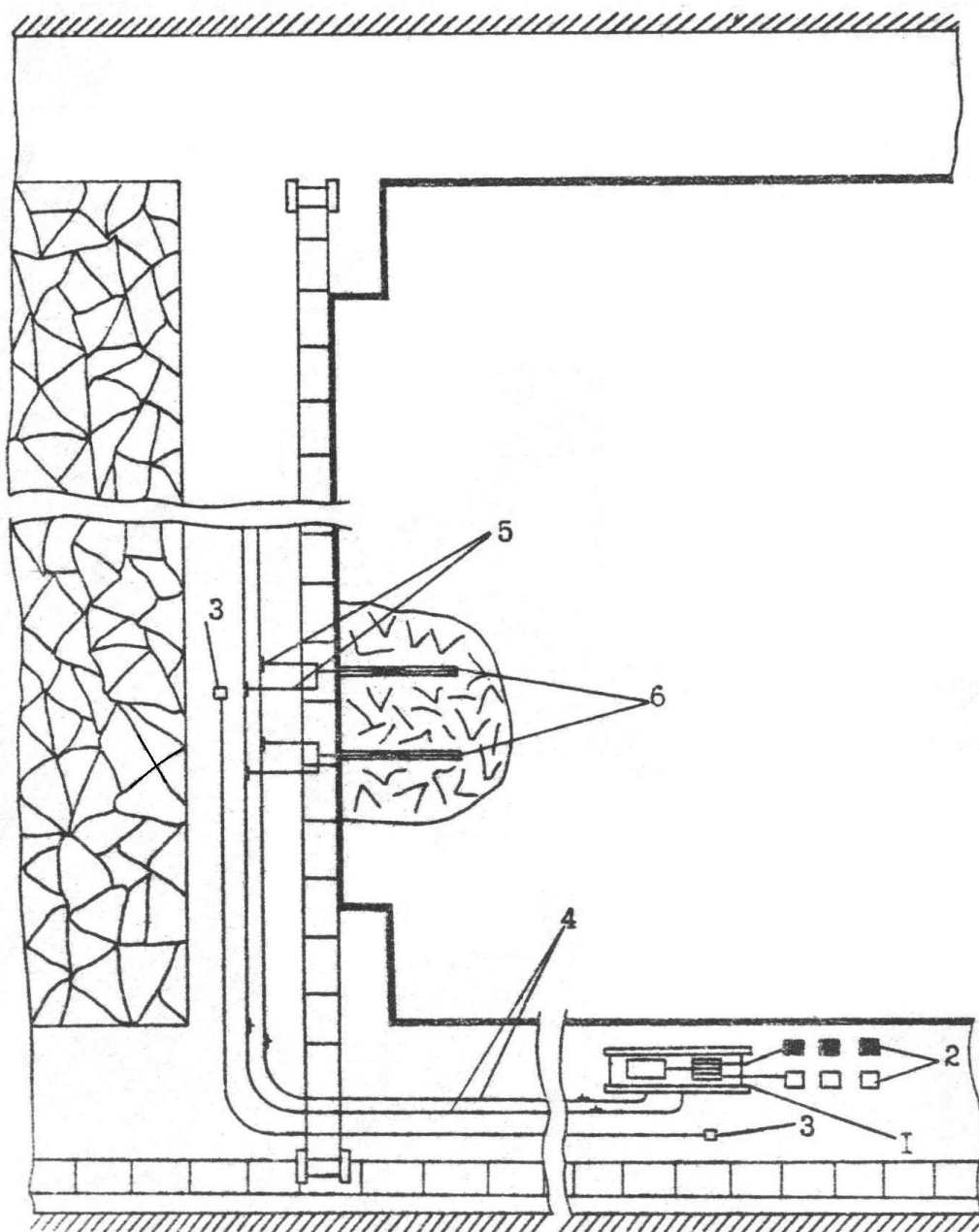


Рис. 2.5. Схема расстановки оборудования при упрочнении пород кровли скрепляющими составами:

- 1 – нагнетательная установка; 2 – ёмкости с компонентами состава;
- 3 – телефон; 4 – высоконапорная магистраль; 5 – отводные шланги; 6 – шпур

При наличии в породах кровли ярко выраженной горизонтальной слоистости рекомендуется первоначально принимать расстояние между шпурами равным 8–10 м. Если при нагнетании пенополиуретанового состава

в породы кровли он не выходит через соседние шпур, необходимо пробурить промежуточные шпур после завершения нагнетания в соседние.

Угол наклона шпуров к плоскости пласта выбирается в зависимости от мощности слоя пород, подлежащих упрочению. При мощности упрочняемых пород до 1,5 м угол наклона шпуров рекомендуется принимать равным 10° , при большей мощности пород – от 10 до 20° .

Повторное нагнетание скрепляющих составов в породы кровли необходимо производить после подвигания забоя лавы на расстояние, равное длине шпура. Если после подвигания забоя на расстояние, равное половине длины шпура, вывалообразование не уменьшилось, рекомендуется провести повторное нагнетание состава. При повторном нагнетании шпур следует бурить в промежутках между первоначально пробуренными.

Рекомендуется принимать диаметр шпуров не более 45 мм. Это обусловлено конструкцией серийно выпускаемых механических герметизаторов. Глубина герметизации шпуров для обеспечения надёжного предотвращения выходы состава на поверхность забоя должна составлять от 1,0 до 1,5 м. Рекомендуемый расход состава – от 150 до 250 кг на один шпур или 10–13 кг на 1 м^2 упрочняемой кровли.

При воздействии различных неблагоприятных факторов эффективность упрочнения пород пенополиуретановыми составами снижается, особенно при упрочнении увлажнённых пород в связи с их низкой адгезией к увлажнённой поверхности. Также не рекомендуется их применение при залегании непосредственно над пластом слоя аргиллита мощностью до 0,8 м, над которым расположен песчаник мощностью более 5 м, потому что для предотвращения обрушения слоя аргиллита необходимо создать значительное сцепление по контакту его с песчаником, что невозможно при применении пенополиуретановых составов, так как обычно такие контакты увлажнены. Не рекомендуется применять пенополиуретановые составы для упрочнения пород кровли подрабатываемых пластов, особенно при расстоянии между пластами менее 15 м, в связи с тем, что в зонах

подработки происходит значительное увеличение раскрытия трещин в породах, а адгезия пенополиуретановых составов резко снижается при увеличении ширины раскрытия трещин от 1 мм и более. При труднообрушающейся кровле применение пенополиуретановых составов рекомендуется только для упрочнения пород при выходе лав из зон вывалообразования, обусловленного интенсивными осадками кровли. Породы малой трещиноватости с расстоянием между трещинами более 0,5 м, а также перемятые породы с поверхностью контакта между блоками типа «зеркало скольжения» могут упрочняться пенополиуретановыми составами только на сопряжениях лав со штреками и при отходе от разрезной печи. При низкой температуре пород или компонентов состава ($t \leq 16 \text{ }^\circ\text{C}$) перед нагнетанием в породы кровли необходимо нагреть компоненты состава до $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Более подробно вопросы технологии, организации и обеспечения безопасности работ при нагнетании пенополиуретановых составов в предварительно пробуренные шпуровые отверстия изложены в Методическом руководстве [9].

2.5.5. Выбор способов предотвращения вывалообразования в призабойном пространстве лав

Все вышеперечисленные способы предотвращения вывалообразования следует применять при встрече лавой зон возможного вывалообразования на отдельных участках выемочного столба, если участок по длине лавы, на котором проводятся мероприятия по предотвращению обрушения пород кровли, не превышает 10-15 % её длины.

Установка анкеров с точечным закреплением рекомендуется для предотвращения обрушения в призабойное пространство лавы пород кровли средней устойчивости со средней величиной расстояния между трещинами более 0,5 м при возможности закрепления анкеров в более прочных вышележащих слоях.

Установка анкеров со сплошным закреплением рекомендуется для предотвращения обрушений малоустойчивых пород кровли со средней величиной расстояния между трещинами от 0,2 до 0,5 м.

Установка опережающей штанговой крепи и устройство опережающих ниш рекомендуются к применению в тех же условиях, что и установка анкеров со сплошным закреплением, для предотвращения смещений интенсивно расслаивающихся пород непосредственной кровли.

Для предотвращения обрушений тонкослоистых пород с расстоянием между трещинами 0,2–0,3 м рекомендуется совместное применение установки анкеров со сплошным закреплением и опережающей штанговой крепи, а также устройство опережающих ниш с обработкой пород кровли пенополиуретановым и другими скрепляющими составами.

Для предотвращения обрушений неустойчивых пород кровли с расстоянием между трещинами от 0,1 до 0,3 м рекомендуется применение опережающей штанговой крепи или опережающих ниш совместно с затяжкой кровли распилками или обаполами вразбежку.

Нагнетание скрепляющих составов рекомендуется применять для предотвращения обрушений неустойчивых пород непосредственной кровли угольных пластов со средним расстоянием между трещинами от 0,1 до 0,5 м. В лавах с индивидуальной крепью данный способ рекомендуется применять совместно с затяжкой кровли. При встрече зоны весьма неустойчивых пород применение данного способа рекомендуется только, если появление этой зоны обусловлено повышенной трещиноватостью пород у тектонического нарушения.

Применение нагнетания скрепляющих составов для упрочнения пород экономически целесообразно при высоте обрушения более 0,8–1,0 м. Сведения о рекомендуемых способах поддержания кровли при обрушении пород различной устойчивости приведены в графе 3 табл. 2.2.

В связи с тем, что области применения различных способов предотвращения вывалообразования перекрываются, для выбора

мероприятий в конкретных условиях необходимо проводить экономическое сравнение вариантов. В таблицах 2.3 и 2.4 приведены сравнительные затраты на поддержание кровли и сравнительная трудоёмкость выполнения работ при применении различных способов предотвращения вывалообразования в средних условиях.

Таблица 2.3

Способы предотвращения обрушений пород в лаве	Затраты на поддержание кровли на 10 пог. м. лавы, руб.*	Из них затраты на материалы, %
Установка опережающей штанговой крепи	50	35
Устройство опережающих ниш	244	35
Установка анкеров с закреплением:		
- точечным	51	35
- сплошным (химическим)	81	46
Нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпуры. Установка для нагнетания находится:		
- в штреке	524	80
- в лаве	556	76
* В ценах 1990 г.		

Таблица 2.4

Способы предотвращения обрушений пород в лаве	Трудоёмкость работ на 10 пог. м длины лавы	
	чел.-смен	доля от максимальной трудоёмкости, %
Установка опережающей штанговой крепи	1,08	20,5
Устройство опережающих ниш	5,28	100
Установка анкеров с закреплением:		
- точечным	1,11	21,0
- сплошным (химическим)	1,46	27,7
Нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпуры. Установка для нагнетания находится:		
- в штреке	3,5	66,3
- в лаве	4,45	84,3

С более высокой степенью точности определить возможность и эффективность применения каждого способа предотвращения обрушений в конкретных условиях можно при наличии сведений о раскрытии трещин

горного давления в породах кровли. Измерить ширину раскрытия трещин и уточнить расстояния между ними можно с помощью специальных приборов, размещаемых в предварительно пробуренных шпурах.

2.6. Предотвращение обрушений пород на концевых участках лавы

Решение вопроса предотвращения вывалобразования на концевых участках лавы зависит от положения концевого участка относительно прилегающей к лаве выработки, наличия в ней подрывки кровли, её ширины, способа зарубки выемочной машины.

При зарубке выемочной машины из прилегающей выработки, пройденной без подрывки кровли, положение на концевом участке не отличается от того, которое характерно для всей лавы. Выбор способов предотвращения обрушений в этом случае производится в соответствии с рекомендациями в п. 2.5.

При наличии подрывки кровли в прилегающей выработке вероятность обрушения пород на концевом участке возрастает. При прогнозировании обрушений пород кровли необходимо для их предотвращения проводить специальные мероприятия по упрочнению пород. Рекомендуется установка анкеров с химическим закреплением для укрепления пород кровли, нагнетание скрепляющих составов в породы кровли, нагнетание скрепляющих составов в породы кровли и совместное применение этих способов. Эти мероприятия по укреплению пород должны проводиться из прилегающей выработки. Установка анкеров должна производиться впереди лавы вне зоны опорного давления, а нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпуры в зоне опорного давления.

При наличии ниш предотвращение обрушений следует обеспечивать устанавливаемой в них индивидуальной крепью. При выемке ниш

буровзрывным способом для снижения вероятности обрушений в условиях малоустойчивой кровли рекомендуется производить взрывные работы участками. В этом случае ниша разделяется на два, реже – на три участка. Сначала выполняется весь цикл выемки на участке: взрывание, уборка угля, крепление участка, а затем взрывные работы на другом участке.

При неустойчивой кровле выемка ниш возможна отбойными молотками или нишевыемочными машинами с затяжкой кровли (см. приложение 4).

При развитии вывалобразования в нишах рекомендуется произвести усиление крепи. В случае продолжения обрушений необходимо провести мероприятия по их предотвращению в соответствии с п. 2.5.

При зарубке комбайна косыми заездами на концевом участке образуется значительная площадь незакреплённого пространства (рис. 2.6 и 2.7).

Из данных табл. 2.5 видно, что при челноковой схеме выемки площадь незакреплённой кровли на концевом участке при зарубке косыми заездами в 3–6 раз превышает незакреплённую площадь кровли на линейной части лавы. Требуемая величина технологической характеристики кровли ($T = S \cdot t$) на концевом участке превышает $20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}$. Сравнивая полученную величину T с технологическими признаками кровли (табл. 1.3), получим, что при челноковой схеме выемки зарубка косыми заездами может применяться только при кровле не ниже средней устойчивости. При кровле ниже средней устойчивости рекомендуется фронтальная самозарубка (КА80), зарубка из ниши.

При односторонней схеме выемки незакреплённая площадь кровли на концевом участке при зарубке косыми заездами превышает площадь обнажения на линейной части лавы при задвижке секций после прохода комбайна по зарубке в 2 раза.

При односторонней схеме выемки с задвижкой секций после прохода комбайна зарубка косыми заездами рекомендуется при малоустойчивой кровле.

При работе по односторонней схеме выемки угля в лаве с задвижкой секций после зачистки лавы комбайном на концевом участке, с которого начинается выемка угля комбайном, кровля должна сохранять устойчивость в течение цикла выемки угля. Такая схема выемки должна применяться только при весьма устойчивых породах кровли.

В общем случае лучшие условия поддержания кровли на концевых участках лав создаются при отсутствии подрывки пород кровли в прилегающих выработках.

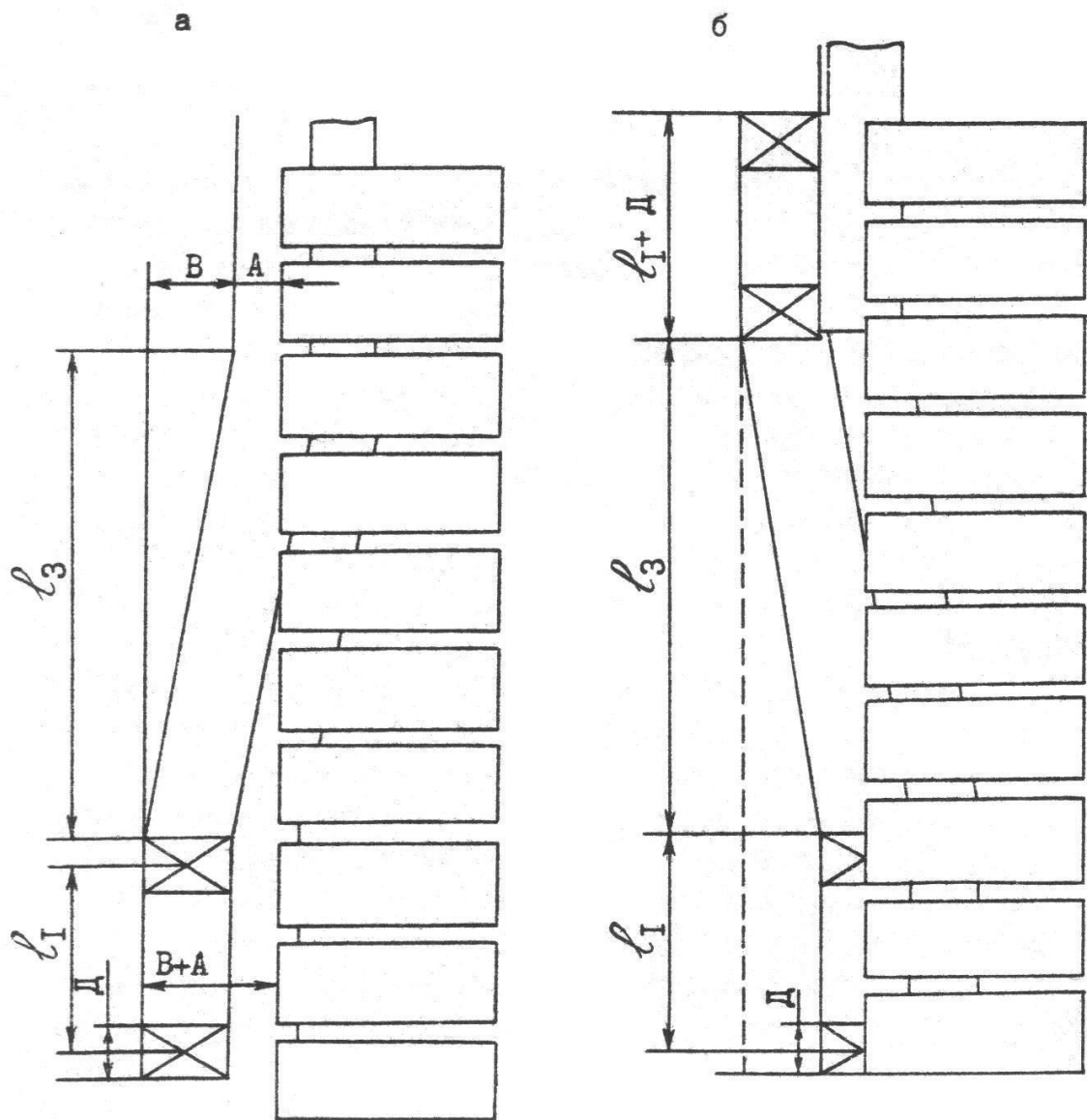


Рис. 2.6. Схема незакреплённого пространства при косых заездах комбайна с разнесёнными шнеками:
 а – при односторонней схеме выемки;
 б – при челноковой схеме выемки

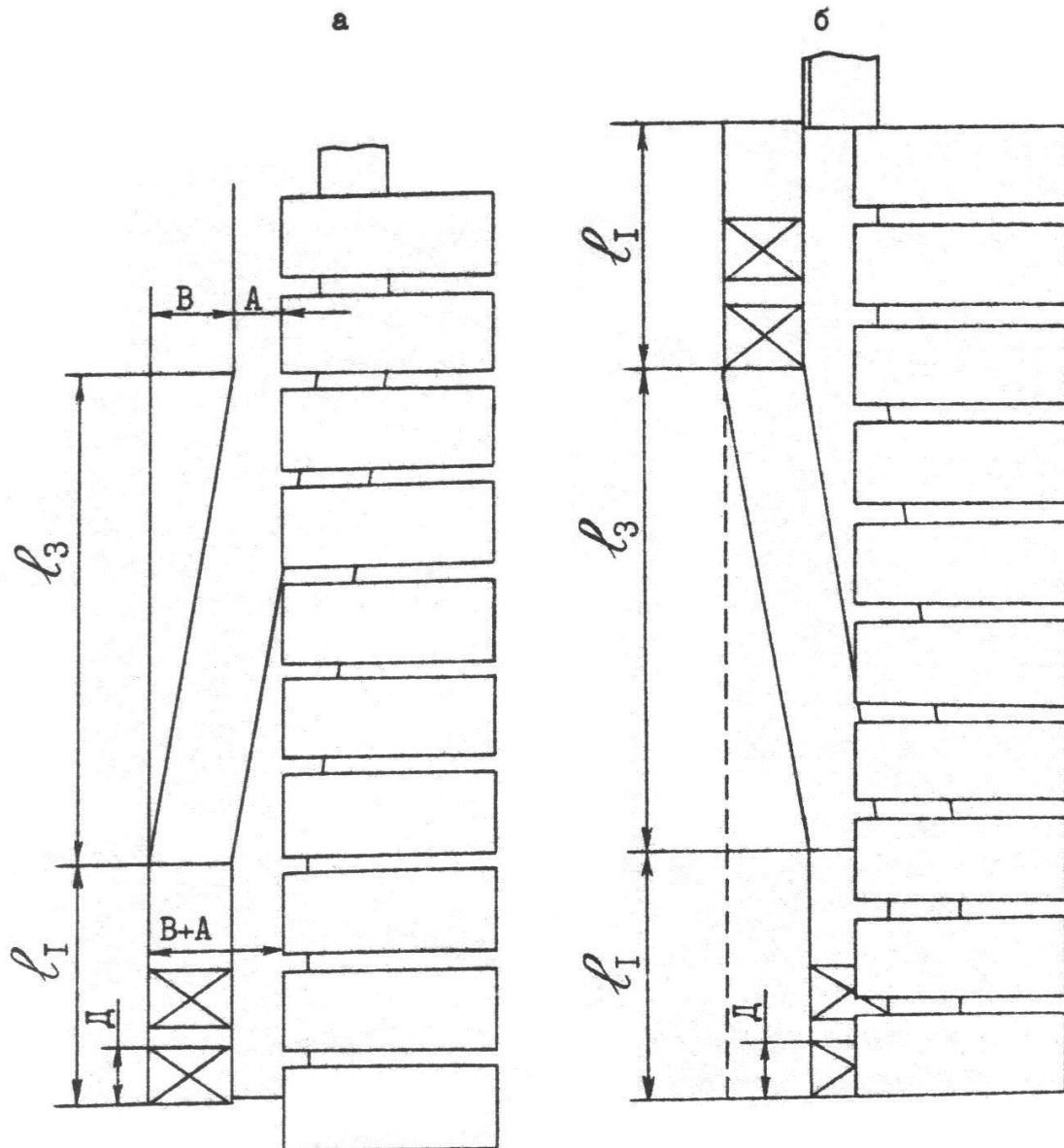


Рис. 2.7. Схема незакреплённого пространства при косых заездах комбайна с односторонним расположением шнеков:
 а – при односторонней схеме выемки;
 б – при челноковой схеме выемки

Таблица 2.5

Комбайн	Крепёж	Площадь незакреплённого пространства,
---------	--------	---------------------------------------

		$S, \text{ м}^2$		
		на линейной части лавы при передвижении секции вслед за проходом комбайна	на концевых участках косыми заездами при схеме выемки	
			односторонней	челноковой
К103	М103	7,7	15,3	26,9
1К101У	М88	3,6	12,8	21,1
2К52МУ	М87УМН	4,7	10,8	15,2
РКУ10	М87УМН	8,2	15,1	26,2
РКУ13	КМТ	8,7	15,5	27,2
РКУ16	КМТ	8,5	15,2	26,6
1ГШ68	М87УМН	8,1	14,9	26,0
2ГШ68Б	М138	8,3	15,1	26,4

2.7. Особенности управления горным давлением в забоях со слабыми почвами

При установке на слабую почву крепь вдавливаются в неё, при этом сопротивление крепи снижается. Рабочее сопротивление крепи при вдавливании её в почву P_v определяется по формуле:

$$P_v = K \frac{P\sigma_{\text{вд}}}{\sigma_k}, \text{ кН}, \quad (2.20)$$

где P – рабочее сопротивление крепи по технической характеристике, кН;

$\sigma_{\text{вд}}$ – величина сопротивления почвы вдавливанию, МПа;

σ_k – удельное давление крепи на почву по технической характеристике, МПа;

K – коэффициент, учитывающий неравномерность контактных напряжений под основанием крепи; $K = 1,0$ при индивидуальной крепи, $K = 0,67$ при механизированной крепи.

Если сопротивление данной крепи, рассчитанное с учётом формулы (2.20), окажется недостаточным для эффективного управления кровлей, то его следует увеличить за счёт уменьшения расстояния между стойками индивидуальной крепи в рамке или за счёт установки спаренных призабойных стоек. При невозможности добиться необходимой величины сопротивления крепи вышеуказанными способами или нерациональности их

применения в конкретных условиях необходимо рассмотреть возможность снижения давления крепи на почву или повышения прочностных характеристик почвы.

Для снижения давления крепи следует применять уширенные опоры оснований крепи (индивидуальной, МК98) или установку крепи на лежни.

Уширенные опоры должны быть не менее величины, необходимой для обеспечения рабочего сопротивления крепи на уровне приведённой в технической характеристике величины, то есть

$$F_o \geq \frac{P}{\bar{\sigma}_{\text{вд}} - 2\sigma_k}, \text{ м}^2, \quad (2.21)$$

при определении $\bar{\sigma}_{\text{вд}}$ непосредственными измерениями (приложение 3) или

$$F_o > \frac{P}{\sigma_{\text{вд}}}, \quad (2.22)$$

при определении $\sigma_{\text{вд}}$ расчётным путём (см. п. 1.3).

Кроме того, площадь деревянной уширенной опоры не должна превышать площади эффективной передачи нагрузки. Площадь эффективной передачи нагрузки:

$$F_o \leq 4F_k, \quad (2.23)$$

где $F_k = \frac{P}{\sigma_k}$ – площадь сечения основания кровли, м²; величины P и σ_k для

различных крепей приведены в приложении 2.

При установке стоек индивидуальной крепи на уширенные опоры рекомендуется перенести призабойные стойки с опорами, а затем произвести передвижку посадочных стоек. Такая схема работы позволяет снизить потери уширенных опор.

При установке крепи на лежни из сосновых распилов или обаполов сопротивление стоек не будет превышать 100–120 кН в связи с разрушением лежней. Следует также учитывать, что податливость крепи увеличивается на половину толщины лежня. При использовании лежней из дубовых распилов

сопротивление стоек крепи может приниматься при расчётах на уровне величины, приведённой в технической характеристике.

Повышение прочностных характеристик поверхности, на которую опирается крепь, может быть достигнуто за счёт увеличения скорости подвигания лавы, а значит, сокращения времени нахождения обнажённой поверхности почвы в призабойном пространстве, снижения обводнённости почвы, выемки её верхних слабых слоёв.

При решении вопроса о выемке верхних слабых слоёв почвы необходимо в каждом конкретном случае проводить технико-экономическое сравнение различных вариантов предотвращения вдавливания крепи в породы почвы.

2.8. Особенности управления горным давлением в зонах геологических нарушений

Зона геологического нарушения относится к опасным зонам. Составление документации на ведение работ в опасных зонах регламентировано Указаниями [10]. К геологическим нарушениям относятся: неровности кровли и почвы пласта, его выклинивание и фациальное замещение, увеличение мощности породных прослоев в пласте, расщепление пласта, размывы, ступенчатость кровли и почвы, раздувы и пережимы, разрывные нарушения и пр.

Ко всем этим геологическим нарушениям приурочены зоны неустойчивых трещиноватых или перемятых пород кровли, а иногда и зоны повышенного горного давления, обусловленного остаточными явлениями происходивших в прошлом тектонических процессов. К нарушениям тектонического происхождения, размывам может быть приурочена также повышенная увлажнённость пород, приводящая к снижению их несущей способности.

В связи с изменением свойств пород при работе лав в зонах геологических нарушений могут наблюдаться обрушения пород и завалы лав,

обусловленные: а) наличием ослабленных пород кровли; б) повышенным уровнем горного давления; в) снижением несущей способности почвы пласта из-за избыточного увлажнения.

Поэтому для предотвращения обрушений пород в зонах геологических нарушений необходимо применять мероприятия, изложенные в п. 2.5 и п. 2.7.

При переходе зон геологических нарушений следует располагать забой лавы таким образом, чтобы распространённость зоны нарушений по длине лавы была как можно меньше.

При увеличении мощности пласта до величины, превышающей раздвижность крепи на значительном участке лавы, для обеспечения полноты выемки угля необходимо оборудовать стойки мехкрепи удлиняющими насадками. При локальном увеличении мощности пласта до величины, превышающей раздвижность крепи, работа должна вестись с выкладкой костров на секциях или оставлением прочной пачки угля.

При утонении пласта необходимо присекать слабые породы почвы или кровли.

Переход геологических нарушений типа сброса, взброса, надвига предпочтительно производить с присечкой пород почвы при возможности их разрушения исполнительным органом выемочной машины.

2.9. Управление горным давлением при выемке угля в лаве широкозахватными комбайнами и врубовыми машинами

Широкозахватная технология применяется при выемке весьма тонких пластов в сложных горно-геологических условиях до создания эффективных средств комплексной механизации и автоматизации процессов выемки и доставки угля.

Выпускаются и рекомендуются к применению широкозахватные комбайны 2КЦТГ, «Кировец-2К», работающие в лавах с индивидуальной

крепью в комплекте с изгибающимися (СПМ46, СПЦ151) и разборными (СК38) скребковыми конвейерами.

Выемка угля комбайном 2КЦТГ производится по челноковой схеме с разворотом комбайна в подготовленных на концевых участках лавы пятиметровых нишах. Крепление ниш производится металлостойками, устанавливаемыми под спаренные брусья. При устойчивой кровле допускается установка металлических и деревянных стоек в нише под подлапок. При развороте комбайна в нише металлические стойки выбиваются, а деревянные – выдавливаются корпусом комбайна. Вслед за разворачивающимся корпусом комбайна производится установка металлостоек в соответствии с паспортом.

Комбайн «Кировец-2К» работает по односторонней схеме. При применении комбайна «Кировец-2К» длина ниш на концевых участках лавы должна превышать длину комбайна в транспортном положении.

При применении изгибающихся конвейеров лава крепится металлостойками с деревянными верхняками и стойками типа ОКУМ. Рекомендуется применение способа управления кровлей полным обрушением или плавным опусканием.

Передвижку конвейера следует производить в два этапа (схема крепления лавы приведена на рис. 2.8). На каждом этапе конвейер СПМ46 передвигается на половину ширины захвата комбайна. Передвижка конвейера должна начинаться после выхода комбайна в нишу, а посадочных стоек – после окончания передвижки конвейера.

При применении разборного конвейера призабойное пространство крепится металлостойками с деревянными верхняками. Вслед за выемкой угля устанавливается рама из трёх стоек под верхняк. Призабойная стойка крепи снимается при проходе комбайна. Посадочные стойки типа ОКУМ располагаются в один ряд. Шаг передвижки посадочных стоек равен ширине захвата комбайна. Передвижка конвейера с рассоединением рештачного

става производится после завершения работ по выемке угля и креплению забоя.

Передвижка конвейера может осуществляться перетягиванием половин конвейерного става лебёдкой или комбайном. При перетягивании става участок изгиба конвейера должен крепиться стойками под брус.

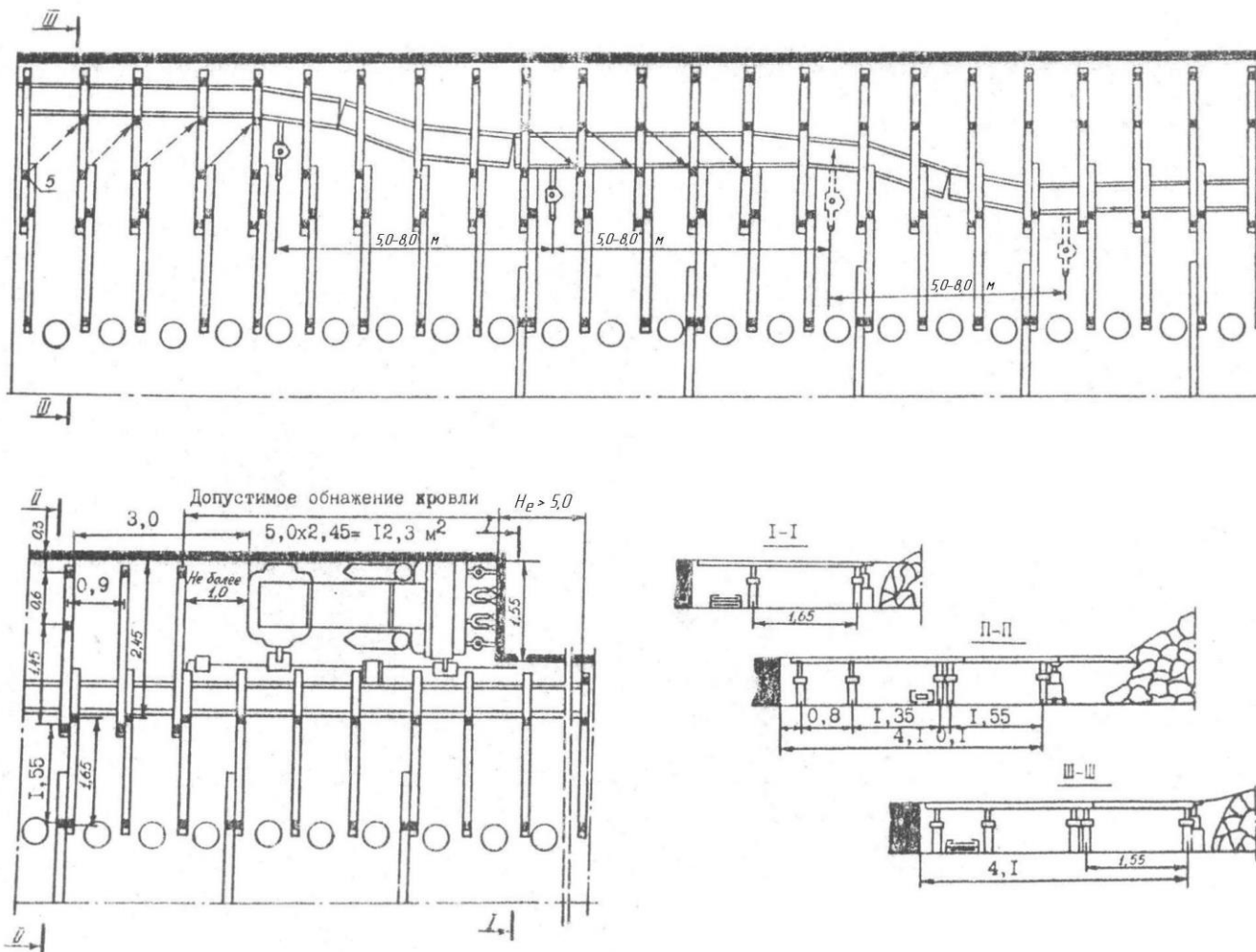


Рис. 2.8. Схема крепления лавы при выемке угля комбайном КЦТГ и передвижке изгибающегося конвейера СПМ-46

При воздействии неблагоприятных горно-геологических факторов и горнотехнических факторов, осложняющих применение современной техники, могут применяться врубовые машины. Они могут использоваться и при выемке угля на участках, размеры которых ограничены непереходимыми для современной выемочной техники геологическими нарушениями, для селективной выемки угля, для создания разгрузочных щелей при отработке выбросоопасных пластов.

Для селективной выемки, выемки разгрузочных щелей на пластах мощностью более 1,0 м могут использоваться варианты технологии с перемещением врубовой машины по изгибающемуся конвейеру. Одним из вариантов является использование подающей части комбайна 1К101У и режущей части врубовой машины «Урал-33». Выемка пласта после обработки его врубовой машиной может производиться узкозахватным комбайном или струговой установкой.

Крепление лавы осуществляется таким же образом, как и без применения врубовой машины. (рис. 2.9). При мощности пласта менее 1,0 м врубовая машина «Урал-33» должна работать с почвы пласта. В сложных горно-геологических условиях она используется для подрубки пласта с последующим взрыванием шпуров и погрузкой угля на конвейер вручную. Зарубка производится снизу вверх. Работа врубовой машины по зарубке начинается с образования первоначального вруба. Вруб осуществляется поворотом бара на 95° с помощью гидравлического механизма, встроенного в корпус редуктора режущей части и снабжённого обособленной гидросистемой. После заводки бара производится переноска упорной стойки. К ней крепится тяговый канат и начинается подрубка лавы (рис. 2.10).

Длина тягового каната 30 или 38 м, поэтому машина периодически останавливается для разматывания каната и переноски упорной стойки.

За врубовой машиной производится зачистка машинной дороги от штыба с погрузкой его на работающий конвейер и установка временной крепи. Для предотвращения опускания пласта и пережима шпуров зарубную

щель крепят подшашками. Затем бурят шпуров. После взрывания шпуров производится погрузка отбитого угля на конвейер и крепление призабойного пространства (рис. 2.11).

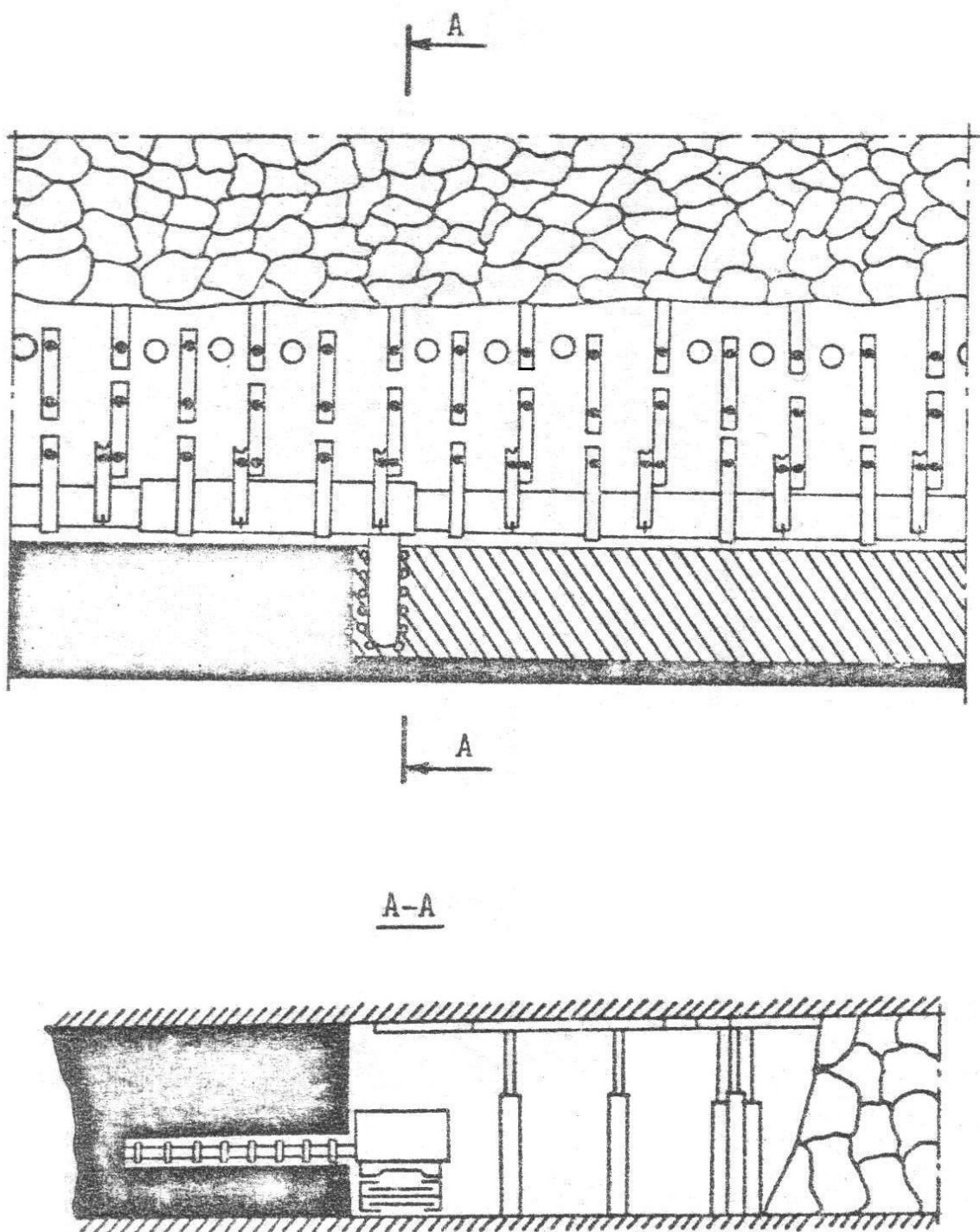


Рис. 2.9. Схема крепления лавы при применении врубной машины как вспомогательного средства подрубки пласта при последующей выемке комбайном или стругом

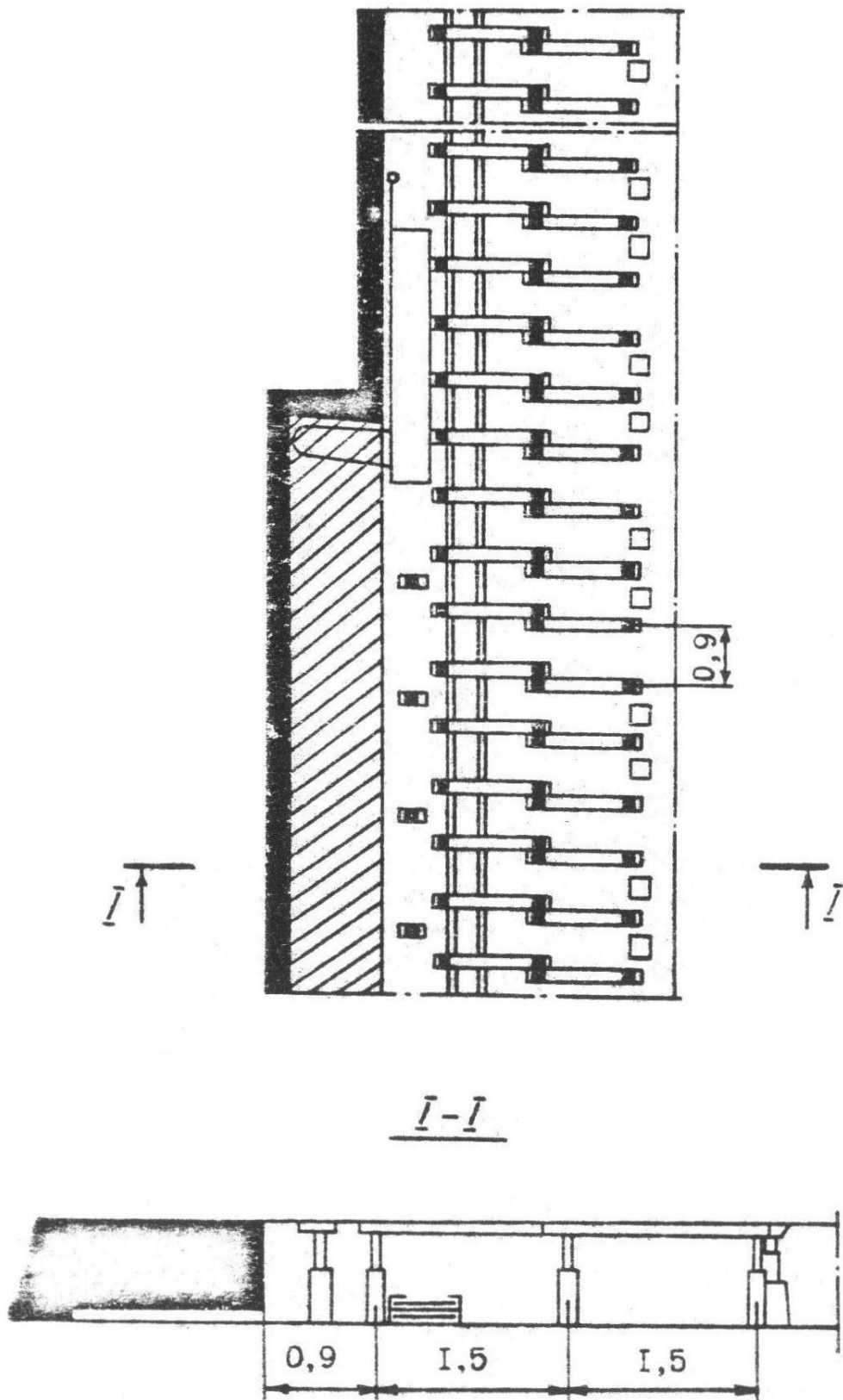


Рис. 2.10. Подрубка лавы врубной машиной «Урал-33»

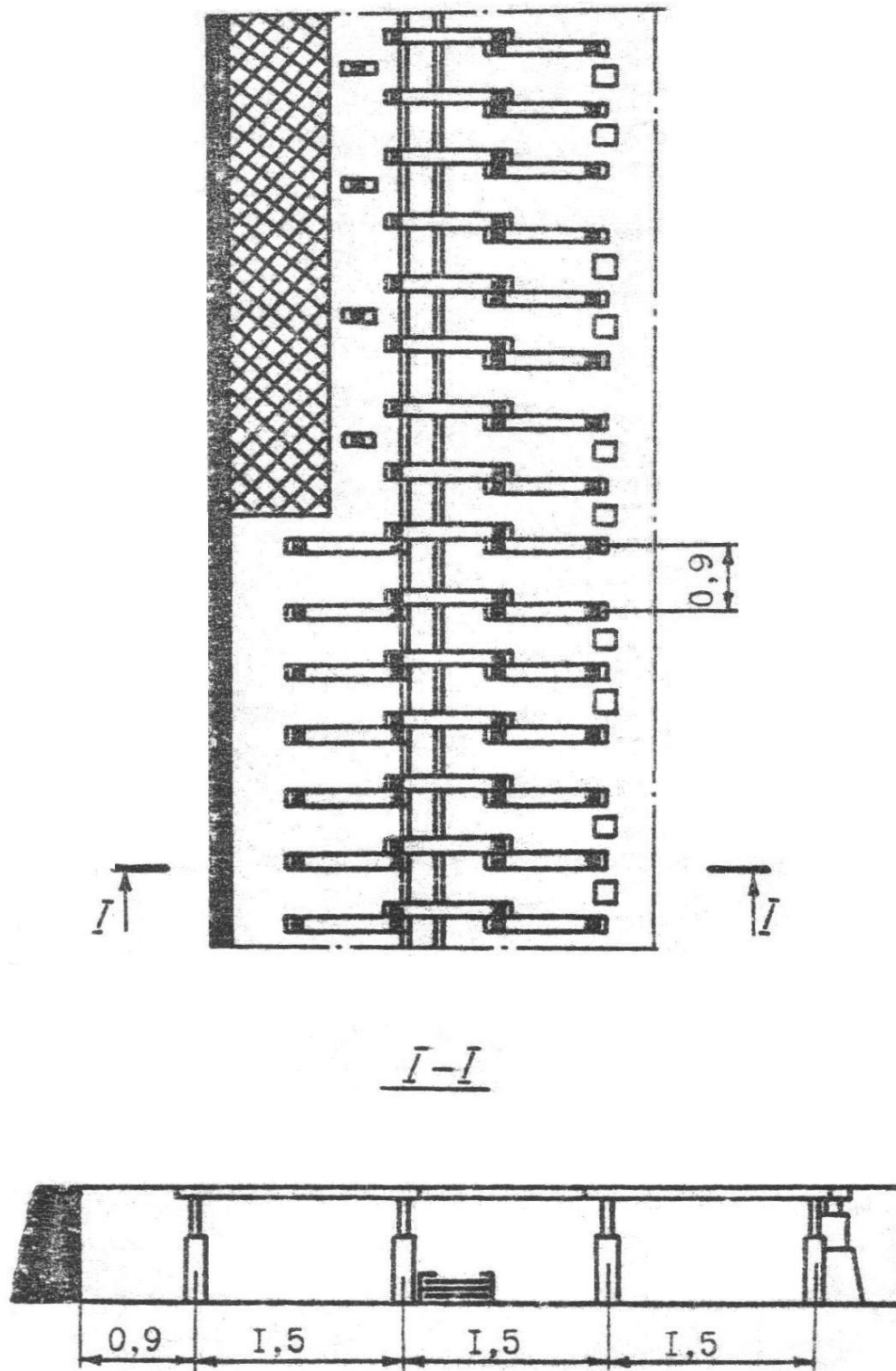


Рис. 2.11. Погрузка отбитого угля на конвейер и крепление призабойного пространства

При остановке врубовой машины зарубная щель должна крепиться подшашками для предотвращения зажатия бара. В верхней части лавы должна формироваться ниша длиной не менее длины корпуса врубовой машины.

После навалки угля и крепления призабойной части лавы производится передвижка конвейера СП46 или переноска конвейера СК53 (рис. 2.12). После этого осуществляется переноска тумб (рис. 2.13) и спуск врубовой машины в исходное положение по новой дороге (рис. 2.14).

При весьма устойчивой кровле подрубка может производиться по всей лаве с последующими взрывными работами на отдельных участках с навалкой угля на конвейер.

При меньшей устойчивости кровли подрубка пласта производится на отдельных участках, обычно лава делится на два-три участка. После зарубки щели машина останавливается. На участке подрубки пласта производятся взрывные работы, уборка угля. По мере уборки угля участок крепится металлическими стойками. После окончания крепления участка осуществляется подрубка пласта на следующем участке. Длина лавы при использовании врубовой машины «Урал- 33» может быть 200 м и более.

2.10. Управление горным давлением при переходе подготовительных выработок очистными забоями

При отработке выемочных столбов может возникнуть необходимость в переходе горных выработок, пройденных для целей вентиляции или использовавшихся в качестве запасных выходов, очистными забоями. Технология ведения работ при переходе выработок определяется наличием и видом подрывки вмещающих пород при их проходке. При значительном расслоении пород кровли выработки должны быть проведены мероприятия по их упрочнению для предотвращения их обрушения в призабойном пространстве лавы. Мероприятия по упрочнению кровли должны

проводиться заблаговременно, когда выработка находится вне зоны опорного давления приближающейся лавы.

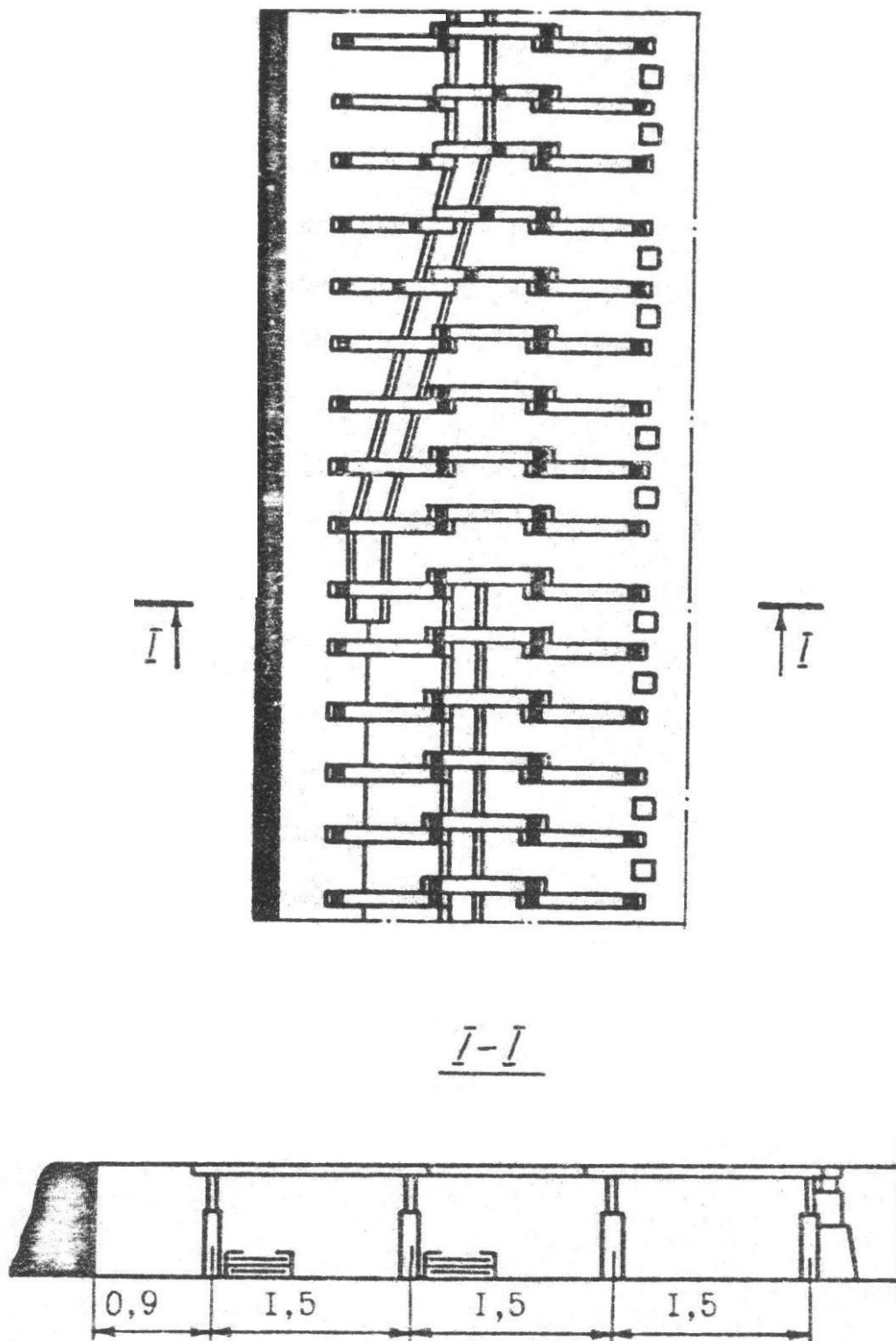


Рис. 2.12. Передвижка конвейера

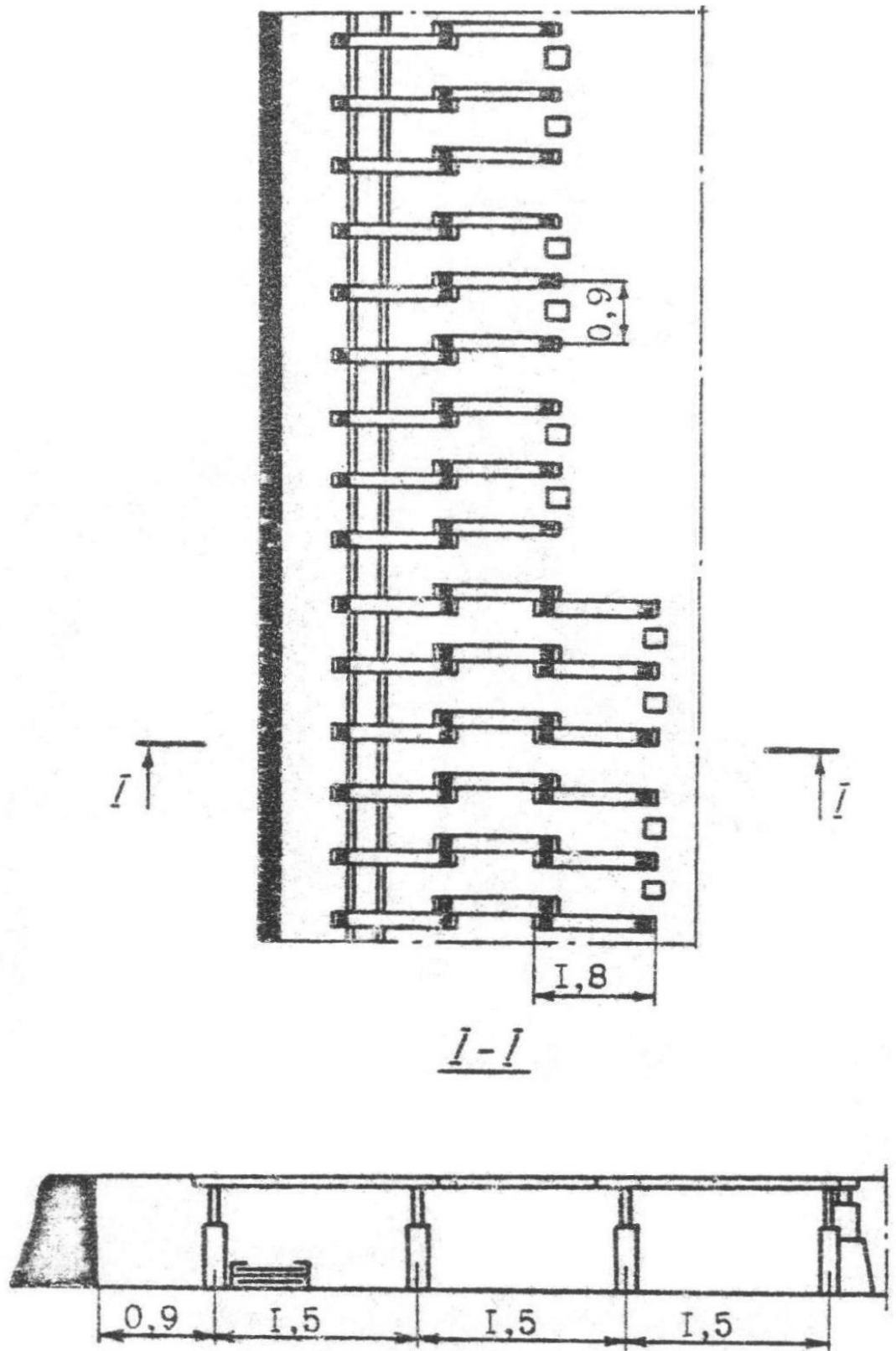


Рис. 2.13. Переноска тумб

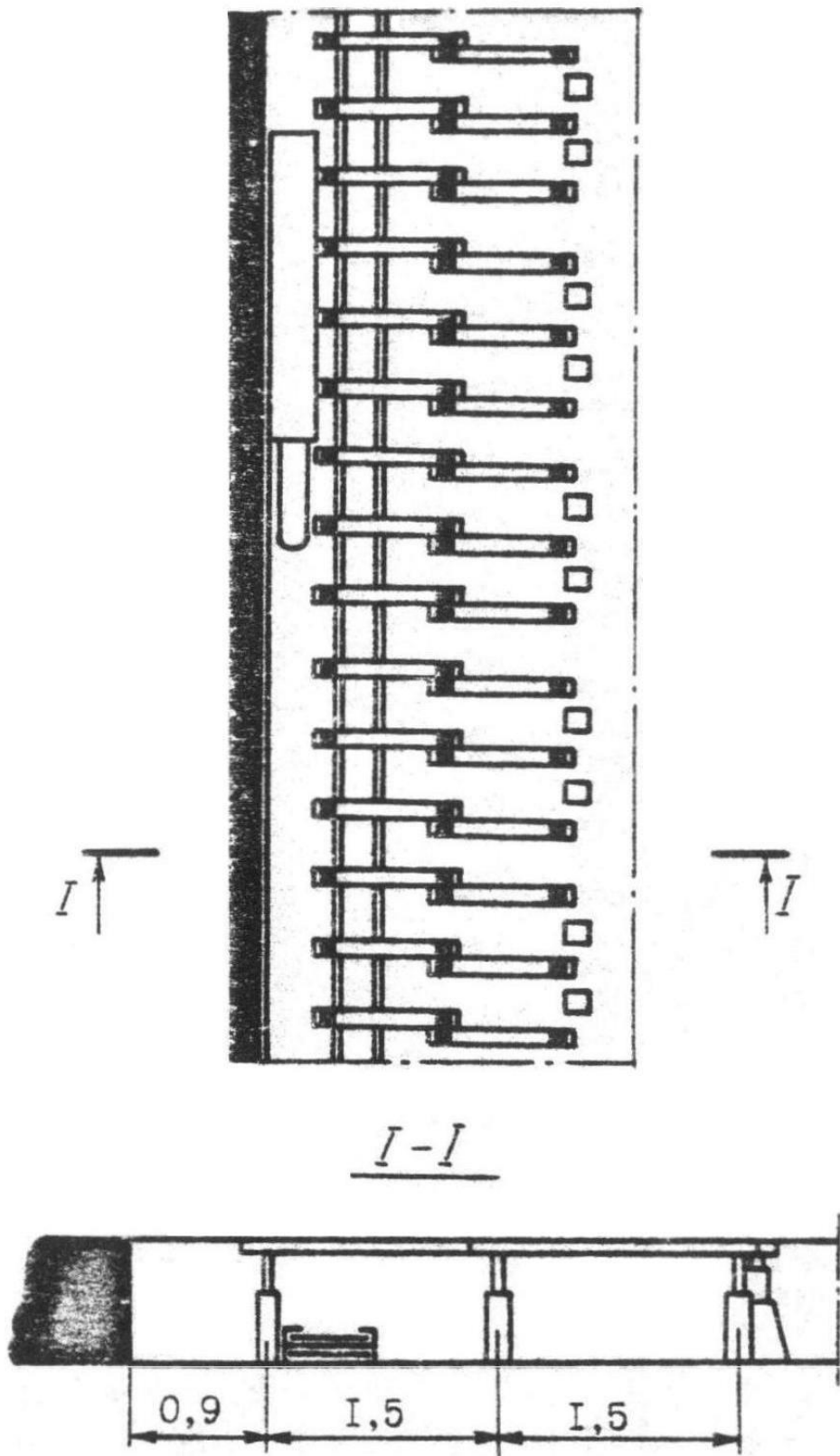


Рис. 2.14. Спуск врубовой машины

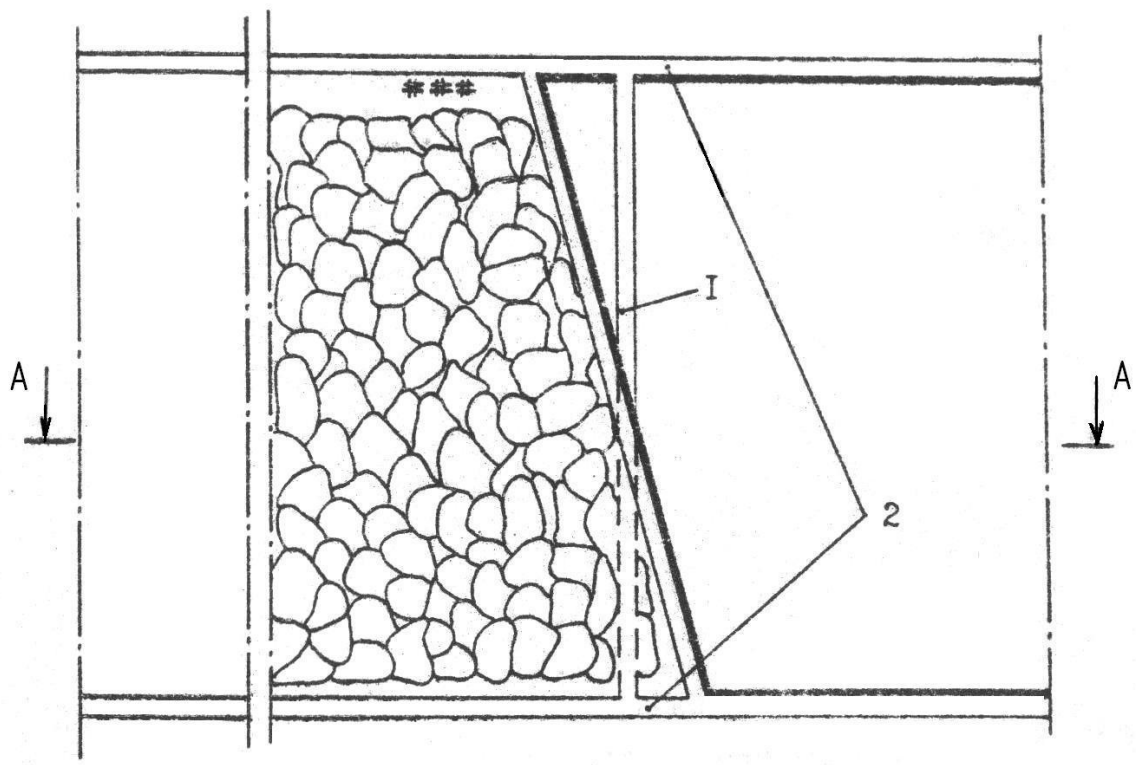
При наличии подрывки кровли до подхода лавы должна быть создана в выработке искусственная кровля из деревянных клетей или путём заполнения пространства над пластом в выработке другими материалами.

При отсутствии подрывки вмещающих пород и наличии подрывки кровли во время формирования искусственной кровли выработка должна быть закреплена деревянными стойками под брус (рис. 2.15) с таким расчётом, чтобы при переходе лавой выработки конец бруса подхватывался козырьком механизированной крепи.

При наличии в выработке подрывки пород почвы для перехода её очистным забоем в ней формируется искусственная почва из деревянных клетей с перекрытием из брусьев, на которых устраивается настил для передвижки по нему лавного оборудования (рис. 2.16). При заблаговременном упрочнении пород кровли выработки верхняк крепи при наличии нижней подрывки или отсутствии подрывки кровли должен быть подвешен на анкерах для повышения эффективности управления кровлей при переходе выработки лавой.

На рис. 2.15 и 2.16 показаны схемы перехода очистными забоями выработок с трапецевидной формой сечения. При креплении выработок арочной или любой другой крепью переход осуществляется аналогично вышеописанному. При наличии подрывки и кровли, и почвы формируются искусственные кровля и почва.

Во всех случаях угол встречи забоя лавы с переходимой выработкой должен быть максимально возможным, чтобы зона перехода занимала как можно меньшее место по длине лавы.



A - A

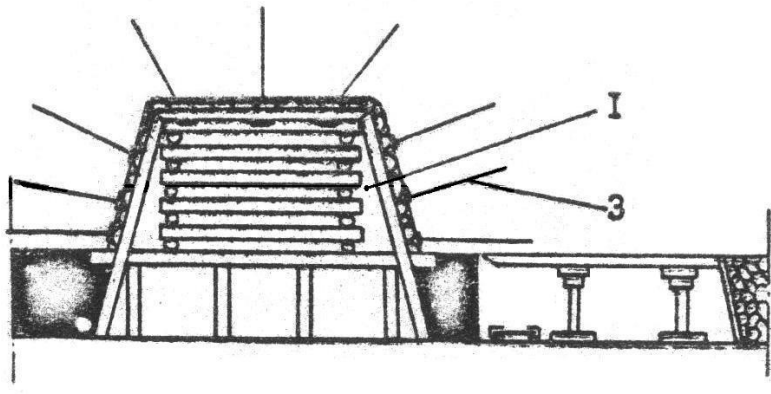


Рис. 2.15. Схема перехода лавой выработки, пройденной с подрывкой пород кровли:
 1 – выработка, пересекаемая очистным забоем;
 2 – выемочные штреки; 3 – армирующий стержень

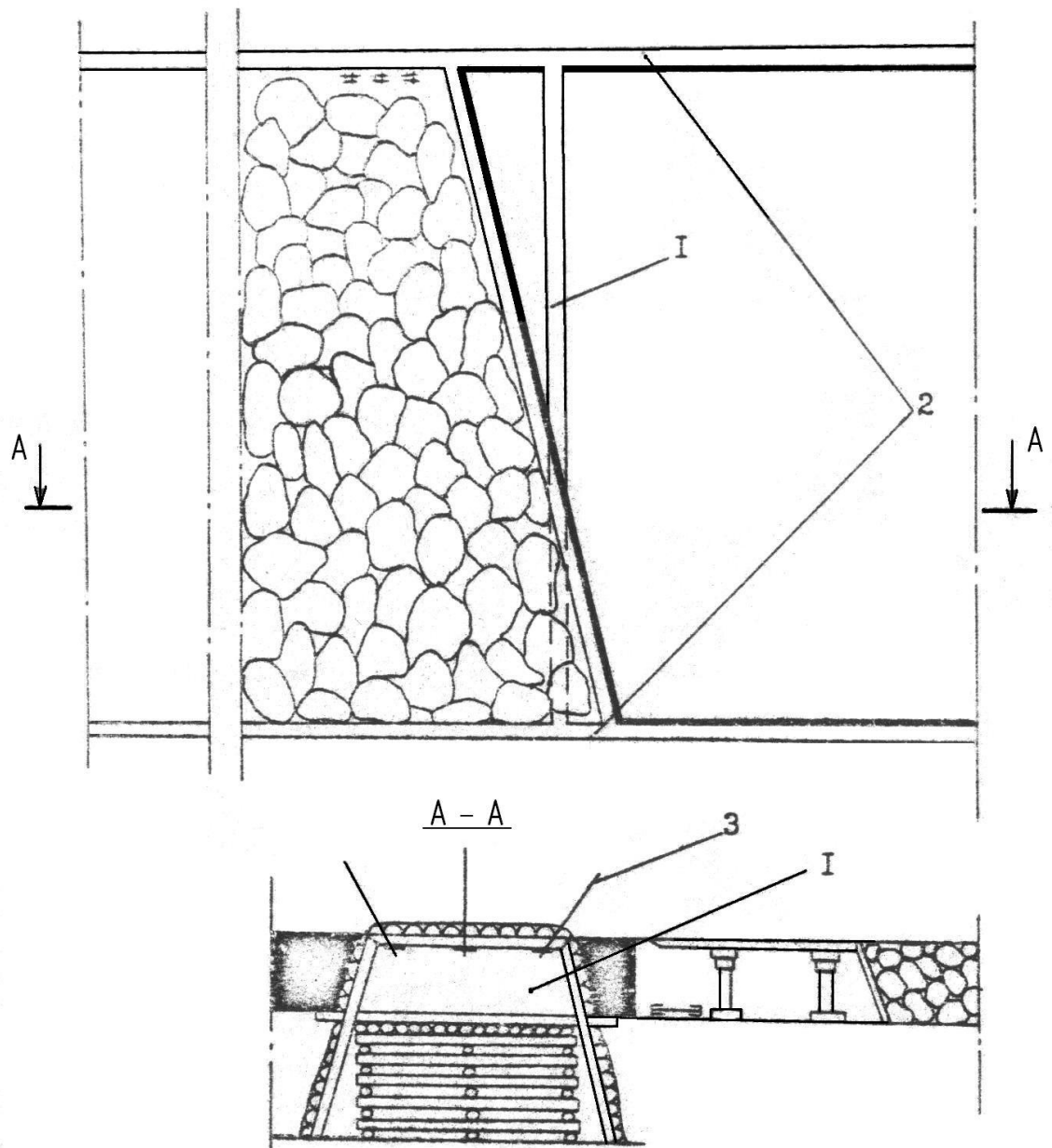


Рис. 2.16. Схема перехода лавой выработки, пройденной с подрывкой почвы пласта:
 1 – выработка, пересекаемая очистным забоем;
 2 – выемочные штреки; 3 – армирующий стержень

3. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

3.1. Общие положения

В настоящем разделе рассматриваются вопросы управления горным давлением в подготовительных выработках, примыкающих к очистному забою и называемых выемочными. К ним относятся штреки, ходки, просеки. В дальнейшем изложении термины «подготовительные выработки», «выемочные выработки» относятся к штрекам и ходкам.

Целью управления горным давлением в выемочных выработках являются:

- обеспечение необходимых размеров сечения в любой период эксплуатации выработки;
- предотвращение обрушения кусков пород с кровли и боков выработки.

Выбор крепи и мероприятий по управлению горным давлением должен производиться исходя из условия сохранения работоспособности крепи и необходимого сечения выработки в течение всего срока службы, по возможности, без ремонта.

При планировании мероприятий по управлению горным давлением следует предусматривать возможность извлечения крепи при погашении выработки для восстановления и повторного использования.

В наиболее общем случае в течение срока эксплуатации выемочной выработки различают следующие периоды:

- 1) деформаций упругого восстановления пород, пластических деформаций и делатансии вне зоны влияния очистных работ;
- 2) деформаций и разрушений пород в зоне временного опорного давления первой лавы;
- 3) поддержания выработки в зоне интенсивных смещений за забоем первой лавы;

4) поддержания выработки в зоне стабилизации деформаций и напряжений на границе выработанного пространства;

5) деформаций в зоне опорного давления второй лавы;

6) деформаций в зоне погашения выработки.

Управление горным давлением в первые два периода осуществляется за счёт установки соответствующей крепи, тампонажа закреплённого пространства, упрочнения породного контура, создания зон пониженных напряжений. На третьем и шестом этапах основным средством управления горным давлением для поддержания подготовительной выработки в работоспособном состоянии является возведение охранных конструкций. В четвёртом периоде это может быть ремонт и замена вышедшей из строя крепи. В пятом периоде (как и во втором) основным мероприятием по управлению горным давлением является установка крепи усиления или увеличение плотности установки постоянной крепи.

Крепь выработки выбирается из условий обеспечения восприятия нагрузок, формирующихся в зонах делатансии и неупругих деформаций в первом и втором периодах эксплуатации выработок. В то же время конструктивная податливость принимаемой крепи должна соответствовать суммарным смещениям пород кровли в выработке за весь срок её эксплуатации.

Выбор крепи и мероприятий по управлению горным давлением и поддержанию выработки производится в следующей последовательности:

- определяются смещения пород кровли выработки, суммарные и в течение каждого из периодов её эксплуатации, с учётом предварительно принятых средств охраны выработки от вредного влияния очистных работ;

- если расчётные смещения кровли превышают величину податливости крепи, то в первом и втором периодах эксплуатации необходимо предусмотреть мероприятия по снижению величин смещений кровли за счёт тампонажа закрепного пространства, упрочнения породного контура

анкерованием, нагнетанием скрепляющих составов или увеличения сопротивления крепи;

- в случае значительных расчётных величин смещений кровли в третьем периоде эксплуатации выработки (позади очистного забоя), необходимо предусмотреть выбор для охраны выработки более жёсткой охранной конструкции или проведение отсечного торпедирования труднообрушающихся пород кровли, обеспечивающих уменьшение смещений до приемлемых величин;

- когда расчёты показывают, что вышеописанными методами не удастся уменьшить смещения кровли до значений, не превышающих податливость крепи, необходимо для обеспечения её повторного использования планировать проведение ремонта или охрану целиками угля, или проведение новой выработки вприсечку к старой.

3.2. Расчёт смещений кровли и почвы подготовительных выработок выемочных участков

Расчёт ожидаемых максимальных смещений на контуре подготовительных выработок, испытывающих влияние очистных работ, производится в соответствии с «Указаниями по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР», Л., ВНИМИ, 1985.

Ожидаемые максимальные смещения пород на контуре поперечного сечения за весь срок службы выработки определяются дифференцировано в кровле и почве выработки.

3.2.1. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, погашаемых за очистным забоем

При отработке одиночных (несближенных) тонких и средней мощности пластов смещения кровли и почвы следует определять по формулам:

- для выработки одиночной лавы

$$U_{\text{общ}} = (k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + k_{\text{кр}} U_1) k_s; \quad (3.1)$$

- для средней выработки спаренных лав

$$U_{\text{общ}} = (k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + k_{\text{кр}} 1,3U_1) k_s. \quad (3.2)$$

Обозначения и величину всех приведённых в данных формулах, а также в нижеследующих формулах (3.3–3.5) коэффициентов следует принимать по данным Указаний [11].

При отработке тонких и средней мощности сближенных пластов смещения пород в погашаемых выработках, проведённых и поддерживаемых в надработанном или подработанном массиве, следует определять по формулам (3.1) и (3.2), умножая правую часть выражения на коэффициент 0,8.

Смещения пород в погашаемых выработках, подвергающихся воздействию полной надработки, следует определять по формуле:

$$U_{\text{общ}} = (k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + U_{\text{н}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}} + k_{\text{кр}} U_1) k_s. \quad (3.3)$$

Смещения пород в погашаемых выработках, подвергающихся воздействию полной подработки, следует определять по формуле:

$$U_{\text{общ}} = (k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + U_{\text{пл}} k_{\text{л}} k_{\text{тпл}} k_{\text{мп}} + k_{\text{кр}} U_1) k_s. \quad (3.4)$$

Для расчётов смещений пород в выработках, которые после надработки или подработки оказались под или над краевыми частями пластов или под (над) целиками угля на надрабатывающем (подрабатывающем) пластах, общие расчётные смещения пород следует определять по формулам (3.3) и (3.4), умножая в них величины $(v_{\text{н}} t_{\text{н}} + k_{\text{кр}} U_1)$ и $(U_{\text{пл}} k_{\text{л}} k_{\text{тпл}} k_{\text{мп}} + k_{\text{кр}} U_1)$ на коэффициент $k_{\text{од}}$.

В погашаемых выработках при отработке тонких и средней мощности пластов разделение смещений $U_{\text{общ}}$ на смещения пород кровли $U_{\text{кр}}$ и почвы $U_{\text{п}}$ следует производить по формулам:

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{общ}} k_{\text{к}}; \quad U_{\text{п}} = U_{\text{общ}} (1 - k_{\text{к}}). \quad (3.5)$$

3.2.2. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, проводимых вприсечку к выработанному пространству

При отработке несближенных (одиночных) тонких и средней мощности пластов смещения пород кровли и почвы в присечных выработках следует определять по формуле:

$$U_{\text{общ}} = (U'_{\text{пр}} + v'_o t_o + U'_1 k_{\text{кр}}) k_s k' . \quad (3.6)$$

Смещения пород в присечных выработках, проведённых и поддерживаемых в надработанном и подработанном массиве, следует определять по формуле (3.6), умножая правую часть выражения на коэффициент 0,8. В присечных выработках, подвергающихся воздействию полной подработки, следует использовать формулу:

$$U_{\text{общ}} = (U'_{\text{пр}} + v_o t_o + U_n + v_n t_n + U'_1 k_{\text{кр}}) k_s k' ; \quad (3.7)$$

в присечных выработках, подвергающихся предварительно воздействию полной подработки – формулу:

$$U_{\text{общ}} = (U'_{\text{пр}} + v_o t_o + U_{\text{пд}} k_l k_{t \text{ пд}} + U'_1 k_{\text{кр}}) k_s k' . \quad (3.8)$$

Для участков присечных выработок, которые после надработки или подработки оказались под или над краевыми частями пластов или под (над) целиками на надрабатывающем (подрабатывающем) пластах, общие расчётные смещения пород следует определять по формулам (3.7) и (3.8) с умножением величин $(v_n t_n + U'_1 k_{\text{кр}})$ и $(U_{\text{пд}} k_l k_{t \text{ пд}} + U'_1 k_{\text{кр}})$ на коэффициент $k_{\text{од}}$.

Разделение общих расчётных смещений пород $U_{\text{общ}}$ на смещения пород кровли $U_{\text{кр}}$ и почвы $U_{\text{п}}$ в присечных выработках производится по формуле (3.5).

3.2.3. Определение смещения пород кровли и почвы в выработках, сохраняемых для повторного использования

Смещения пород в выработках, сохраняемых для повторного использования, следует определять по формулам:

$$U_{\text{общ}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) k_{\text{кр}}] k_s \quad (3.9)$$

и

$$U_1^{\text{ост}} = k_{\text{опр}} m + v_1 t_1. \quad (3.10)$$

Смещения пород в выработках, сохраняемых для повторного использования, в случае их проведения и поддержания в надроботанном или подработанном массиве, следует определять по формуле (3.9), умножая правую часть выражения на коэффициент 0,8; в выработках, подвергающихся воздействию полной подработки, следует использовать формулу:

$$U_{\text{общ}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + v_n t_n + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) k_{\text{кр}}] k_s. \quad (3.11)$$

В выработках, подвергающихся воздействию полной подработки:

$$U_{\text{общ}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{гпд}} + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) k_{\text{кр}}] k_s. \quad (3.12)$$

Для участков выработок, сохраняемых для повторного использования, которые после подработки или надроботки оказались под или над краевыми частями пластов или под (над) целиками угля на надробатывающем (подработывающем) пласте, общие расчётные смещения пород следует определять по формулам (3.11) и (3.12) с умножением в них величин $[v_n t_n + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) k_{\text{кр}}]$ и $[U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{гпд}} + (U_1 + U_1^{\text{ост}} + U_2) k_{\text{кр}}]$ на коэффициент $k_{\text{од}}$.

В выработках, сохраняемых для повторного использования при отработке тонких и средней мощности пластов, разделение смещений $U_{\text{общ}}$ следует производить по формулам:

$$U_{\text{кр}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + (U_1 + U_2) k_{\text{кр}}] k_S k_K + m k_{\text{опр}} k_S k_{\text{кр}} \quad (3.13)$$

и

$$U_{\text{н}} = [k_{\text{пр}} U_{\text{пр}} + v_o t_o + (U_1 + U_2) k_{\text{кр}}] k_S (1 - k_K) + v_1 t_1 k_S k_{\text{кр}}. \quad (3.14)$$

При воздействии надработки использовать формулу (3.13) с добавлением слагаемого $(U_{\text{н}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}}) k_S k_K$ и формулу (3.14) с добавлением $(U_{\text{н}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}}) k_S (1 - k_K)$; при воздействии подработки – формулу (3.13) с добавлением слагаемого $(U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}}) k_S k_K$ и формулу (3.14) с добавлением $(U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}}) k_S (1 - k_K)$.

3.2.4. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, проводимых за очистным забоем

На несближенных (одиночных) пластах смещения пород в выработках, проводимых и поддерживаемых позади очистного забоя в выработанном пространстве, следует определять по формуле:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{оф}} k_S. \quad (3.15)$$

Для выработок, охраняемых двусторонними бутовыми полосами, смещения пород следует принимать по формуле (3.15) с умножением правой части формулы на коэффициент 0,8.

На сближенных пластах смещения пород в выработках, проводимых и поддерживаемых позади очистного забоя в выработанном пространстве, при условии, что выработки находятся в ранее надработанном или подработанном массиве, смещения пород следует определять по формуле:

$$U_{\text{общ}} = 0,8 U_{\text{оф}} k_S; \quad (3.16)$$

в случае, если оформление выработки подвергается дополнительному воздействию полной надработки – по формуле:

$$U_{\text{общ}} = (U_{\text{оф}} + U_{\text{н}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}}) k_S; \quad (3.17)$$

в случае, если оформляемые выработки подвергаются дополнительному воздействию полной подработки – по формуле:

$$U_{\text{общ}} = (U_{\text{оф}} + U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}}) k_{\text{с}}. \quad (3.18)$$

Для участков выработок, которые после надработки или подработки оказались под или над краевыми частями пластов или под (над) целиками угля на надрабатываемом (подрабатываемом) пластах, общие расчётные смещения пород следует определять по формулам (3.17) и (3.18) с умножением в них величин $(U_{\text{н}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}})$ и $(U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}})$ на коэффициент $k_{\text{од}}$.

В оформляемых за очистным забоем выработках разделение общих расчётных смещений $U_{\text{общ}}$ на смещения кровли $U_{\text{кр}}$ и почвы $U_{\text{п}}$ следует производить по формулам:

$$U_{\text{кр}} = 0,3mk_{\text{с}}; \quad (3.19)$$

$$U_{\text{п}} = (U_{\text{оф}} - 0,3m)k_{\text{с}}; \quad (3.20)$$

в случае проведения выработок в надработанном или подработанном массиве:

$$U_{\text{кр}} = 0,24mk_{\text{с}}; \quad U_{\text{п}} = (0,8U_{\text{оф}} - 0,24m)k_{\text{с}}; \quad (3.21)$$

в случае полной надработки:

$$U_{\text{кр}} = [0,3m + (U_{\text{в}} + v_{\text{н}} t_{\text{н}})k_{\text{к}}]k_{\text{с}}; \quad (3.22)$$

$$U_{\text{п}} = [(U_{\text{оф}} - 0,3m) + U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}} (1 - k_{\text{к}})]k_{\text{с}}; \quad (3.23)$$

в случае полной подработки:

$$U_{\text{кр}} = [0,3m + (U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}} k_{\text{к}})]k_{\text{с}}; \quad (3.24)$$

$$U_{\text{п}} = [(U_{\text{оф}} - 0,3m) + U_{\text{пд}} k_{\text{л}} k_{\text{тпд}} (1 - k_{\text{к}})]k_{\text{с}}. \quad (3.25)$$

Определение смещений пород кровли и почвы в подготовительных выработках, проводимых и поддерживаемых в условиях, отличных от вышеописанных, следует производить в соответствии с работами [11], [12].

3.3. Расчёт и выбор охраны выемочной выработки

3.3.1. Принципиальные рекомендации по охране выемочных выработок

Основным способом разработки угольных пластов в пределах выемочных полей на шахтах Восточного Донбасса должна быть выемка угля без оставления целиков при следующих способах охраны и поддержания выемочных пластовых выработок:

- с проведением и поддержанием выработок в массиве угля с погашением их за очистным забоем;

- с проведением выработок в массиве угля и поддержанием позади забоя лавы для повторного использования с помощью искусственных ограждений;

- с проведением и поддержанием выработок вприсечку к выработанному пространству с погашением их за очистным забоем;

- с проведением выработок позади очистного забоя с поддержанием в выработанном пространстве.

Охрана выемочных пластовых выработок угля допускается с соответствующим обоснованием, как правило, только при отработке одиночных пластов, не опасных по горным ударам и выбросам угля и газа, а также в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях (высокая нарушенность участка, значительные углы падения, при применении сплошной системы разработки и т. д.). Размеры целиков принимаются в соответствии с Указаниями [11].

Наиболее эффективным технологическим решением является бесцеликовый способ охраны выемочных выработок и повторное их использование. При этом почти вдвое снижается объём проведения подготовительных выработок, повышается концентрация горных работ и нагрузки на очистной забой и панель (горизонт), упрощается транспортировка угля и материалов.

В то же время условия поддержания выемочных выработок при их повторном использовании наиболее тяжёлые. За весь срок эксплуатации выработки подвергаются последовательному влиянию двух очистных забоев и около половины этого срока поддерживаются на границе с выработанным

пространством. Влияние опорного давления, возникающего в результате выемки угля при ведении очистных работ, сдвигении пород кровли над выработанным пространством при неправильно выбранных параметрах крепи и охраны приводят к развитию в выработке больших смещений, следствием которых является часто неоднократный ремонт, связанный со значительными трудовыми и материальными затратами.

Необходимость большого объёма ремонтных работ иногда является причиной несвоевременного ввода в эксплуатацию очистных забоев и снижения нагрузки на них.

До сих пор на шахтах Восточного Донбасса распространены традиционные виды искусственных охранных конструкций: деревянные костры, накатник, бутокостры, бутовые полосы, выкладываемые вручную, и значительно реже тумбы из блоков БЖБТ и органые деревянные крепи. Применение наиболее эффективных конструкций: жёстких литых полос, породных полос, возводимых с помощью пневмозакладочных комплектов, – носит экспериментальный характер, хотя их высокая эффективность подтверждена мировой практикой.

3.3.2. Выбор способов охраны выемочных выработок при бесцеликовой выемке

Повторное использование выработок, охраняемых искусственными ограждениями, производится при столбовой, комбинированной и сплошной системах разработки угольных пластов лавами по простиранью, падению и восстанию

Выбор способов охраны выработки должен производиться совместно с выбором крепи и мероприятий по уменьшению смещений кровли в связи с тем, что в формулу (3.47) расчёта суммарных смещений входит слагаемое $(mk_{\text{опр}}k_Sk_{\text{кр}})$, учитывающее податливость искусственных ограждений. О влиянии изменения способа охраны на величину суммарных смещений кровли $U'_{\text{кр}}$ можно судить по рекомендуемым для практического

использования в Указаниях [11] значениям коэффициента $k_{\text{оxp}}$. При охране выработки литыми полосами $k_{\text{оxp}}$ принимается равным 0,10; при охране железобетонными тумбами – 0,15; рядами органной крепи – 0,20; бутокострами – 0,30; кострами из круглого леса – 0,60. При уменьшении $k_{\text{оxp}}$ общие смещения кровли снижаются, поэтому целесообразным является применение жёстких охранных конструкций с меньшим значением $k_{\text{оxp}}$.

Согласно Указаниям [11] и Инструкции [12] выбор охранных конструкций производится путём подбора варианта, при котором общие смещения $U'_{\text{кр}}$, определяемые по формуле (3.47), должны быть меньше максимальной податливости крепи Δ_1 .

Однако выполнение этого условия не всегда означает, что охранный конструкция выбрана правильно. Роль охранный конструкции состоит не только в том, чтобы обеспечить смещения пород в выработке за лавой в пределах податливости постоянной крепи, но и в том, чтобы создать максимально благоприятные условия на сопряжении очистной и подготовительных выработок для увеличения нагрузки на очистной забой и обеспечения безопасности работ.

В зависимости от компрессионной характеристики искусственные охранные конструкции по отношению к породам кровли могут выполнять роль опорно-обрезной крепи.

Проведённые на шахтах Восточного Донбасса наблюдения позволили установить, что разлом пород непосредственной кровли над штреком, сопровождающийся ухудшением условий для повторного использования выемочных выработок, происходит в случае, когда

$$k_{\text{оxp}} \geq \frac{(b + b_6)\alpha_{\text{пр}}}{m_{\text{в}}}, \quad (3.26)$$

где $k_{\text{оxp}}$ – коэффициент охраны, показывающий отношение смещений кровли над охранный конструкцией к вынимаемой мощности пласта $m_{\text{в}}$, после отхода очистного забоя на расстояние 100–120 м;

$b + b_6$ – соответственно ширина выработки в проходке и ширина бермы, м;

$\alpha_{пр}$ – предельный коэффициент опускания кровли на 1 м её длины в направлении, перпендикулярном оси штрека, при котором кровля разрушается и разламывается у границы угольного массива.

Значения $\alpha_{пр}$ для различных пород следует принимать по данным наблюдений в конкретных выработках. Ориентировочные значения $\alpha_{пр}$, которые можно использовать при отсутствии таких наблюдений, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Состав пород непосредственной кровли	Значения $\alpha_{пр}$ для пород	
	с глинистым цементом	С карбонатным или кварцево-кремнистым цементом
Аргиллиты, глинистые и песчано-глинистые сланцы	0,03–0,04	0,05–0,06
Алевриты, песчаные сланцы	0,04–0,05	0,06–0,07
Песчаники	0,05–0,06	0,07–0,08
Известняки	–	0,08–0,09

Для предотвращения разлома кровли над штреком необходимо, чтобы величина податливости применяемых искусственных ограждений $k_{охр}$ была меньше, чем рассчитанная по формуле (3.26).

Искусственные ограждения, обладающие большой податливостью с $k_{охр} = 0,20–0,60$ (бутовые полосы, деревянные костры, бутокостры, чураковые стенки), способны, как правило, нести только опорную функцию, т. е. поддерживать опускающиеся после разлома у границы угольного массива блоки непосредственной и основной кровли от опускания на почву пласта. Смещения блоков непосредственной и основной кровли прекращаются, когда отпор ограждений уравнивает вес опускающихся породных блоков. Лишь на весьма тонких пластах или при плавном

опускающихся кровлях (типа A_4^1), при данных охранных конструкциях, разлом кровли над штреком может не происходить.

Жёсткие ограждения, т. е. охранные конструкции, обладающие относительно небольшой податливостью с $k_{\text{опр}} = 0,10-0,20$ (деревянная органная крепь, кусты, тумбы БЖБТ, литые полосы из быстродействующих материалов), являются опорно-обрезной крепью, т. е. служат опорой, за которой происходит обрушение непосредственной, а при достаточном отпоре и основной кровли.

Повышение жёсткости охранных конструкций предотвращает разлом и интенсивное опускание кровли в выемочных выработках, значительно снижает деформацию крепи. В итоге сокращается вывалообразование на сопряжениях очистных и подготовительных выработок, улучшаются условия для выноса приводов из очистных забоев в прилегающие выработки.

В связи с изложенным применение жёстких охранных конструкций предпочтительнее, чем податливых. Лишь в условиях весьма слабых боковых пород, когда возможно внедрение жёстких охранных конструкций в почву или кровлю, следует применять более податливые конструкции.

Применение податливых охранных конструкций целесообразно также в условиях, когда в непосредственной и основной кровле пластов мощностью до 1,0–1,2 м залегают породы, склонные к плавному опусканию, излома которых над штреком не происходит.

Для эффективного поддержания выемочных выработок и сокращения вывалообразования на их сопряжениях с очистными забоями необходимо стремиться к минимально возможному отставанию охранных конструкций от забоя лавы.

3.3.3. Расчёт максимальных ожидаемых нагрузок на искусственные охранные конструкции

Расчёт максимальных ожидаемых нагрузок на охранные конструкции производится из условия обеспечения выполнения ими как обрезной, так и

опорной функций. Методика расчёта зависит от типа кровли по нагрузочным свойствам.

В настоящее время на шахтах Восточного Донбасса можно выделить следующие основные типы кровель по их нагрузочным свойствам:

1 ТИП. Непосредственная кровля на высоту более 5-6 вынимаемых мощностей пласта сложена легко- и среднеобрушаемыми породами, типа A_1 , A_2 (см. табл. 2.1).

Нагрузка на искусственные ограждения может быть определена по формуле:

$$P_p = \gamma_n m_n \left(b + b_б + b_{ок} + c + \frac{m_n}{2 \operatorname{tg} \varphi} \right), \text{ кН/м}, \quad (3.27)$$

где γ_n – средний объёмный вес пород непосредственной кровли, кН/м^3 ;

m_n – мощность активной непосредственной кровли, создающей нагрузку на крепь (см. формулу 2.3), м;

b – ширина подготовительной выработки в проходке, м;

$b_б$ – ширина бермы, м;

$b_{ок}$ – ширина охранной конструкции, м;

c – зависание нижних слоёв непосредственной кровли за охранной конструкцией, м;

φ – угол обрушения пород за охранной конструкцией ($\varphi = 45\text{--}60^\circ$).

Величина зависания пород за охранной конструкцией ориентировочно может быть определена из выражения $c = 1,6 \sqrt{m_{н.с} f_{н.с}}$, где $m_{н.с}$ и $f_{н.с}$ соответственно мощность и крепость по М. М. Протодьяконову нижнего слоя непосредственной кровли.

2 ТИП. Непосредственная кровля на высоту (4-5) вынимаемых мощностей пласта сложена среднеобрушаемыми породами типа A_2 , выше залегают породы типа A_3 , A_4 .

В этом случае разрушение пород кровли чаще происходит за охранной конструкцией узкими блоками высотой, равной мощности непосредственной

кровли, которые ступенчато смещаясь относительно друг друга, образуют арочную систему.

Нагрузки на охранные конструкции в этих условиях могут быть определены по формуле:

$$P_p = \gamma_n m_6 (b + b_6 + b_{ок} + 0,5n_6 l_6), \text{ кН/м}, \quad (3.28)$$

где m_6 – высота блоков, м;

n_6 – количество блоков, зависающих за охранной конструкцией до касания их с почвой, ориентировочно определяется по формуле

$$n_6 = \frac{m_6 - 0,20}{0,18}, \text{ шт.};$$

l_6 – ширина блоков, обычно равна шагу передвижки посадочной крепи в лаве, м.

3 ТИП. Непосредственная кровля на высоту от нуля до 3-4 вынимаемых мощностей пласта сложена легко- и среднеобрушающимися породам (A_1 и A_2), выше или непосредственно над пластом залегают породы типа A_3 и A_4 , обрушающиеся за охранной конструкцией длинными блоками высотой h_0 и длиной L_0 .

В этом случае расчётная нагрузка на охранную конструкцию может быть определена по формуле:

$$P_p = \gamma_n m_n \left(b + b_6 + b_{ок} + c + \frac{m_n}{2 \operatorname{tg} \varphi} \right) + k_1 k_0 \left[1 - \frac{0,8 m_n (k_p - 1)}{m_b} \right] \gamma_0 h_0 L_0, \text{ кН/м}, \quad (3.29)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий место излома основной труднообрушающейся кровли. Если излом происходит над охранной конструкцией, то $k_1 = 1,0$, если над угольным массивом или целиком – $k_1 = 0,5$;

k_0 – коэффициент, учитывающий пригрузку нижнего выделившегося слоя основной кровли вышележащими слоями. При отношении $\frac{m_n + h_0}{m_b} \geq 6-7$

$$k_o = 1,0; \text{ при } \frac{m_n + h_o}{m_b} \geq 3-4 \quad k_o = 1,35; \text{ при } \frac{m_n + h_o}{m_b} < 3-4 \quad k_o = 1,5;$$

γ_o – средний объёмный вес первого выделившегося слоя

труднообрушаемой основной кровли, кН/м³;

L_o – длина блоков, начиная от стенки подготовительной выработки, противоположной лаве: ориентировочно L_o может приниматься равной наибольшему фактическому шагу вторичной осадки основной кровли, м;

h_o – мощность первого выделившегося слоя основной кровли, м.

Мощность первого выделившегося слоя определяется в соответствии с рекомендациями подраздела 1.1, но она не должна приниматься при расчёте менее 1,5–2,0 м.

При выполнении мероприятий по разупрочнению основной труднообрушающейся кровли, в том числе отсечного торпедирования, значения L_o определяются в зависимости от места пересечения труднообрушающихся слоёв основной кровли скважинами. При залегании непосредственно над пластом слоя труднообрушающихся пород мощностью менее 4-5 вынимаемых мощностей пласта и осуществлении торпедирования вышележащих слоёв основной кровли значение L_o принимается равным естественному шагу вторичных осадок нижнего слоя труднообрушающейся кровли, а значение коэффициента k_o при этом принимается равным 1,10. При разупрочнении нижнего слоя труднообрушаемой кровли шпуровым методом мощность уменьшается на высоту $(2-3)m_b$, а мощность непосредственной кровли соответственно увеличивается, значение k_1 принимается равным 1,0.

4 ТИП. В непосредственной кровле залегают породы типа A_4^1 , склонные к плавному опусканию.

Максимальная нагрузка на охранную конструкцию при породах кровли, склонных к плавному опусканию, возрастает в случае выхода примерно параллельной оси поддерживаемой выработки протяжённой тектонической трещины:

$$P_p = 0,35(5 - 6)m_b \gamma_H (b + b_6 + b_{ок} + c_1), \text{ кН/м}, \quad (3.30)$$

где c_1 – зависание пород за охранной конструкцией до момента касания их с почвой пласта, м, обычно $c_1 = 10\text{--}12$ м.

3.3.4. Расчёт параметров охранных конструкций

Ряды тумб из железобетонных блоков БЖБТ. Необходимое количество железобетонных тумб на 1 пог. м. длины выработки определяется по формуле:

$$n_T = \frac{k_p P_p}{k_{BT} P_{TH}}, \quad (3.31)$$

где k_p – коэффициент, учитывающий неравномерную нагрузку на тумбы в ряду и их неравномерную прочность, $k_p \approx 1,50$;

P_{TH} – средняя несущая способность БЖБТ высотой 0,6 м и менее, равная 1500 кН для тумб из бетона М200 и 200 кН – для тумб из бетона марки М300;

k_{BT} – коэффициент, учитывающий влияние высоты тумбы на её несущую способность, принимаемый по данным табл. 3.2 [24].

Таблица 3.2

$m, \text{ м}$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
k_{BT}	1,00	0,98	0,95	0,83	0,73	0,62

Расчитанное число тумб округляется в большую сторону по расчитанному числу тумб на 1 пог. м выработки, по табл. 3.3 выбирается схема выкладки тумб и расположение блоков, гранями длиной соответственно 0,5 или 0,4 м к охраняемой выработке.

Железобетонные тумбы из блоков следует обязательно устанавливать на деревянные или резиновые (из старой конвейерной ленты) подкладки. Между блоками в тумбах должны укладываться деревянные или резиновые прокладки. Все прокладки и подкладки должны иметь контакт с блоками по всей их поверхности. Суммарная толщина деревянных и резиновых прокладок, подкладок и накладок в тумбе должна составлять не менее 10–

15 % её высоты. Толщина деревянных прокладок принимается в пределах 15–25 мм, резиновых 10–15 мм Толщина деревянных подкладок, на которые устанавливаются тумбы, и прокладок между тумбой и кровлей может изменяться в пределах от 40 до 200 мм.

Таблица 3.3

Схема выкладки тумбового ряда или колонны	Вариант	Предельная сопротивляемость ряда ЖБТ, кН/м, при мощности пласта в м					
		0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Однорядная	А	4000	3920	3800	3320	2920	2480
	Б	5000	4900	4750	4150	3650	3100
Полуторная	А	6000	5880	5700	4980	4380	3720
	Б	7000	6860	6650	5810	5110	4340
Двухрядная	А	8000	7840	7960	6640	5840	4960
	Б	10000	9800	9500	8300	7300	6200
В кострах по 4 тумбы	А	5000	4900	4750	4150	3650	3100
	Б	6667	6534	6334	5534	4867	4134
В кострах по 6 тумб	А	7500	7350	7125	6225	5475	4650
	Б	10000	9800	9500	8300	7300	6200

Примечание – А, Б – при расположении блоков гранями длиной соответственно 0,5 и 0,4 м к охраняемой выработке. При укладке тумб колоннами в деревянных кострах ширина костра вдоль выработки соответственно составляет: при А – 1,6 м, при Б – 1,2 м

Полную деформацию тумбы с прокладками, подкладками и накладками под нагрузкой $P > 1000$ кН можно вычислить по формуле [25]:

$$\Delta h_T = k_{cm} h_{\Pi} + 0,1(P_T - 1000) [0,32 - 0,0001(P - 1000)], \text{ мм}, \quad (3.32)$$

где k_{cm} – коэффициент смятия прокладок, подкладок и накладок; $k_{cm} = 0,5$ при деревянных элементах и $k_{cm} = 0,75$ при резиновых элементах;

h_{Π} – суммарная начальная толщина подкладок, прокладок и накладок, мм;

P_T – нагрузка на тумбу, кН.

Расчётная нагрузка на одну тумбу определяется по формуле:

$$P_T = \frac{P_p k_p}{n_{\phi} k_{BT}}, \quad (3.33)$$

где n_{ϕ} – фактическое число тумб на 1 пог. м выработки, шт.

Из данного уравнения следует, что при нагрузках 1000 кН на тумбу толщина всякого рода деревянных элементов уменьшается в два раза,

резиновых элементов в четыре раза, дальнейшее изменение высоты тумб идёт за счёт притирки и сжатия блоков.

Коэффициент $k_{\text{оxp}}$ при использовании тумб может приниматься равным 0,15 [11] или, более точно, определяться по формуле:

$$k_{\text{оxp}} = \frac{0,001\Delta h_{\text{T}}}{m_{\text{в}} - 0,6\alpha_{\text{max}} l_{\text{ок}}}, \quad (3.34)$$

где 0,001 – коэффициент пропорциональности, так как Δh_{T} измеряется в миллиметрах, а $m_{\text{в}}$ и $l_{\text{ок}}$ метрах.

Для исключения разрушения бермы ряды тумб следует устанавливать на расстоянии не менее высоты бермы или производить упрочнение бермы анкерами.

Органная деревянная крепь. Количество стоек органной крепи или количество стоек в кустах на 1 м выработки рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{k_{\text{p}} P_{\text{п}}}{P_{\text{н.с}}}, \quad (3.35)$$

где k_{p} – коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения и пороки деревянной органной крепи. При установке органной крепи на лежни и под брус толщиной каждый не менее 100 мм $k_{\text{p}} = 1,3$; при установке органной крепи только под брус толщиной более 100 мм $k_{\text{p}} = 1,4$; при установке органной крепи под обаполы толщиной 50–60 мм и на лежни толщиной 50–60 мм или только под обаполы толщиной менее 50–60 мм $k_{\text{p}} = 1,5$;

$P_{\text{н.с}}$ – несущая способность одной стойки органной крепи в зависимости от её длины и диаметра, кН, принимается по табл. 3.4 [26].

Результаты лабораторных и шахтных замеров показывают, что деформация (смятие) деревянных стоек вдоль волокон в органных рядах при нагрузках близких к разрушающим, составляет 7–8 % их первоначальной длины.

Высота деревянных брусьев, обаполов и лежней при наборе расчётного сопротивления органной крепью уменьшается примерно в два раза [25].

Таблица 3.4

Диаметр стоек, м	Несущая способность при длине стоек в м, кН									
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
0,10	195	165	125	115	106	96	87	78	67	59
0,12	223	203	192	181	170	158	145	136	124	113
0,14	306	286	278	260	246	233	220	207	194	180
0,16	407	382	367	352	337	322	307	291	276	261
0,18	510	496	474	457	440	423	406	389	373	356
0,20	635	615	596	577	559	540	521	501	484	465
0,22	775	753	732	712	690	670	649	629	608	587
0,24	924	904	881	859	836	814	791	768	746	723
0,26	1094	1070	1046	1021	997	972	948	923	897	874
0,28	1272	1248	1221	1195	1169	1142	1116	1089	1063	1037
0,30	1465	1442	1413	1386	1357	1329	1300	1272	1244	1216

Примечание – Для сырого леса прочность стоек снижается на 10–15 %

Расчётный коэффициент охраны $k_{\text{опр}}$, который согласно Указаниям [11] равен 0,20, при использовании органной крепи более точно можно определить по формуле:

$$k_{\text{опр}} = \frac{0,08l_{\text{ст}} + 0,5h_{\text{дп}}}{m_{\text{в}} - 0,6\alpha_{\text{мах}} l_{\text{ок}}}, \quad (3.36)$$

где $l_{\text{ст}}$ – длина стоек органной крепи, м;

$$l_{\text{ст}} = m_{\text{в}} - 0,6\alpha_{\text{мах}} l_{\text{ок}} - h_{\text{дп}},$$

здесь $h_{\text{дп}}$ – высота деревянных брусьев, обаполов и лежней, м;

$\alpha_{\text{мах}}$ – максимальная величина коэффициента опускания кровли на 1 м подвигания забоя, $\alpha_{\text{мах}} = 0,05$;

$l_{\text{ок}}$ – отставание места возведения органной конструкции от груди очистного забоя, м.

Органную крепь следует устанавливать на зачищенную почву по нормали к напластованию пород. При наличии нижней подрывки органная крепь должна устанавливаться от контура выработки на расстоянии,

примерно равном высоте бермы. При слабой почве и неустойчивой кровле на берме выработки между органичным рядом и крепью выработки рекомендуется выкладывать ряд деревянных костров, усиленных костров или костров из шпального бруса.

При прочности пород непосредственной почвы менее 20 МПа стойки органичного ряда должны обязательно устанавливаться на лежни.

Учитывая относительно малую величину податливости органичной крепи, её применение рекомендуется на весьма тонких и тонких пластах при установке стоек на лежни и под брус толщиной не менее 100 мм.

Литые полосы. Необходимая ширина литой полосы рассчитывается по формуле:

$$b_{л} = \frac{P}{q_{л}}, \quad (3.37)$$

где $q_{л}$ – прочность материала литой полосы через 24 часа после её возведения, кН/м²; принимается в зависимости от фактических свойств применяемых материалов, однако нормативная прочность материала литой полосы должна быть через 24 часа не менее 10000 кН/м². Практика показала, что ширина литой полосы должна быть примерно равна $m_{в}$, но не менее 1 м.

Наиболее эффективно применение литых полос при неустойчивой непосредственной и труднообрушающейся основной кровле. Опыт шахт Германии показывает, что наличие пучения почвы в охраняемых выработках не является препятствием для применения этого средства охраны. Как правило, максимальная податливость литых полос не превышает 5–10 %, поэтому с учётом опускания кровли до момента их установки при их применении $k_{\text{опр}}$ можно принимать равным 0,10 [11] или более точно определять по формуле:

$$k_{\text{опр}} = \frac{0,06h_{л}}{m_{в} - 0,6\alpha_{\text{max}} l_{\text{ок}}}, \quad (3.38)$$

где $h_{л}$ – начальная высота литой полосы, м;

$$h_{\text{л}} = m_{\text{в}} - 0,6\alpha_{\text{пнх}} l_{\text{ок}}.$$

При наличии нижней подрывки в выработке и кровле не ниже средней устойчивости расстояние от контура выработки до литой полосы должно быть не менее высоты нижней подрывки. При неустойчивой кровле литую полосу следует возводить непосредственно за контуром выработки.

В качестве материалов для литой полосы используются смеси на цементной, гипсовой, ангидритовой, фосфогипсовой основе с различными инертными наполнителями. Используемые материалы через сутки после укладки в полосу должны иметь прочность не менее $P_{\text{л}} = 10000 \text{ кН/м}^2$, а через 28 суток прочность их должна увеличиваться до величины не менее $P_{\text{л}} = 20000 \text{ кН/м}^2$. Материалы не должны терять прочности при воздействии на них шахтных вод и хорошо транспортироваться по трубопроводам.

Возведение полосы производится с применением опалубки. При устойчивой кровле используются передвижная опалубка, конструктивно связанная с лавной механизированной крепью. При залегании в кровле пород средней устойчивости применяется деревянная опалубка, состоящая из двух рядов стоек, обшитых досками. При неустойчивых и весьма неустойчивых породах кровли устанавливается один ряд деревянной опалубки со стороны выработанного пространства лавы. Со стороны выработки опалубкой служит контур постоянной крепи. В этом случае для изоляции выработки от проникновения закладочных смесей затяжка постоянной крепи должна покрываться со стороны литой полосы водоизолирующими плёнками.

Стойки деревянной опалубки выполняют роль временной крепи.

Существуют две технологические схемы возведения полос из твердеющих материалов:

- с расположением оборудования в специальной камере с минимальными размерами $8 \times 3 \text{ м}$;

- с расположением оборудования в выработке позади лавы (рис. 3.1).

При расположении оборудования в специальной камере максимально возможное расстояние от неё до места ведения работ составляет 250 м. то

есть при длине выемочного столба 1500 м необходимо сооружать не менее трёх таких камер.

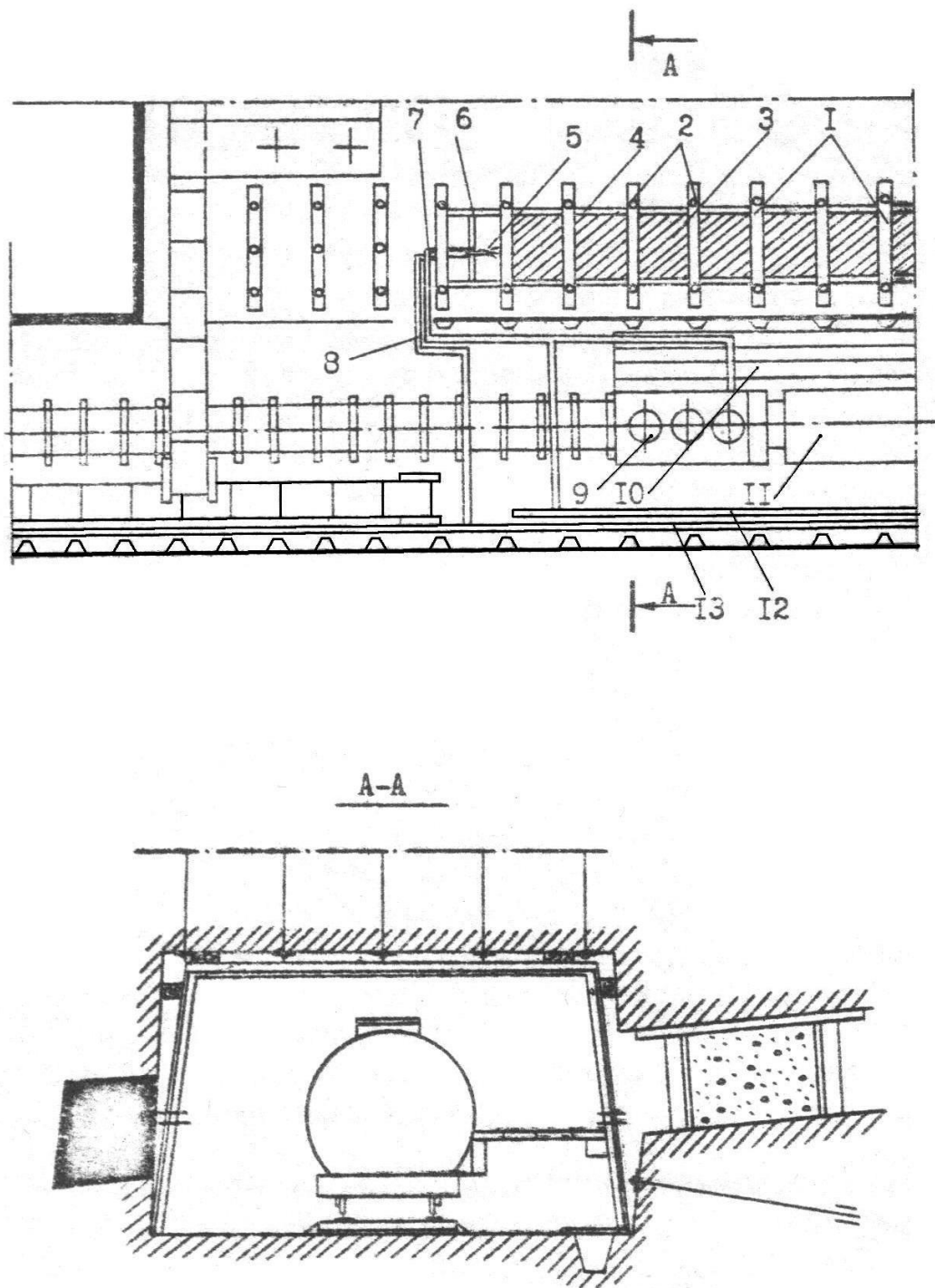


Рис. 3.1. Технологическая схема возведения литой полосы из твердеющих материалов:

- 1 – деревянный брус; 2 – стойка; 3 – полоса из фосфогипса; 4 – опалубка;
- 5 – сопло; 6 – предохранительный экран; 7 – рукав для подачи материала;
- 8 – рукав для подачи воды; 9 – ПБМ-2; 10 – подмости;
- 11 – вагонетка с фосфогипсом; 12 – трубопровод сжатого воздуха;

Предпочтительным является второй вариант, особенно при использовании бетонирующих машин на собственном рельсовом ходу.

При большой скорости конвергенции вмещающих пород кроме стоек опалубки может устанавливаться дополнительная временная крепь.

Бутовые и породные полосы. Для обеспечения надёжной работы бутовых и породных полос в качестве искусственных ограждений необходимо соблюдать следующие требования:

- ширина бутовых полос должна быть равной 6–8 значениям вынимаемой мощности пласта, но не менее 5 м; дальнейшее её увеличение уменьшает смещения пород кровли на сравнительно небольшую величину (обычно менее чем на 100 мм).

Значения $k_{\text{опр}}$ для условий Восточного Донбасса в зависимости от способа выкладки бутовых полос, предела прочности на сжатие пород, закладываемых в полосу, и глубины заложения охраняемой выработки приведены в табл. 3.5

Таблица 3.5

Способ выкладки бутовых и породных полос	Пределы прочности пород на сжатие, $\sigma_{\text{сж}}$, МПа	Значения коэффициентов охраны при глубине разработки в м	
		$100 \leq H \leq 600$	$600 \leq H \leq 1200$
Бутовые полосы, выкладываемые вручную	30–40	0,35–0,40	0,40–0,50
	40–60	0,30–0,35	0,35–0,45
	60	0,30	0,35
Бутовые полосы, выкладываемые ЗУ-1	30–40	0,45–0,50	0,50–0,55
	40–60	0,40–0,45	0,45–0,50
	60	0,40	0,45
Породные полосы, выкладываемые с помощью пневмозакладочных комплексов	30–40	0,30–0,35	0,35–0,40
	40–60	0,25–0,30	0,30–0,35
	60	0,25	0,30

Для выкладки бутовых полос из породы, получаемой из бутовых штреков или штреков, проходимых за лавой, площадь породного забоя в бутовом штреке или подготовительной выработке должна быть не менее, чем определённая по формуле:

$$S = \frac{L_b m_b}{k_{pb} \psi}, \text{ м}^2, \quad (3.39)$$

где L_b – ширина бутовой (породной полосы), м;

m_b – вынимаемая мощность пласта с учётом ложной кровли и почвы, м;

k_{pb} – коэффициент разрыхления горных пород при их отбойке с помощью буровзрывных работ. При $f = 3-5$ $k_{pb} = 1,8$; при $f = 5-8$ $k_{pb} = 1,9$; при $f \geq 9$ $k_{pb} = 2,0-2,1$; при механизированной отбойке породы в подготовительных выработках проходческими комбайнами и её дробления в дробилках $k_{pb} = 1,6-1,7$;

ψ – коэффициент использования разрыхлённой породы; в бутовых штреках $\psi = 0,95$, в подготовительных выработках $\psi = 0,90-0,95$.

Ряды костров и бутокостров из круглого леса и шпального бруса.

Эксперименты в лабораторных условиях и наблюдения за характером деформирования охранных конструкций из костров и бутокостров из круглого леса и шпального бруса в шахтных условиях позволили установить, что величина отпора костров и соответственно бутокостров различной площади и начальной высоты h_n в зависимости от изменения их относительной податливости $\Delta h / h_n$ (или, что то же самое, их коэффициента охраны $k_{охр}$) различается не более, чем на 5–10 %; и увеличивается с ростом $k_{охр}$ по параболической зависимости.

В связи с этим характеристики отпора костров и бутокостров различной площади и начальной высоты из круглого леса и шпального бруса, с различным числом узлов податливости хорошо описываются экспериментально полученными зависимостями, приведёнными на рис. 3.2.

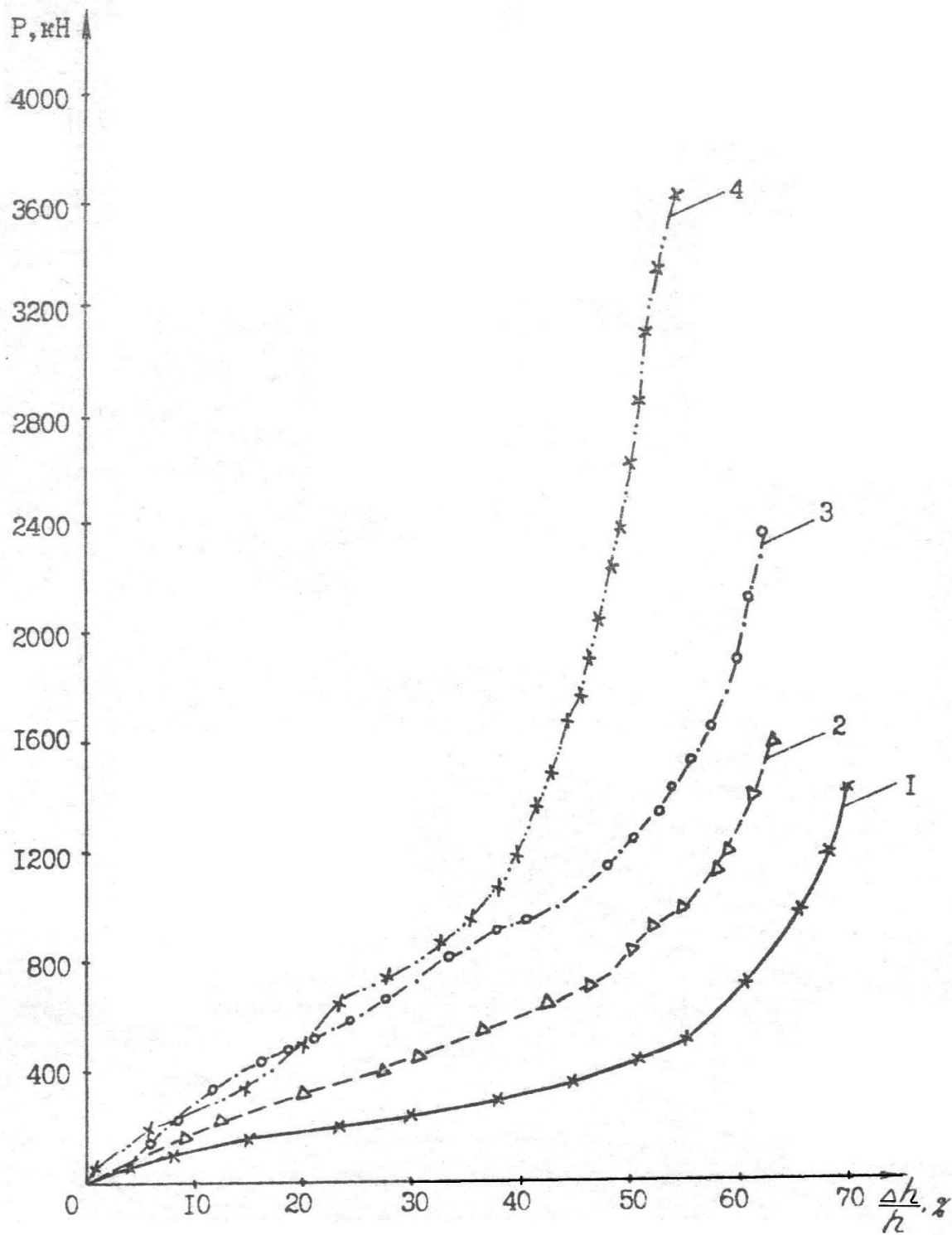


Рис. 3.2, а. Характеристика охранных конструкций из круглого леса:
 1 – один костёр с 4-мя узлами податливости; 2 – один костёр с 9-ю узлами податливости; 3 – один накатный костёр площадью 0,81 м²;
 4 – один бутокостёр

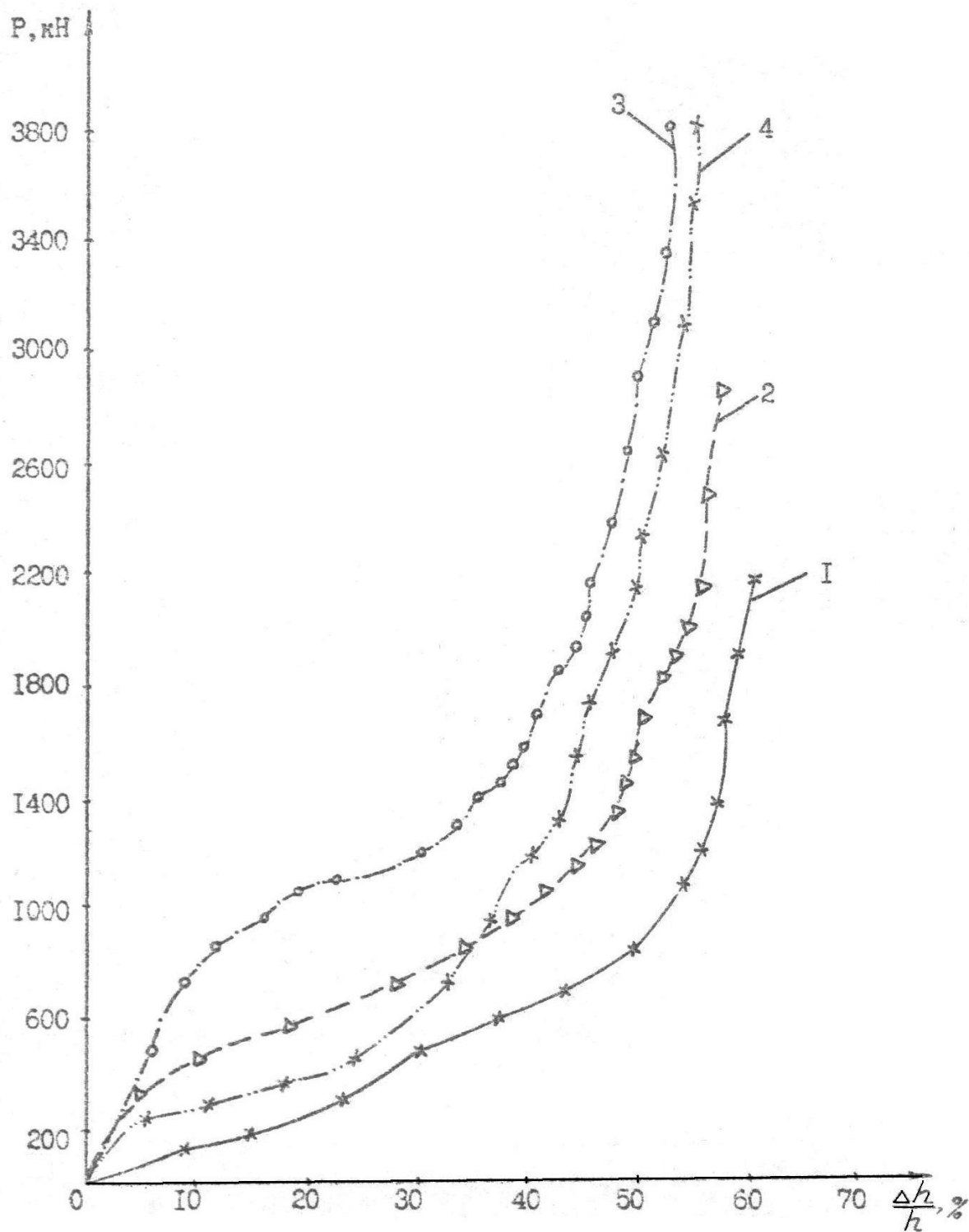


Рис. 3.2, б. Характеристика охранных конструкций из шпального бруса:
 1 – один костёр с 4-мя узлами податливости; 2 – один костёр с 9-ю узлами податливости; 3 – один накатный костёр площадью 0,81 м²;
 4 – один буюкостёр

Рекомендуется следующий порядок выбора параметров костров и бутокостров:

- по опытным данным, а при их отсутствии по формуле (3.26) определяется максимально допустимая в данных условиях величина $k_{\text{оxp}}$;

- по рис. 3.2 для данного значения $k_{\text{оxp}}$ определяется возможная несущая способность $P_{\text{н.с}}$ одного костра или бутокостра с соответствующим числом узлов податливости;

- количество рядов костров или бутокостров на 1 м длины выработки определяется по формуле:

$$n_{\text{к}} = \frac{P_{\text{п}} k_{\text{п}} (l_{\text{к}} + \Delta l_{\text{к}})}{P_{\text{н.с}}}, \quad (3.40)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения костров или бутокостров; $k_{\text{п}} = 1,5$ для костров; $k_{\text{п}} = 1,3$ для бутокостров;

$l_{\text{к}}$ – длина одного костра или бутокостра вдоль охраняемой выработки, м;

$\Delta l_{\text{к}}$ – расстояние между смежными кострами или бутокострами вдоль выработки, м;

$P_{\text{н.с}}$ – несущая способность одного костра или бутокостра, соответствующая максимально допустимому значению $k_{\text{оxp}}$, кН;

- полученные значения округляются в большую сторону и проверяются, правильно ли в формулах (3.26–3.30) принималась ширина охранной конструкции, которая при заданных параметрах костров определяется количеством рядов. При наличии существенных различий расчёт ожидаемой нагрузки на охранную конструкцию и количества рядов костров или бутокостров повторяют до тех пор, пока первоначально принятое при расчёте количество рядов не совпадёт с рассчитанным.

Следует отметить, что на практике более 2-3 рядов костров или бутокостров на 1 м выработки не устанавливаются. Поэтому если при расчёте $n_k > 3$, то следует отказаться от применения костров и бутокостров в качестве охранной конструкции и использовать охранные конструкции с большей несущей способностью.

Размеры костра выбираются таким образом, чтобы расстояние по осям стоек в кострах равнялось вынимаемой мощности пласта, а минимальная длина стоек для выкладки костров была на 0,3-0,4 м больше m_b .

Шаг установки костров вдоль выемочной выработки принимается кратным захвату комбайна или шагу передвижки крепи в лаве. Форма костров в плане может быть квадратной и прямоугольной. В любом случае размер костра по падению должен быть более величины $m_b + 0,4$ м.

При принятии решения по охране выработок рядами бутокостров необходимо определить возможность получения необходимого количества породы для заполнения костров из прорывного или буткового штрека. В отличие от буткового штрека прорывной штрек не крепится, шпуров бурятся из призабойного пространства, а взорванная горная масса извлекается через окна в органном ряду. При определении объёма извлекаемой из прорывного штрека горной массы следует считать, что извлечь горную массу из выработанного пространства через окно в органном ряду можно в радиусе не более 1 м от окна.

Расчёт необходимого количества породы для заполнения бутокостров производится следующим образом. Сначала определяется внутренний объём бутокостра

$$V_B = m_b b'_{\text{пад}} b'_{\text{прост}}, \text{ м}^3, \quad (3.41)$$

где m_b – вынимаемая мощность пласта, м;

$b'_{\text{пад}}$ – внутренний размер бутокостра по падению, м;

$b'_{\text{прост}}$ – то же по простиранию, м.

Затем определяется внутренний объём бутокостров на 1 пог. м штрека:

$$V'_b = \frac{V_b n_6}{l_6 + \Delta l_6}, \text{ м}^3, \quad (3.41)$$

где l_6 – внешний размер буюкостра, м;

Δl_6 – расстояние между кострами, м;

n_6 – количество рядов буюкоостров.

В связи с тем, что извлечению подлежит только горная масса в радиусе не более 1 м от окна в органном ряду, объём извлечённой горной массы $V_{\text{и}}$ составляет только часть объёма разрыхлённой БВР породы.

Необходимая площадь породного забоя прорывного или буюкового штрека может быть определена по формуле:

$$S_{\text{п}} \geq \frac{V'_b \psi}{k_{\text{рв}}}, \text{ м}^2, \quad (3.43)$$

где ψ – коэффициент использования разрыхлённой породы; при прорывных штреках $\psi = 0,60-0,65$; при буюковых – $\psi = 0,95$;

$k_{\text{рв}}$ – коэффициент разрыхления пород при взрывании; при крепости пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова $f = 3-5$ $k_{\text{рв}} = 1,8$; при $f = 5-8$ $k_{\text{рв}} = 1,9$; при $f \geq 9$ $k_{\text{рв}} = 2,0-2,1$.

Ряды накатных костров и накатник. Эксперименты в лабораторных условиях и наблюдения за характером деформации накатных костров и накатника из круглого леса и шпального бруса позволили установить, что величина их отпора изменяется по параболической зависимости в зависимости от изменения их относительной податливости (см. рис. 3.3) и растёт прямо пропорционально при увеличении площади костров или накатника.

Рекомендуется следующий порядок выбора параметров костров из накатника:

- по опытным данным, а при их отсутствии по формуле (3.26) определяется максимально допустимая в данных условиях величина $k_{\text{оп}}$;

- по рис. 3.3 для данного значения $k_{\text{охр}}$ определяется возможная несущая способность одного накатного костра из круглого леса или шпального бруса площадью 0,81 м²;

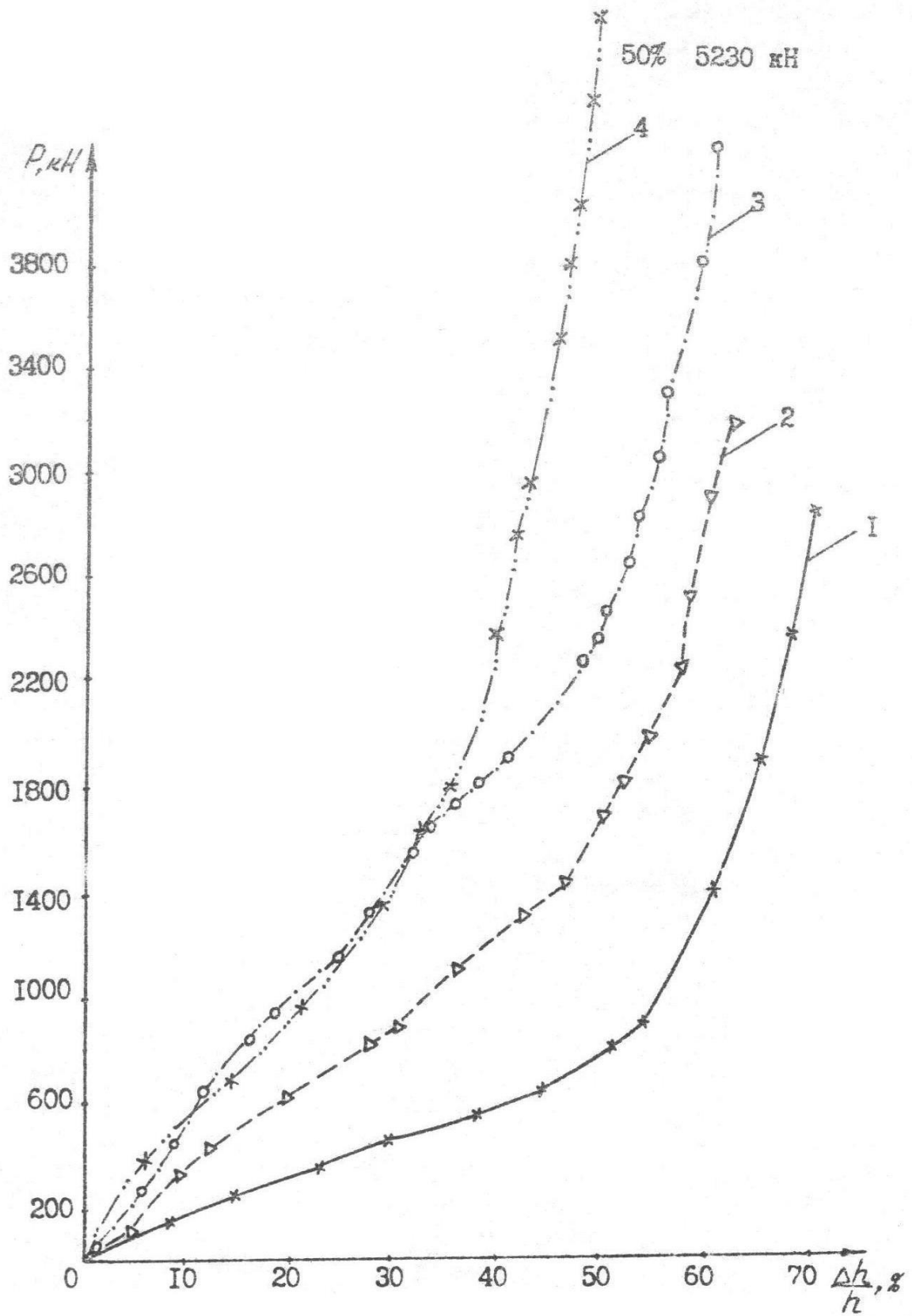


Рис. 3.3, а. Характеристика охранных конструкций из круглого леса:
 1 – два костра с 4-мя узлами податливости; 2 – два костра с 9-ю узлами податливости; 3 – два накатных костра общей площадью 1,62 м²;
 4 – два бутокостра

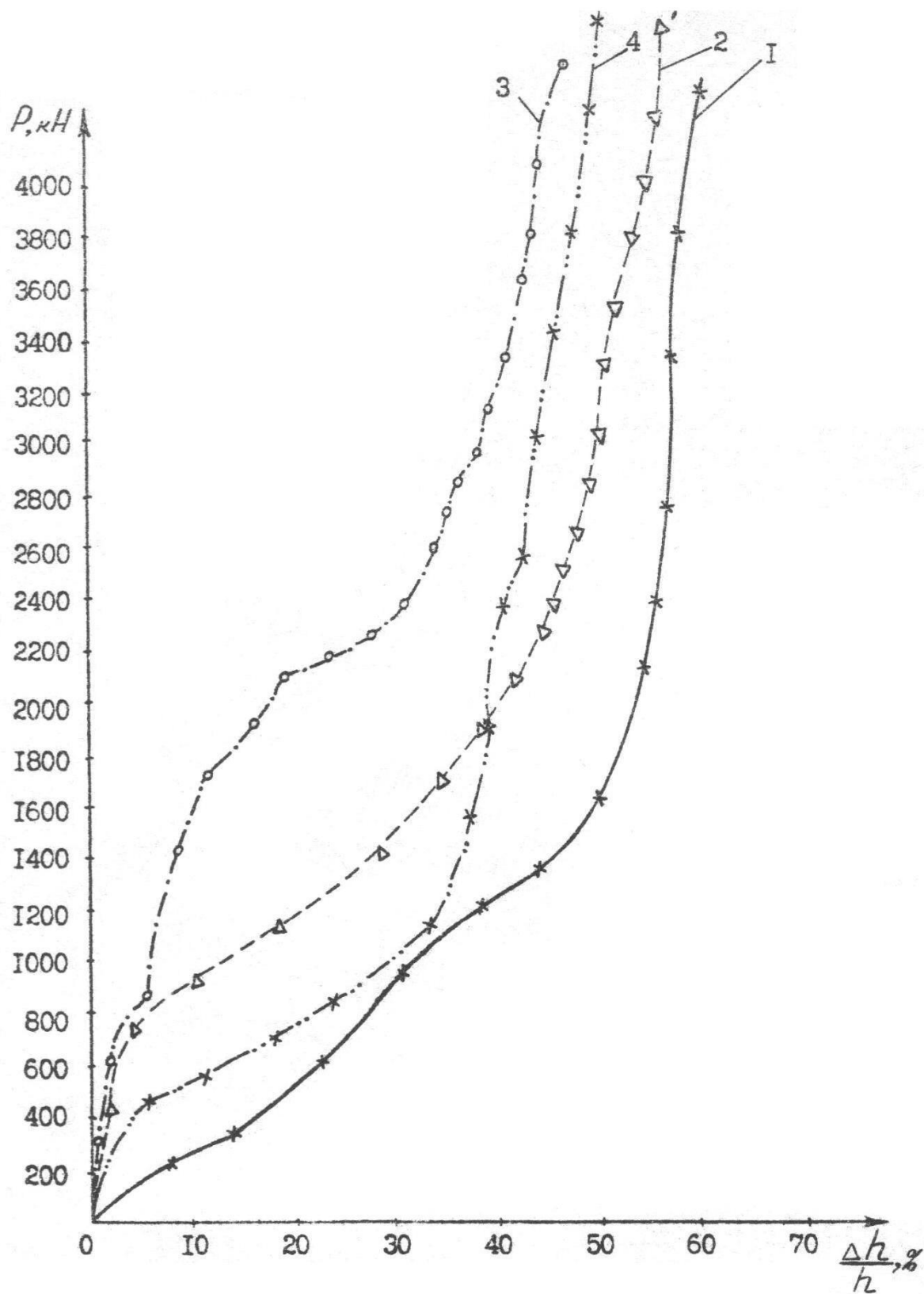


Рис. 3.3, б. Характеристика охранных конструкций из шпального бруса:
 1 – два кофра с 4-мя узлами податливости; 2 – два кофра с 9-ю узлами податливости; 3 – два накатных кофра общей площадью 1,62 м²;
 4 – два буткофра

- необходимая площадь накатных костров или накатника, выкладываемых на 1 пог. м длины охраняемой выработки, рассчитывается по формуле:

$$S_n = \frac{0,81P_p k_p}{P_n}, \text{ м}^2, \quad (3.44)$$

где k_p – коэффициент, учитывающий неравномерность нагружения костров или накатника; при кострах $k_p = 1,25$; при сплошной полосе из накатника $k_p = 1,10$;

- при выкладке накатных костров их размер по крайним точкам должен быть примерно равным вынимаемой мощности пласта.

Шаг установки костров вдоль выработки должен приниматься кратным захвату комбайна или передвижки крепи в лаве. При необходимости иметь большую расчётную площадь накатных костров увеличивают размер стоек, выкладываемых перпендикулярно оси выработки, или переходят к выкладке сплошных полос из накатника;

- проверяется, правильно ли в формулах (3.26–3.30) принималась ширина охранной конструкции. При наличии существенных отличий (более 10 %) расчёт ожидаемой нагрузки на охранную конструкцию и площади накатных костров на 1 пог. м выработки повторяют до тех пор, пока указанные отличия станут несущественными.

Следует отметить, что на практике более двух рядов накатных костров вдоль выработки не устанавливают.

3.4. Выбор формы и размеров сечения выработки, типа и параметров крепи

Выбор формы сечения и типа крепи подготовительных выработок определяется устойчивостью пород кровли и углом падения пласта. Размеры сечения выработок определяются условиями их эксплуатации, необходимостью размещения в них транспортных средств, оборудования,

прохода для людей с соблюдением требуемых зазоров в соответствии с ПБ с учётом запаса на осадку.

При проведении выработок в устойчивых породах рекомендуется применение анкерной крепи в качестве постоянной с установкой подпорной крепи в зоне влияния очистных работ. Параметры анкерной крепи следует определять в соответствии с действующими в Восточном Донбассе нормативными документами.

Характеристики анкерных крепей приведены в приложении 5.

Выработки, проводимые в среднеустойчивых и неустойчивых породах, следует крепить металлической податливой крепью. При проведении выработок в породах средней устойчивости рекомендуется применять металлическую трапециевидную (прямоугольную) крепь КМП-Т(П). Причём, в горизонтальных выработках, проводимых без подрывки кровли, трапециевидная (прямоугольная) металлическая податливая крепь может использоваться при угле падения пласта менее 12° .

При проведении выработок в породах ниже средней устойчивости рекомендуется применять арочную крепь КМП-А3, КМП-А5.

При прогнозировании значительных смещений пород почвы в выработку могут применяться крепи с обратным сводом. Сведения о металлических податливых крепях приведены в приложении 6.

Выбор параметров металлической податливой крепи для подготовительных выработок, примыкающих к очистному забою, производится на основе расчёта ожидаемых смещений пород и нагрузок на крепь в соответствии с Инструкцией по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок [12].

В Восточном Донбассе наиболее распространённым вариантом является проведение подготовительной выработки в массиве пород с сохранением для повторного использования после прохода первой лавы. Выбор крепи для таких выработок производится следующим образом.

Вначале производится выбор крепи на период проведения выработки и её поддержания до прохода первой лавы. Смещения пород кровли в этот период определяются по формуле:

$$U_{\text{кр}} = U + k_{\text{кр}} k_s k_k U_1, \quad (3.45)$$

где U – смещения пород кровли выработки вне зоны влияния очистных работ;

$k_{\text{кр}} k_s k_k U_1$ – смещения кровли выработки в зоне временного опорного давления первой лавы.

В формуле (3.45) и ниже все обозначения даются в соответствии с Инструкцией [12].

Расчётная нагрузка на 1 м подготовительной выработки со стороны кровли определится по формуле:

$$P = k_{\text{п}} k_{\text{пр}} b P^{\text{н}}. \quad (3.46)$$

Нормативная нагрузка на крепь $P^{\text{н}}$ определяется по соответствующему графику в зависимости от смещений $U_{\text{кр}}$, определяемых по формуле (3.45). и ширины выработки b .

Выбор крепи производится по данным приложения б в зависимости от необходимой ширины выработки, площади её сечения и рассчитанных значений смещений пород кровли $U_{\text{кр}}$ и нагрузки на крепь P . В приложении б приведены значения сопротивления крепи при работе в податливом режиме N_s и максимальной податливости крепи Δ .

Плотность установки рам металлической податливой крепи определяется по формуле $n \geq P / N_s$ с округлением в большую сторону.

На этом расчёт крепи на период до прохода первой лавы заканчивается.

При выборе крепи следует учитывать следующее.

При $U_{\text{кр}} \leq 100$ мм рекомендуется применять анкерную крепь. При $100 \text{ мм} < U_{\text{кр}} \leq 400$ мм – рекомендуется трёхзвенная арочная крепь

(КМП-А3). При $400 \text{ мм} < U_{\text{кр}} \leq 700 \text{ мм}$ может применяться пятизвенная арочная крепь.

При больших прогнозируемых величинах смещений $U_{\text{кр}} > 700 \text{ мм}$ необходимо предусмотреть возможность их снижения, в том числе за счёт изменения места заложения выработки.

Общие суммарные смещения кровли за весь срок службы выработки определяется по формуле:

$$U'_{\text{кр}} = U_{\text{кр}} + (U_1 k_{\text{к}} + m k_{\text{охр}}) k_{\text{с}} k_{\text{кр}}, \quad (3.47)$$

где первое слагаемое – величина смещений, определённая по формуле (3.45), второе слагаемое – величина смещений, рассчитанная с учётом податливости охранных конструкций, учитываемой коэффициентом $k_{\text{охр}}$. Расчётная нагрузка на 1 м подготовительной выработки P' определяется по формуле (3.46). При этом новое значение нормативной нагрузки $P^{\text{н}}$ определяется по тому же графику [12], в зависимости от общих суммарных смещений кровли $U'_{\text{кр}}$, рассчитанных по формуле (3.47). На основе рассчитанных значений нагрузки $P^{\text{н}}$ и общих смещений $U'_{\text{кр}}$ производится выбор мероприятий по обеспечению поддержания выработки во время повторного использования, в том числе выбор способов уменьшения смещений пород кровли. При этом необходимое сопротивление крепи усиления определяется как разность $P_{\text{ус}} = P' - P$.

3.5. Способы уменьшения смещений пород кровли в подготовительных выработках

При соответствии суммарных смещений кровли $U'_{\text{кр}}$ конструктивной величине податливости постоянной крепи Δ мероприятия по уменьшению смещений кровли не предусматриваются.

Если расчётные суммарные смещения $U'_{\text{кр}}$ превышают максимальную податливость крепи Δ , то необходимо проводить мероприятия с целью

снижения смещений кровли. Такие мероприятия могут предусматривать: усиление крепи, упрочнение пород или уменьшение завесаний пород путём взрывания отсечных скважин.

Усиление крепи может быть достигнуто установкой дополнительных стоек или рам крепи в промежутках между установленными ранее. В качестве дополнительных рекомендуется использовать гидравлические или металлические стойки трения. Их следует устанавливать впереди забоя лавы и сохранять позади него на расстояниях, приведённых в табл. 3.6. При слабых породах почвы ($f \leq 3$) крепь усиления может устанавливаться на металлические или деревянные опоры.

Таблица 3.6

Глубина расположения выработки, м	Расстояние (м) от очистного забоя при основной кровле					
	легко- и среднеобрушающейся			труднообрушающейся		
	l_1	l_2	l_3	l_1	l_2	l_3
Менее 300	20	60	30	30	100	50
300–600	25	65	35	35	110	55
600–900	25	65	35	40	120	60
Более 900	30	70	40	45	130	65

Примечание –
 l_1 – протяжённость участка установки крепи усиления впереди первого очистного забоя;
 l_2 – то же позади первого очистного забоя;
 l_3 – то же впереди второго очистного забоя

Упрочнение пород достигается установкой анкеров или нагнетанием специальных составов или растворов. Для упрочнения пород можно использовать анкеры различных типов: распорные, клинощелевые, с закреплением химическими составами или растворами на цементной или фосфогипсовой основе, винтовые и трубчатые.

Длина анкеров и плотность их установки должна определяться в соответствии с нормативными документами, действующими в Восточном Донбассе. Установку упрочняющих анкеров наиболее целесообразно производить при проведении выработки или на расстоянии не меньшем l_1 впереди первого очистного забоя, определённом по табл. 3.6.

При постоянной анкерной крепи в выработке на расстоянии l_1 впереди первого очистного забоя (табл. 3.6) должна устанавливаться рамная подпорная крепь, в качестве которой могут применяться металлическая податливая трапециевидная (прямоугольная) крепь КМП-Т(П), деревянная крепь, а также смешанная крепь, состоящая из деревянных стоек и металлических верхняков.

Упрочнение пород кровли выработки нагнетанием специальных составов или растворов следует производить впереди очистного забоя на расстоянии меньшем l_1 , определяемом по табл. 3.6, но не ближе точки максимума опорного давления (8–15 м впереди забоя). Для нагнетания могут применяться различные составы и растворы: фосфогипсовые, пенополиуретановые, магнезиальные и др. Нагнетание производится через предварительно пробуренные шпуров длиной не менее 1,5 м с помощью специальных установок. Применении нагнетания составов и растворов для упрочнения пород целесообразно при образовании вокруг выработки зоны разрушенных пород, приводящей к значительному росту нагрузки на крепь. Наиболее эффективно нагнетание составов или растворов для упрочнения сильнотрещиноватых пород на отдельных участках выработки в местах пересечения ею геологических нарушений.

При наличии в кровле выработок труднообрушающихся пород эффективным средством снижения конвергенции пород в выработке является отсечное торпедирование кровли. Сущность его заключается в создании параллельной выработке поверхности ослабления в массиве кровли за счёт взрывания скважинных зарядов впереди очистного забоя.

В результате сокращается длина консолей зависания пород кровли над выработанным пространством и снижаются смещения кровли в выработке за первой лавой.

Способ отсечного торпедирования рекомендуется применять в тех случаях, когда смещения пород, определяемые по формуле (3.32), незначительны, а после прохода забоя первой лавы резко возрастают,

превышая податливость крепи ($U'_{кр} > \Delta$), в том числе при её усилении и ужесточении охранной конструкции. Способ отсечного торпедирования запрещается применять на шахтах, опасных по газу и пыли, при необходимости расположения скважин в перемятых породах или породах с раскрытыми трещинами, при сплошной системе разработки.

Взрывные работы должны вестись на расстоянии от забоя лавы большем величины l_1 , определяемой по табл. 3.6. Отсечные скважины могут располагаться перпендикулярно подготовительной выработке или диагонально.

При перпендикулярном расположении отсечные скважины бурятся диаметром 42 мм на высоту $h_c \geq 11m$, где m – мощность пласта. Расстояние между скважинами принимается равным 4–5 м. Угол наклона скважины в сторону выемочного столба первой лавы принимается из расчёта, что проекция забоя скважины на пласт должна быть на расстоянии не более 4 м от подготовительной выработки. Длина забойки должна быть не менее 30 % длины скважины. Недостатком этого способа расположения скважин является необходимость бурения большого их числа и постоянного ведения взрывных работ.

Более рациональным является диагональное расположение скважин длиной порядка $L_c = 80$ м. Диаметр диагональных отсечных скважин должен быть на 25 мм больше диаметра заряда и обычно составляет $d = 90–105$ мм. Расстояние l_k между отсечными скважинами определяется по формуле:

$$l_k = 120d. \quad (3.48)$$

С целью предотвращения разрушения породного контура выработки нижний торец заряда в скважине должен отстоять от него на расстоянии $b_c = 6–7$ м.

Высота заложения верхнего торца заряда в скважине определяется по формуле:

$$h_c = 15m. \quad (3.49)$$

Угол наклона отсечной скважины в плоскости пласта определяется по формуле:

$$\varphi_c = \arcsin\left(\frac{h_c}{L_c}\right). \quad (3.50)$$

Угол разворота отсечной скважины в плоскости пласта от направления выработки определяется по минимально возможному расстоянию b_c от породного контура выработки до нижнего торца заряда в скважине, при котором обеспечивается предохранение породного контура от разрушения при взрывании заряда в скважине:

$$\beta_c = \arcsin \frac{\sqrt{(b_c / S_c)^2 - \sin^2 \varphi_c}}{\cos \varphi_c}, \quad (3.51)$$

где S_c – длина забойки.

Расстояние между устьями соседних отсечных скважин по длине подготовительной выработки определяется по формуле:

$$t_c = (L_c - S_c) \cos \beta_c \cos \varphi_c. \quad (3.52)$$

Обычно при проведении отсечного торпедирования на пологих пластах рекомендуется принимать следующие параметры скважин: $\varphi_c = 7-10^\circ$; $\beta_c = 10-15^\circ$; $t_c = 50$ м; диаметр заряда – 70 мм. В качестве ВВ используется аммонит № 6 ЖВ. Подробно вопросы технологии и организации работ по отсечному торпедированию кровли изложены в [1], [13].

Выбор способа снижения смещений кровли производится с учётом области применения каждого способа путём перерасчёта и сравнения значений прогнозируемых смещений кровли и нагрузок на крепь с требуемыми по условиям эксплуатации крепи.

Величина смещений кровли после проведения упрочнения пород анкерами, установки крепи усиления, увеличения плотности установки рамной крепи определяются по формуле:

$$U''_{кр} = k_{oc} k_{ус} k_{анк} U'_{кр}, \quad (3.53)$$

где коэффициенты учитывают влияние увеличения плотности крепи (k_{oc}),

крепи усиления (k_{yc}), анкерной крепи ($k_{анк}$) на снижение смещений. Величины коэффициентов определяются по табл. 6 [9].

Для определения смещений кровли при применении отсечного торпедирования следует провести перерасчёт по формулам (3.45–3.47) с учётом уменьшения коэффициента $k_{кр}$ в формуле (3.45) на 20 %.

Для определения расчётных смещений кровли после упрочнения пород скрепляющими составами или растворами также следует провести перерасчёт по формулам (3.45–3.47) в связи с изменением величины U в формуле (3.45) за счёт уменьшения типовых смещений из-за увеличения расчётного сопротивления пород сжатию по п. 3.9 Указаний [11].

Затем производится сравнение податливости крепи Δ с полученной величиной смещений U'' . Применение любого из способов может рекомендоваться при $\Delta \geq U''$. Для обеспечения выполнения этого условия может быть осуществлено совместное применение способов. Если несколько способов снижения смещений удовлетворяют условию $\Delta \geq U''$, выбор способа следует производить путём экономического сравнения вариантов или из условия целесообразности по технологическим и организационным факторам.

При незначительном росте напряжений в зоне опорного давления подпорная крепь в выработке, закреплённой анкерами, может устанавливаться за лавой. В этом случае выбор подпорной крепи производится аналогично вышеизложенному.

При выборе способа снижения смещений кровли с применением анкеров следует учитывать следующее. Если выработка закреплена трёхзвенной арочной крепью, упрочнение кровли замковыми анкерами рекомендуется при прогнозируемых смещениях кровли $U'_{кр} \leq 600$ мм. При пятизвенной арочной крепи упрочнение кровли замковыми анкерами рекомендуется при прогнозируемых смещениях кровли $U'_{кр} \leq 1000$ мм.

При $1000 \text{ мм} < U'_{\text{кр}} \leq 1500 \text{ мм}$ рекомендуется упрочнять кровлю анкерами, закреплёнными по всей длине шпура. При $U'_{\text{кр}} > 1500 \text{ мм}$ упрочнение кровли анкерами, закрепляемыми по всей длине шпура, должно применяться в сочетании с нагнетанием скрепляющих составов или растворов в породы кровли.

3.6. Управление горным давлением при использовании технологии заполнения закрепного пространства

Забутовка закрепного пространства играет важную роль в формировании нагрузок на металлическую арочную крепь и обеспечении её работоспособности. При некачественно выполненной забутовке возникают вывалы пород кровли, обуславливающие динамические нагрузки на крепь, но качественно забутовать вручную сводовую часть закрепного пространства практически невозможно. Поэтому рекомендуется механизированное заполнение закрепного пространства предварительно рассортированной породой с применением забутовочных машин.

Более эффективным средством обеспечения повышения работоспособности арочной крепи является заполнение пустот за крепью твердеющими материалами.

Своевременное (до начала расслоения пород) заполнение закрепного пространства твердеющими материалами обеспечивает быстрое восприятие нагрузки крепью, что предотвращает возникновение и развитие неупругих деформаций пород приконтурной зоны и позволяет сохранить естественную несущую способность породного массива. Тампонажный слой выравнивает величину усилий, действующих на арочную крепь. Вместо нагрузок на изгиб под действием сосредоточенных усилий, возникающих на выступах породного массива, крепь по периметру выработки испытывает нагрузку на сжатие.

В случаях, когда тампонаж производится после образования зоны разрушенных пород, заполнение твердеющим материалом закрепных пустот

позволяет скрепит между собой отдельные блоки пород, частично восстановить их прочность, а также предохраняет их от дальнейшего разрушения и агрессивного воздействия внешней среды. В результате проведения тампонажа в работу дополнительно вовлекается породобетонная оболочка толщиной 0,5–0,8 м.

Тампонаж закрепного пространства обеспечивает совместную работу металлической рамы, тампонажного слоя и породного массива.

Несущая способность арочной крепи с полным тампонажем закрепного пространства при её проседании под воздействием горного давления в 3-4 раза выше, чем несущая способность этой же крепи с забутовкой.

Полный тампонаж высококачественными твердеющими материалами ($\sigma_{сж} \geq 40$ МПа) в наибольшей степени отвечает требованиям крепления подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях. Однако высокие затраты на такие материалы и их дефицитность накладывают ограничения на масштабы их применения. Использование дешёвых, но менее прочных материалов является решением, позволяющим сократить затраты при достаточно высоком отпорном сопротивлении затампонированной крепи.

Другим решением, позволяющим сократить затраты на материалы, их доставку и нагнетание за крепь, является частичное заполнение закрепного пространства, в том числе с использованием специальных оболочек, укладываемых на рамы крепи. Несущая способность крепи при частичном тампонаже ниже, чем при полном, но для большинства условий в Восточном Донбассе является достаточной.

Заполнение твердеющими материалами закрепного пространства выемочных штреков уменьшает смещения пород кровли как при первом, так и при повторном их использовании.

При сочетании анкерования кровли с заполнением пустот за арочной крепью твердеющими материалами действия каждого из способов суммируются.

3.6.1. Технология заполнения закрепного пространства выработок твердеющими материалами

В зависимости от способа транспортирования твердеющего материала к месту укладки различают гидромеханический и пневматический способы тампонажа. При гидромеханическом способе материал в виде пасты или суспензии транспортируется по трубопроводу в потоке воды, при пневматическом – в сухом виде по трубопроводу в потоке воздуха и у конца трубопровода затворяется водой.

К преимуществам пневматического способа следует отнести:

- низкое водотвёрдое отношение вносимой в закрепное пространство затворённой смеси, что обуславливает минимальное увлажнение приконтурной зоны, а также быстрое схватывание смеси;

- не требуется тщательная гидроизоляция контура выработки и отшива заполненного участка со стороны забоя;

- производство тампонажа возможно в непосредственной близости к проходческому забою;

- возможность транспортирования материала на большие расстояния.

К недостаткам пневматического способа относятся значительное пылеобразование, высокий расход сжатого воздуха (15 и более м³/мин), малая проникающая способность вносимого в закрепное пространство материала, высокий износ трубопроводов.

Преимуществами гидромеханического способа являются отсутствие необходимости борьбы с пылью, способность раствора проникать в тонкие трещины приконтурной зоны, что в итоге обеспечивает частичное

восстановление прочности нарушенных пород; использование только электрической энергии. Недостаток его – необходимость качественно гидроизолировать контур выработки, невозможность останавливать поток твердеющего материала при необходимости, невозможность транспортировать раствор на большие расстояния.

Существуют способы частичного гидромеханического заполнения, при которых раствор нагнетается в специальные ёмкости (рукава, оболочки), уложенные за крепь. Это позволяет вносить материал в непосредственной близости к забою без трудоёмкой гидроизоляции межрамного ограждения. При этом заполнение закрепного пространства производится только над рамами крепи, что значительно снижает трудоёмкость и расход материала, обеспечивает сохранение свободного доступа к пласту.

По направлению подачи материала при его внесении в закрепное пространство различают тампонаж с осевой и радиальной подачей. При осевой подаче твердеющий материал вносится в пространство между породным массивом и затяжкой со стороны проходческого забоя. При радиальной – наносится через межрамное ограждение из металлической сетки на породные стенки и крепь методом набрызга и подаётся через кондукторы в закрепные пустоты.

В зависимости от степени совмещённости в пространстве и во времени операций по заполнению закрепного пространства с основными проходческими процессами различают четыре технологические схемы:

- параллельная – заполнение закрепного пространства производится на удалении от забоя одновременно с проходкой выработки;

- параллельно-совмещённая – подготовительно-заключительные тампонажные операции выполняются одновременно с основными проходческими процессами, а подача материала в закрепное пространство осуществляется при остановленной проходке;

- совмещённая – заполнение закрепного пространства производится в непосредственной близости к забою одновременно с проходкой выработки;

- последовательная – проведение выработки осуществляется отдельными участками с производством в каждом из них тампонажных работ при полной остановке забоя.

Проведение тампонажа по параллельной схеме практически не снижает скорость проходки и несложно с точки зрения организации работ. Тампонаж выработок гидромеханическим способом, за исключением методов, при которых раствор нагнетается в специальные ёмкости, уложенные за крепь, целесообразно проводить именно по этой схеме. По геомеханическим критериям данная схема уступает остальным, так как не удовлетворяется требование раннего восприятия нагрузки крепью и допускается значительная разгрузка, а иногда и расслоение приконтурного породного массива. Поэтому в сложных горно-геологических условиях при интенсивном проявлении горного давления следует применять другие схемы.

Заполнение по совмещённой схеме производят пневматическим способом с радиальным направлением подачи материала участками длиной по 2–5 м в соответствии с величиной подвигания выработки за один цикл или суточной проходкой. Проведение тампонажа по этой схеме требует использования высокопроизводительных установок (не менее $10 \text{ м}^3/\text{ч}$). Невыполнение этого условия значительно ограничивает скорость проведения выработок.

При параллельно-совмещённой схеме раствор нагнетают гидромеханическим способом в специальные ёмкости, уложенные за крепь, или производят заполнение закрепного пространства пневматическим способом с осевой подачей материала. В последнем случае для одновременного выполнения операций по тампонажу и проходческих процессов необходимо создание в забое второго рабочего уровня. При этом закрепное пространство, как и по совмещённой схеме, заполняют участками по 2–5 м. Схема является наиболее рациональной в случае проходки по неустойчивым породам, склонным к обрушениям.

Сущность последовательной схемы состоит в следующем. Выработка проводится на заходку в 15–20 м с установкой рамной крепи и межрамного ограждения. Затем проходку останавливают и приступают к тампонажу гидромеханическим или пневматическим способом пройденного участка. После этого снова приступают к проведению и креплению выработки. В такой последовательности цикл операций повторяют до сооружения выработки на проектную длину. Применение этой схемы заметно снижает скорость проведения выработки.

Сочетание частичного заполнения закрепного пространства, осуществляемого по параллельно-совмещённой или совмещённой схеме, с полным заполнением закрепного пространства, производимым по параллельной схеме, называют комбинированной технологией тампонажа. Примером такой технологии является заполнение раствором тканевых рукавов, уложенных на рамы арочной крепи в непосредственной близости от проходческого забоя, с последующим проведением полного тампонажа на удалении от проходческого забоя. При неустойчивой, склонной к обрушениям кровле заполнение рукавов вблизи забоя способствует быстрому введению крепи в работу, предотвращающему вывалообразование, что позволяет осуществлять полное заполнение в более поздний период.

3.6.2. Выбор технологии заполнения закрепного пространства

Заполнение закрепного пространства твердеющими материалами рекомендуется проводить в выемочных выработках с металлической арочной крепью при ожидаемых (прогнозируемых) конечных смещениях пород кровли после прохода первой лавы $(U_1 k_k + m k_{\text{опр}}) k_s k_{\text{кр}} > 350$ мм (см. формулу 3.47) с целью обеспечения их безремонтного использования. В табл. 3.7 приведены рекомендации по выбору технологии заполнения закрепного пространства в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий.

Расшифровка условных обозначений технологий заполнения закрепного пространства, принятых в табл. 3.7, приведена в табл. 3.8.

Сведения о технологических схемах заполнения пустот, используемых материалах и оборудовании, а также методика расчёта необходимого количества материалов приведены в приложении 7.

Более полно вопросы технологии и организации безопасного производства работ по заполнению закрепных пустот твердеющими материалами изложены в Руководствах [14], [15].

Таблица 3.7

Горно-геологические условия			Способ проведения выработки	Условные обозначения технологии заполнения закрепного пространства при конечных смещениях кровли после прохода первой лавы в мм		
Основная кровля	Непосредственная кровля	Почва		350–450	450–550	Более 550
Труднообрушающаяся	Средней устойчивости, представлена песчанистыми или глинистыми сланцами $f = 5-7, m = 4-7$ м	Не склонная к пучению	Буровзрывной	3см	3см + анк.* или 1с	1с + анк.* или 1с
Труднообрушающаяся	Неустойчивая, возможны вывалы при проведении, представлена глинистыми или песчано-глинистыми сланцами $f = 3-5, m = 4-7$ м	Не склонная к пучению	Буровзрывной	3см	3см + анк.* или 3см + 1с или 3с	1с + анк.* или 3см + 1с или 3
			Комбайновый	3р	3р + анк.* или 3р + 1с или 2с	1с + анк.* или 3р + 1 или 2
Любая	Весьма неустойчивая, склонная к вывалообразованию, представлена глинистыми сланцами $f < 3, m \geq 4$ м	То же	Буровзрывной	3см	3см + 1с или 3с	3см + 1 или 3
			Комбайновый	3р	3с + 1с или 2с	3р + 1 или 2

* «+ анк.» означает, что указанная технология закрепного пространства рекомендуется только при условии упрочнения пород кровли анкерами

Таблица 3.8

Технологическая схема заполнения	Способ заполнения закрепного пространства	Условные обозначен ия
1	2	3
Параллельная	Полный (в том числе с оставлением свободного доступа к пласту с одной стороны), с подачей материала гидромеханическим способом	1
	Частичный, сводовой части закрепного пространства, с подачей материала гидромеханическим способом	1с
Параллельно-совмещённая	Полный (в том числе с оставлением свободного доступа к пласту с одной стороны), с подачей материала пневматическим способом в радиальном направлении	2
	Частичный, сводовой части закрепного пространства, с подачей материала пневматическим способом в радиальном направлении	2с
Совмещённая	Полный (в том числе с оставлением свободного доступа к пласту с одной стороны), с подачей материала пневматическим способом в осевом направлении (с использованием второго рабочего уровня)	3
	Частичный, сводовой части закрепного пространства, с подачей материала пневматическим способом в осевом направлении (с использованием второго рабочего уровня)	3с
	Частичный, сводовой части закрепного пространства (только над верхняками крепи), с подачей материала гидромеханическим способом в мешки, уложенные за крепь	3см
	Частичный, только над рамами, с подачей материала гидромеханическим способом в специальные рукава, уложенные на крепь	3р
Сочетание совмещённой с параллельной	Частичный, с подачей материала гидромеханическим способом в рукава, уложенные на крепь, вблизи забоя, с последующим полным заполнением закрепного пространства на удалении от забоя	3р + 1
	Частичный, с подачей материала гидромеханическим способом в рукава, уложенные на крепь, вблизи забоя, с последующим заполнением всей сводовой части закрепного пространства на удалении от забоя	3р + 1с
	Частичный, с подачей материала гидромеханическим способом в мешки, уложенные за крепь, вблизи забоя, с последующим полным заполнением закрепного пространства гидромеханическим способом на удалении от забоя	3см + 1
	Частичный, с подачей материала гидромеханическим способом в мешки, уложенные за крепь, вблизи забоя, с последующим заполнением всей сводовой части закрепного пространства гидромеханическим способом на удалении от забоя	3см + 1с

3.7. Способы борьбы с пучением пород почвы

В выработках, где смещения почвы U_n , рассчитанные в соответствии с Указаниями [11], не превышают допустимых по условиям эксплуатации величин, мероприятия по борьбе с пучением не предусматриваются.

Если $U'_n > \Delta_n$, где Δ_n – допустимая величина пучения по условиям эксплуатации выработки, следует планировать проведение мероприятий по предотвращению пучения пород или ликвидации его последствий.

После проведения выработки окружающие её породы теряют прочность под действием напряжений, концентрирующихся на её контуре, а также воды и влаги воздуха.

Поэтому способы предотвращения пучения почвы основаны на:

- упрочнении пород или проведении мероприятий по сохранению их прочности;
- снижении напряжений в массиве окружающих выработку пород или расположении выработки в существующих зонах минимальных напряжений или пониженных деформаций;
- применении соответствующих конструкций крепи и крепи усиления.

Расположение выработок в зонах минимальных напряжений возможно при проведении их:

- позади очистного забоя;
- вприсечку к выработанному пространству;
- под выработанным пространством вблизи кромки нетронутого массива угля.

Для снижения напряжений в массиве окружающих выработку пород могут использоваться разгрузочные щели или скважины, разгрузочные полосы и рыхление массива взрыванием шпуров.

Для упрочнения пород почвы используют анкерование, нагнетание скрепляющих составов или растворов.

Среди применяемых для предотвращения пучения средств крепления следует указать на использовании кольцевой крепи или крепи с обратным сводом и установку крепи усиления, а также формированием в почве искусственного породо-бетонного свода.

Крепь усиления рекомендуется использовать для предотвращения пучения пород крепостью $f \geq 2$. Установка крепи усиления должна производиться точно так же, как описано в подразделе 3.5.

Устройство разгрузочной щели в выработке позволяет обеспечить снижение напряжений в породах почвы за счёт перемещения горизонтальных напряжений в породах почвы за счёт перемещения горизонтальных напряжений вглубь массива. При этом зона возможного смятия пород также перемещается на большую глубину. Этот способ позволяет обеспечить снижение напряжения в течение определённого времени в связи с тем, что горизонтальные смещения пород почвы приводят к смыканию стенок щели и пучение возобновляется.

Рекомендуемая ширина разгрузочной щели в мягких породах ($f < 3$) составляет 30–40 см, в более крепких породах – до 20–30 см.

Соотношение глубин разгрузочной щели b и ширины выработки $2a$ определяет характер напряжений в породах почвы. Если сравнить породный блок, прорезанный щелью, с балкой, на которую снизу действует сила P , то при соотношении $a:b > 1$ (рис. 3.4, а) она будет испытывать напряжение от изгиба, а при $a:b < 1$ (рис. 3.4, б) действует нагрузка на срез. Предпочтительным является второй вариант, поэтому рекомендуется глубина разгрузочной щели, превышающая половину ширины выработки. При мощности слабых пучащих пород меньше половины ширины выработки и залегании под ними прочных пород глубина щели принимается равной мощности пучащих пород. Разгрузочную щель рекомендуется заполнять податливым материалом низкой прочности, например, пенополиуретаном.

Применение данного способа ограничивается породами почвы, в которых можно прорезать щель механическим способом, то есть крепостью $f < 4$.

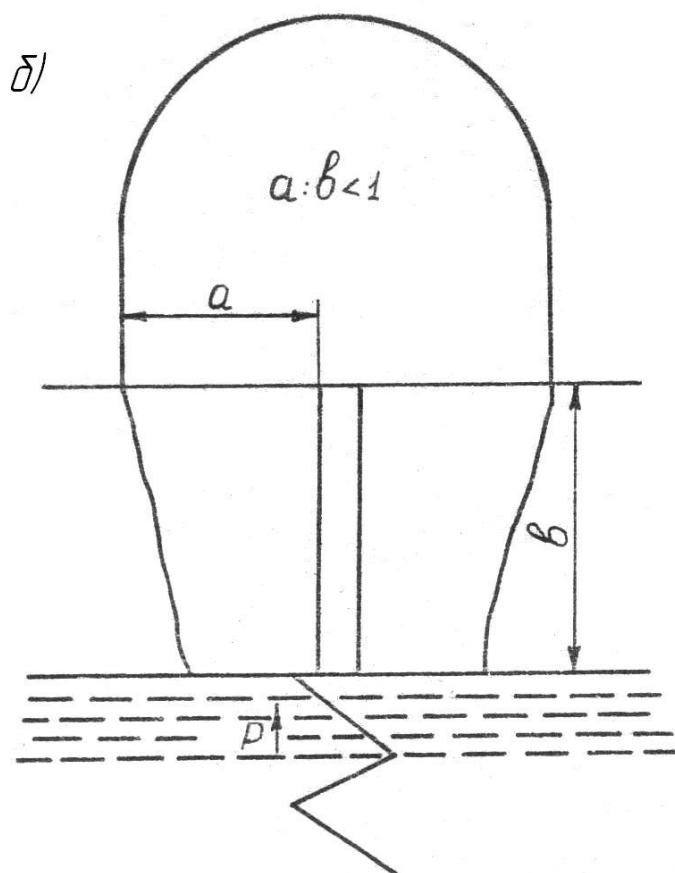
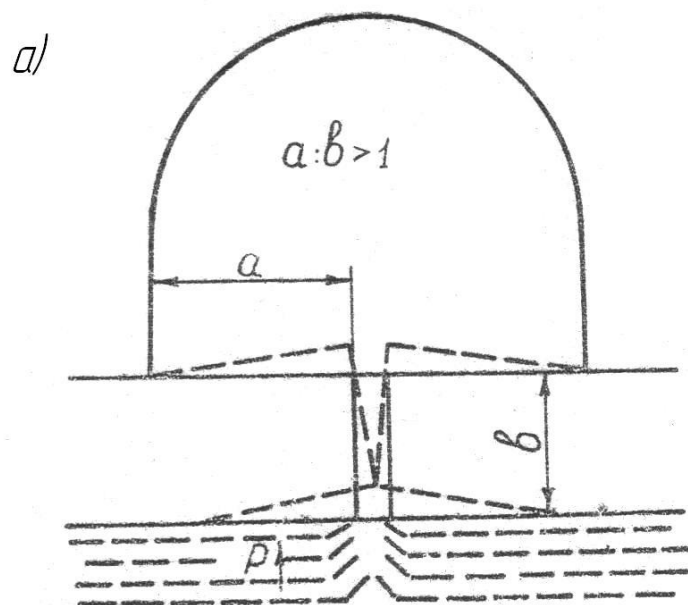


Рис. 3.4. Изменение характера смещений пучащей почвы от глубины разгрузочной щели

Предварительная разгрузка массива бурением опережающих скважин также рекомендуется для предотвращения пучения пород почвы, развивающегося вне зоны влияния очистных работ. Сущность способа заключается в следующем. У забоя проводимой выработки устраивается специальная камера, в которой устанавливается бурильная установка. По пласту в одной плоскости параллельно его кровле бурится серия скважин максимально возможной длины. Между скважинами оставляются целики угля, размеры которых постепенно увеличиваются по мере удаления от контура выработки. Размеры целиков между скважинами выбираются таким образом, чтобы обеспечивалось их разрушение при возрастании напряжений в породах вокруг выработки. Поэтапное разрушение угольных целиков обеспечивает снижение напряжений на контуре выработки и образование зоны разгрузки в породах почвы. После проведения выработки на длину скважины цикл бурения повторяется.

Упрочнение пород нагнетанием скрепляющих составов позволяет создать в почве выработки мощный монолитный обратный свод. Для упрочнения могут использоваться цементные, фосфогипсовые и другие составы.

Перед нагнетанием состава производится взрывание камуфлетных зарядов в породах почвы. Длина шпуров, в которых размещают камуфлетные заряды, должна быть не менее 2 м. Взрывание зарядов производят участками от 2 до 6 м по длине выработки. Взрывные работы не должны приводить к выбросу пород почвы в выработку, нарушению целостности рельсового пути.

После разупрочнения пород почвы взрыванием бурят тампонажные шпуров длиной не менее 1,5 м и нагнетают в породы почвы цементный или другой состав, который заполняет трещины и полости в породах. Для нагнетания составов используют соответствующие установки (рис. 3.5).

Составы нагнетают через специальные кондукторы. Нагнетание продолжается до появления состава на поверхности почвы.

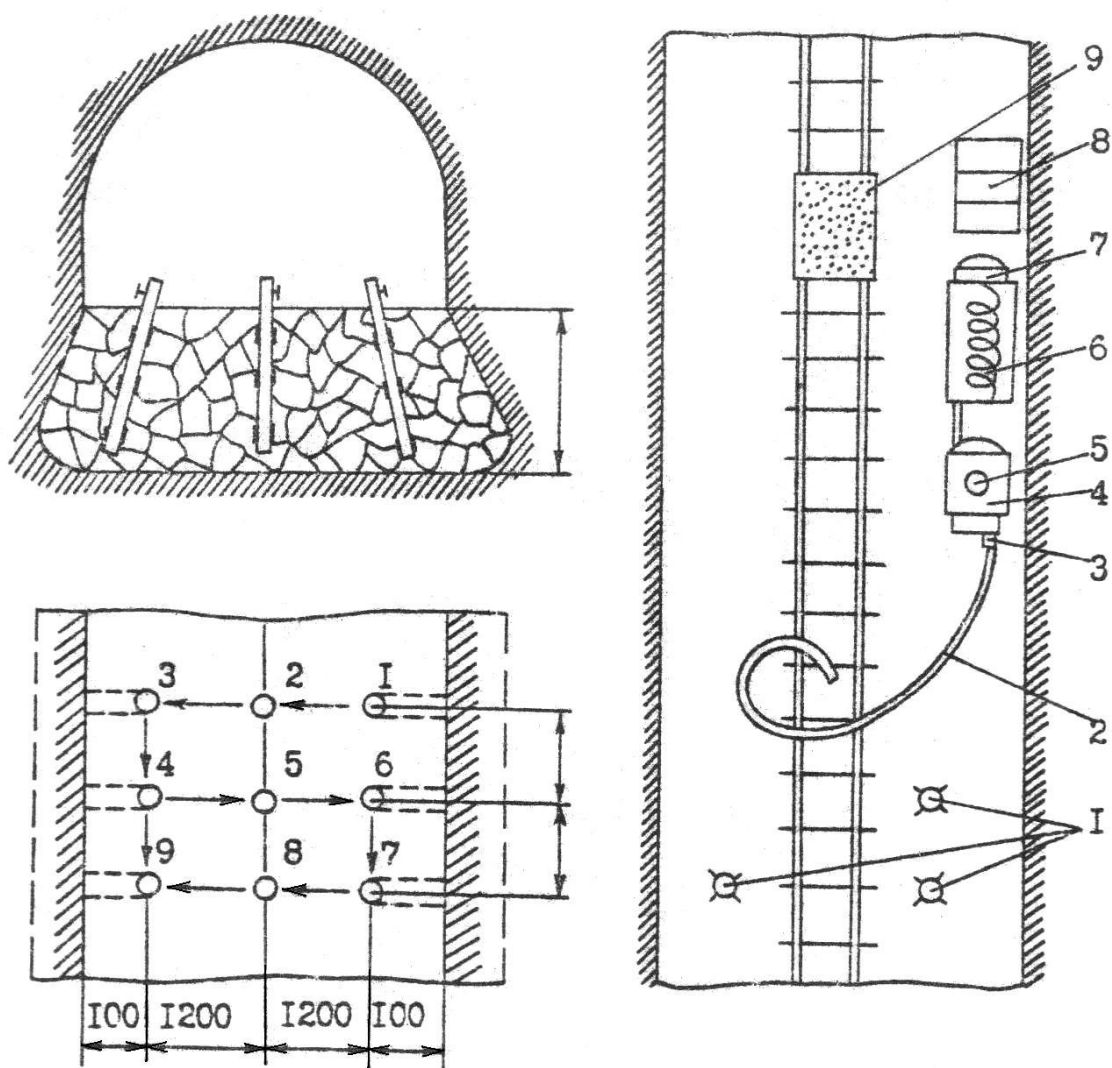


Рис. 3.5. Упрочнение почвы цементным раствором:
 1 – тампонажные скважины; 2 – нагнетательный шланг;
 3 – запорный кран; 4 – насос НГР-250/50; 5 – манометр;
 6 – растворомешалка; 7 – двигатель; 8 – дозатор; 9 – цемент

Возможность упрочнения почвы установкой анкеров определяется рядом геологических и эксплуатационных факторов. Не подлежит

анкерование почва, состоящая из породных слоёв с небольшим пределом прочности ($f < 3$), в том числе из мягкого «кучерявчика», угля и слабого глинистого сланца при толщине слоёв менее 20 см.

Для эффективного влияния анкерования почвы на снижение пучения необходимо наличие в почве пласта прочного породного слоя, в котором возможно закрепление замков анкеров. Минимальная глубина анкерования должна составлять $3/4$ ширины выработки.

Для анкерования могут использоваться металлические, замковые, сталеполимерные и стеклопластиковые анкеры. Замковые части анкеров необходимо углубить в устойчивые породы на 0,3–0,5 м. Почва выработки, закрепленная анкерами, образует несущий обратный свод, опоры которого расположены под боками выработки. Плотность анкерной крепи должна составлять не менее 1 анкера на кв. м. Расстояние между рядами анкеров с учётом геологических особенностей почвы составляет 0,8–1,2 м.

При отработке одиночными лавами сдвигание пород в почве после прохода лавы направлено от бока выработки, противоположного лаве. Это обстоятельство должно учитываться применением ассиметричной схемы расположения анкеров, при которой в почве под боком выработки, противоположном лаве, должна быть увеличена плотность установки анкеров. Металлические и сталеполимерные анкеры рекомендуется применять в том случае, когда гарантируется снижение смещений почвы после их установки до величин, исключающих необходимость её подрывки. В противном случае рекомендуется установка анкеров из стеклопластика или деревянных.

Выбор способов предотвращения пучения почвы основывается на сведениях о прогнозируемой величине смещений U_n , строении и свойствах пород.

Если смещения превышают допустимую величину на 300 мм, то есть $(U_n - \Delta_n) < 300$ мм, то рекомендуется: при $f > 1,5$ упрочнять породы установкой анкеров из полимерных материалов, при $f > 2$ устанавливать

крепь усиления, при $f > 3$ – упрочнять породы установкой замковых анкеров при возможности закрепления их в устойчивых прочных породах с заглублением на 0,3–0,5 м. Плотность установки анкеров должна быть не менее 1 анкера/м².

Крепь усиления следует устанавливать впереди лавы на расстоянии, большем величины l_1 , приведённой в табл. 3.6. При превышении расчётными смещениями на 300–700 мм допустимых значений рекомендуется установка анкеров из полимерных материалов с плотностью до 1,5 анкера/м², закрепляемых по всей длине шнура, или устройство разгрузочных щелей.

При превышении расчётными смещениями допустимых величин на 700–1200 мм рекомендуется устройство разгрузочных щелей в почве с упрочнением её анкерованием или упрочнение почвы скрепляющими составами с предварительным разрыхлением пород взрыванием.

При превышении расчётными смещениями допустимых величин более 1200 мм рекомендуется применение крепей с обратным сводом в комбинации с различными способами упрочнения пород почвы или проведение плановой подрывки почвы.

Из перечисленных мероприятий установку крепи усиления, упрочнение пород почвы анкерованием и нагнетанием скрепляющих составов рекомендуется производить в том случае, если пучение почвы проявляется в основном в зоне влияния очистных работ.

3.8. Управление горным давлением на сопряжении подготовительной выработки с очистным забоем

Вопросы управления горным давлением на сопряжении подготовительных выработок с очистными забоями должны решаться в тесной увязке с выбором схемы сопряжения, наиболее благоприятной с точки зрения проведения подготовительной выработки и технологии передачи угля с очистного доставочного средства на транспортное средство подготовительной выработки. При этом необходимо выбрать наиболее

оптимальное решение, так как приходится разрешать весьма существенные противоречия.

С точки зрения обеспечения удобства погрузки породы при проведении выработки зачастую более предпочтительно осуществлять подрывку кровли, не нарушая почвы пласта. В то же время при отработке лавы более благоприятные условия обеспечения устойчивости кровли на сопряжении создаются при ненарушенной в процессе проходки кровле пласта, а для улучшения работы лавного конвейера необходима подрывка почвы не менее чем на 0,5–0,6 м, обеспечивающая удовлетворительный «пересып». С точки зрения упрощения транспортной схемы и снижения трудозатрат на выемку ниш наиболее целесообразно выносить приводные станции лавных конвейеров в прилегающие выработки. Однако это также связано с возможностью обеспечения устойчивости кровли на сопряжении лавы с прилегающими выработками при снятии стоек рамной крепи впереди забоя лавы и восстановлении их за лавой. В связи с тем, что впереди забоя лавы снимаются стойки, воспринявшие значительную нагрузку, а за лавой они устанавливаются без распора, кровля выработки на сопряжении не только смещается массивом значительной мощности, но и интенсивно расслаивается, что может привести к потере его собственной несущей способности и развитию вывалов на значительную высоту.

Исходя из вышеизложенного, для обеспечения благоприятных и безопасных условий работы очистного забоя на сопряжении его с прилегающими выработками должны быть правильно решены следующие вопросы:

- выбор схемы сопряжения с учётом вида подрывки боковых пород;
- выбор способов и средств упрочнения надбермовых пород;
- выбор крепи сопряжения;
- выбор средств охраны выработки и их параметров.

Вопрос выбора средств охраны и их параметров рассмотрен в п. 3.3.

Рекомендуемые схемы сопряжений лав с прилегающими подготовительными выработками, используемыми первый раз и повторно, приведены в табл. 3.9.

При бесцеликовой охране выемочных выработок и наличии верхней подрывки надбермовый породный «козырёк» рекомендуется упрочнять путём анкерования. В зависимости от высоты верхней подрывки анкеры должны устанавливаться в один или два ряда, причём замки одного из рядов должны располагаться на расстоянии от пласта, на 0,3–0,4 м большем, чем высота подрывки в выемочной выработке. При установке двух рядов анкеров концы их в выработке должны быть связаны стяжками, отрезками цепей или брусьев.

При высоте нижней подрывки более 0,8 м и крепости пород по М. М. Протодяконову $f \leq 8$ рекомендуется производить анкерование бермы в один или два ряда (при высоте нижней подрывки более 1,5 м). Рекомендуемые схемы упрочнения боков выемочных выработок анкерами приведены на рис. 3.6. Расстояние между анкерами в ряду вдоль выработки принимается в пределах 0,9–1,1 м. Наиболее целесообразно производить установку упрочняющих анкеров в забое проводимой выработки.

В случае, если выполнение этих работ в проходческом забое снижает темпы проведения выработки, допускается производить установку упрочняющих анкеров в последующий период на расстоянии от забоя лавы не менее l_1 по табл. 3.6.

При выносе головок лавного конвейера в выработку возникает необходимость снятия стойки арочной или трапецевидной крепи впереди лавы и установки её вновь за лавой. Поддержание верхняка крепи производится в этом случае механизированной или инвентарной крепью сопряжения. Могут применяться механизированные крепи, выпускаемые серийно или изготавливаемые непосредственно на шахтах и предприятиях производственных объединений. Описание механизированных крепей сопряжений, изготавливаемых в производственных объединениях и

применяемых на шахтах в выработках арочной и трапециевидной форм сечений, приведено в приложении 8.

Область применения механизированных и инвентарных крепей сопряжения определена Правилами безопасности в угольных шахтах.

Сопротивление инвентарной или механизированной крепи сопряжения должно быть не менее суммарной несущей способности рам штрековой крепи, у которых временно сняты стойки («ножки»).

Таблица 3.9

УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД КРОВЛИ (в соответствии с разд. 3)	Сопряжения выработки с первой лавой при мощности пласта m в м			Сопряжения со второй лавой
	$m < 1,0$ м	$m > 1,0$ м	m - любое	m - любое
ВЕСЬМА УСТОЙЧИВЫЕ И УСТОЙЧИВЫЕ			—	
СРЕДНЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ				
НЕУСТОЙЧИВЫЕ И ВЕСЬМА НЕУСТОЙЧИВЫЕ	—	—		

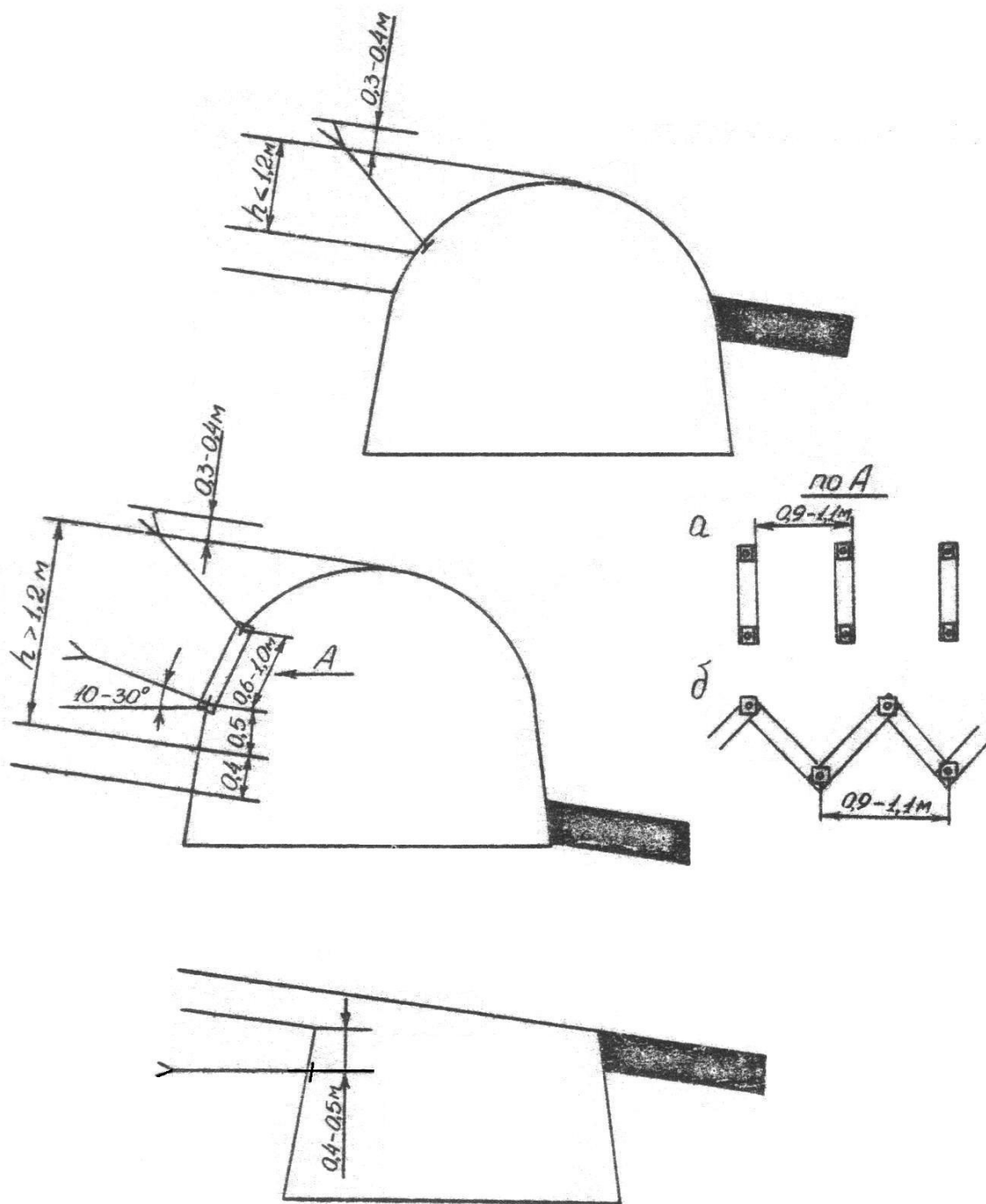


Рис. 3.6. Рекомендуемые схемы упрочнения боков
 выемочных выработок анкерами:
 а, б – варианты соединения анкеров соответственно
 верхнего и нижнего рядов

При залегании в кровле пласта пород устойчивостью ниже средней вынос головок лавного конвейера не рекомендуется; для поддержания сопряжения выработки со второй лавой рекомендуется оставлять целики шириной не менее удвоенной мощности пласта, но не более 5,0 м.

При отработке сближенных пластов (см. раздел 4) оставлять целики, не разрушаемые горным давлением, не рекомендуется. В то же время оставление целиков больших размеров (шириной более 10 м) является единственным надёжным способом охраны подготовительных выработок при необходимости сохранения выработок в выработанном пространстве после прохода двух лав и при большом сроке службы выработок. Расчёт необходимой ширины целиков производится по прогнозируемой величине смещений пород [11].

При проведении выработок позади очистного забоя с поддержанием в выработанном пространстве или на его границе охрана их со стороны выработанного пространства осуществляется бутовыми полосами, выкладываемыми из породы, образующейся от подрывки пород в выработке.

4. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТОВ

При отработке пластов в массиве пород вокруг очистных выработок образуются зоны пониженных напряжений (разгрузки) и повышенного горного давления (ПГД) от краевых частей отрабатываемого пласта и оставленных целиков. Построение зон ПГД производится по методике, изложенной в Указаниях [5]. По уровню концентрации напряжений и степени опасности проявлений горного давления выделяют три зоны ПГД:

- зону повышенной опасности (ЗПО);
- опасную зону (ОЗ);
- прогнозную зону (ПЗ).

С увеличением глубины разработки размеры зон увеличиваются, а уровень концентрации напряжений в них снижается. Размер зоны опасного давления l_0 на пологих и наклонных пластах впереди подрабатывающей или надрабатывающей лавы составляет в среднем $l_0 = (0,1-0,12)H$, где H – глубина разработки. Точка максимума зоны опорного давления находится обычно в 3–15 м впереди очистного забоя. Точка максимума разгрузки находится позади забоя на расстоянии, примерно равном $l_p = (0,5-1,0)h_p$, где h_p – мощность пород междупластья.

При надработке пластов значительных нарушений сплошности пород не происходит. В подработанной толще пород происходит нарушение сплошности, развитие трещиноватости, смещения отдельных слоёв и боков пород относительно друг друга тем больше, чем ближе находится подрабатываемый пласт (слой) к выработанному пространству подрабатывающей лавы и чем больше вынимаемая мощность подрабатывающего пласта. Со временем надработанная или подработанная толща пород уплотняется.

В зонах разгрузки нормальный уровень напряжений восстанавливается примерно через 5 лет после надработки. В подработанной толще пород в

связи с нарушением сплошности полное восстановление уровня напряжений не происходит.

Уровень концентрации напряжений в зонах повышенного горного давления с течением времени постепенно снижается.

4.1. Поддержание выработок на сближенных пластах, выбор мест их заложения, порядка отработки пластов

Сближенными считаются пласты, расстояние по нормали между которыми меньше безопасной высоты подработки. Безопасную высоту подработки $h_{б.п}$ следует определять по табл. 4.1, где приводятся её значения $h_{б.п}^{m=1}$ при расположении выработок, закреплённых податливой крепью на различных глубинах в породах различной крепости, при мощности подрабатываемого пласта 1 м. При другой мощности высота безопасной подработки определяется путём умножения значения высоты из табл. 4.1 на коэффициент влияния мощности пласта, определяемой по табл. 4.2, то есть

$$h_{б.п}^{m \neq 1} = h_{б.п}^{m=1} k_m, \quad (4.1)$$

Таблица 4.1

Глубина расположения выработки H , м	Безопасная высота подработки $h_{б.п}^{m=1}$ (м) при расчётном сопротивлении пород сжатию в МПа на контуре выработки с крепью податливостью 300 мм								
	20	30	40	50	60	80	100	120	Более 120
До 200	90	80	75	70	65	60	66	50	50
300	100	90	80	75	70	65	60	55	50
400	110	100	90	85	75	70	65	60	55
500	120	110	100	95	80	75	70	65	55
600	135	120	110	105	90	80	75	70	60
800	145	135	125	115	100	85	80	70	60
1000	160	150	140	130	110	90	85	75	65
1200	170	160	150	135	120	100	85	80	70
1500	180	170	160	140	130	110	90	80	70

Таблица 4.2

Вынимаемая мощность пласта m , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Коэффициент k_m	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

При планировании отработки сближенных пластов рекомендуется предусматривать расположение выработок в разгруженных зонах, что обеспечивает улучшение условий их поддержания. В связи с этим целесообразно рассматривать вопросы подготовки и отработки всех сближенных пластов совместно и планировать их отработку с применением бесцеликовых способов охраны выработок. При возникновении необходимости составления целиков на сближенных пластах рекомендуется в первую очередь рассматривать возможность и достаточность для эффективного управления кровлей или поддержания выработок оставления целиков, разрушаемых горным давлением, то есть целиков шириной, меньшей определённой величины, рассчитываемой по формуле:

$$b \leq k_{кр} \sqrt{\frac{0,7Hm}{\sigma_{сж}^y}}, \quad (4.2)$$

где b – предельная ширина целика, разрушаемого горным давлением, м;

$k_{кр}$ – коэффициент, учитывающий влияние свойств основной кровли

пласта; $k_{кр} = 0,8$ при легкообрушающейся кровле; $k_{кр} = 1,0$ при

среднеобрушающейся кровле; $k_{кр} = 1,2$ при труднообрушающейся кровле;

m – мощность пласта, м;

$\sigma_{сж}^y$ – сопротивление угля одноосному сжатию, МПа;

H – глубина горных работ, м

При оставлении по производственной необходимости целиков шириной более величины, определяемой по формуле (4.2), рекомендуется располагать выработки на сближенных пластах за пределами зон влияния целиков в надработанном и подработанном массиве. Безопасное расстояние от выработки до кромки целика определяется в зависимости от глубины разработки, расстояния между пластами и сопротивления пород сжатию на контуре выработки.

Если выработка пересекает несколько слоёв пород, то за величину сопротивления сжатию на контуре принимается среднее для всех слоёв значение, определяемое по формуле:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{\text{сж}i} m_i)}{\sum_{i=1}^n m_i}, \quad (4.3)$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ – расчётное сопротивление пород сжатию на контуре выработки, МПа;

$\sigma_{\text{сж}i}$ – сопротивление сжатию пород i -го слоя, пересекающего контур выработки, МПа;

m_i – мощность i -го слоя пород, м.

Для определения безопасного расстояния от выработки до кромки целика (пласта) можно пользоваться данными табл. 4.3.

Сближенные пласта подразделяются на подрабатываемые и неподрабатываемые.

К подрабатываемым относятся пласты, расстояние от которых до нижележащих, отрабатываемых с полным обрушением кровли, не превышает шести мощностей этих пластов. Считается, что при большей величине междупластья его полное разрушение при работе с обрушением кровли на нижележащем пласте происходить не должно. В связи с этим подрабатываемые пласты рекомендуется разрабатывать в нисходящем порядке. Сближенные неподрабатываемые пласты могут отрабатываться в нисходящем и восходящем порядке.

При последовательной разработке сближенных пластов могут применяться любые эффективные в конкретных условиях системы разработки с любыми направлениями подвигания забоев.

Таблица 4.3

Глубина расположения выработки H , м	Сопротивление пород сжатию $\sigma_{сж}$, МПа	Расстояние от выработки до кромки пласта (по напластованию) при расстоянии (в м) от надрабатываемого пласта до выработки (по нормали), м					
		10	20	30	50	70	100
300	До 40	20	20	25	20	15	10
	40–60	15	15	20	15	10	5
	Более 60	10	10	15	10	5	5
600	До 40	20	25	30	25	20	15
	40–60	20	20	25	20	15	10
	Более 60	15	15	15	10	10	5
900	До 40	25	30	30	25	20	15
	40–60	25	25	25	20	15	10
	Более 60	20	20	15	10	10	5
1200	До 40	30	35	35	30	25	20
	40–60	30	30	25	20	15	10
	Более 60	25	25	20	15	10	5
1500	До 40	35	40	40	35	30	25
	40–60	30	30	30	25	20	15
	Более 60	25	25	25	20	15	10

При одновременной разработке сближенных пластов в нисходящем или восходящем порядке необходимо обеспечить подвигание фронта очистных работ на разных пластах в одном направлении с опережением: при нисходящем порядке отработки пластов на расстояние не менее ширины зоны опорного давления впереди лав нижележащего пласта; при восходящем порядке – на расстояние не менее трёх шагов обрушения (утроенной величине шага вторичных осадок в установившемся режиме движения забоев) основной кровли нижележащего пласта. В случае отсутствия информации о ширине зоны опорного давления и шаге обрушения основной кровли опережение фронта очистных работ должно составлять при нисходящем порядке отработки пластов не менее 100 м, при восходящем – не менее 200 м.

Проходка выработок в зоне влияния очистных работ по смежному пласту, отрабатываемому с опережением, может осуществляться, если смещения пород в выработку от воздействия очистных работ, рассчитанные в соответствии с Указаниями [11], не превышают 150 мм.

В случае расположения выработок по производственной необходимости под кромками, оставленных на смежных пластах целиков, или под кромками краевых частей пластов необходимо проводить мероприятия по снижению конвергенции пород в выработку, в том числе изложенные в разделе 3.

Рекомендуется также производить разрушение целиков и краевых частей пластов выбуриванием и взрыванием, а при невозможности доступа к ним – разрушение пород междупластья взрыванием длинных скважин.

Мероприятия по разрушению целиков, краевых частей пластов и их кромок должны выполняться в соответствии со специальными проектами, разработанными производственными объединениями и шахтами совместно с ШахтНИУИ.

4.2. Управление горным давлением в очистных забоях при отработке сближенных пластов

При планировании отработки сближенных пластов следует принимать решения, позволяющие исключить или свести к минимуму влияние целиков и краевых частей соседних пластов на работу очистных забоев. В том числе:

- по возможности не оставлять целики шириной более величины, определяемой по формуле (4.2);

- исключить прохождение очистных забоев под (над) целиками, границы которых перпендикулярны направлению подвигания забоев; если это невозможно, то обеспечить разворот лавы таким образом, чтобы угол между забоем и проекцией границы целика был более 15° ;

- исключить случаи выходы (схода) очистных забоев из-под (с) перпендикулярных краевых частей пластов, следует выбирать направление подвигания таким образом, чтобы вместо выхода осуществлялся вход.

Основным критерием степени опасности зон ПГД от целиков и краевых частей пластов является характер проявлений горного давления в очистных забоях.

В зоне повышенной опасности (ЗПО) проявления горного давления отличаются наибольшей интенсивностью. При работе лав в ЗПО возможны динамические проявления горного давления, выражающиеся в мгновенном разрушении нижних слоёв кровли с вывалообразованием в призабойном пространстве или мгновенном разрушении значительной части массива горных пород, приводящем к резкому росту нагрузки на крепь, зажатую крепи, завалам лав. Обычным проявлением горного давления в ЗПО является обусловленное повышенной трещиноватостью снижение устойчивости пород непосредственной кровли, а также увеличение отжима угля, пучения пород почвы.

В опасной зоне (ОЗ) также растёт количество трещин горного давления, обуславливающее снижение устойчивости пород непосредственной кровли. Для ОЗ характерны зажатия секций механизированной крепи, случаи завалов лав, рост вывалообразования, но интенсивность всех этих процессов снижена по сравнению с ЗПО.

При работе лав в прогнозных зонах (ПЗ) негативные проявления горного давления могут не наблюдаться. При сочетании небольшого повышения горного давления в ПЗ с воздействием других факторов, таких как геологические нарушения, вторичные осадки основной кровли и др., – возможно снижение устойчивости нижних слоёв кровли с ростом вывалообразования в призабойном пространстве лав.

Если при работе очистного забоя фактический характер проявлений горного давления в зоне ПГД отличается от прогнозируемого, то название зоны и мероприятия по управлению кровлей в ней должны быть скорректированы. Так, при ведении очистных работ под (над) параллельными целиками и краевыми частями, а также при входе в зону от перпендикулярных краевых частей ЗПО может рассматриваться как ОЗ только в том случае, если в ней происходит только снижение устойчивости нижних слоёв кровли. При ведении очистных работ в зонах от перпендикулярных целиков и при выходе из-под перпендикулярных краевых

частей пластов не допускается рассматривать ЗПО как ОЗ в связи с тем, что в начальный период влияние повышенного горного давления может быть малозаметным, а при выходе из зоны интенсивность проявлений горного давления может резко возрасти.

При разработке мероприятий по управлению кровлей и креплению очистных забоев в зоне повышенной опасности (ЗПО) следует учитывать рост конвергенции вмещающих пород, часто приводящий к зажатию секций (стоек) крепи, а также повышенному вывалообразованию.

Устойчивую вне зоны непосредственную кровлю в ЗПО и ОЗ следует считать среднеустойчивой, среднеустойчивую – малоустойчивой и т. д.

Мероприятия по работе лав в ЗПО и ОЗ должны разрабатываться заблаговременно. Для работы лав в ПЗ заблаговременная разработка мероприятий не требуется. При ухудшении состояния кровли при работе в ПЗ следует проводить мероприятия по предотвращению вывалообразования.

При входе очистных забоев ЗПО от перпендикулярных целиков и краевых частей должны немедленно осуществляться мероприятия по усилению крепи, хотя никаких признаков ухудшения состояния кровли в начальный период работы в ЗПО может не быть.

При входе очистных забоев в ОЗ от перпендикулярных целиков и краевых частей, а также при входе очистных забоев в ЗПО и ОЗ от параллельных или диагональных (при угле между направлением движения забоя лавы и границей зоны от целика более 15°) целиков и краевых частей, можно начинать осуществление заранее разработанных мероприятий после появления первых признаков ухудшения состояния кровли.

Мероприятия по работе лав в зонах ПГД должны разрабатываться с учётом категории основной кровли по обрушаемости, типа непосредственной кровли по устойчивости, типа и характеристик применяемой крепи.

В ЗПО должны осуществляться мероприятия по предотвращению зажатия крепи и вывалообразования.

В очистных забоях с индивидуальной крепью рекомендуются следующие мероприятия по предотвращению зажатия крепи в ЗПО:

- при недостаточной податливости крепи обеспечить увеличение податливости крепи за счёт применения стоек большей раздвижности или установки стоек меньшего типоразмера на подкладки;

- при вдавливании стоек крепи в почву более, чем на 0,05 м, следует устанавливать их на уширенные металлические опоры;

- в случае невозможности предотвратить зажатие крепи другими способами необходимо: при мощности пласта менее 1,5 м изменить способ управления кровлей путём применения на период перехода ЗПО частичного обрушения или частичной закладки за счёт выкладки бутовых полос или бутোকостров;

- при мощности угольного пласта более 1,5 м следует увеличивать сопротивление крепи за счёт установки дополнительных стоек в последних от забоя рядах крепи.

В очистных забоях с механизированной крепью рекомендуются следующие мероприятия по предотвращению зажатия крепи в ЗПО:

- обеспечить соответствие сопротивления мехкрепи нагрузочным свойствам кровли;

- при наличии уступов в кровле со смещением более 0,15 м устанавливать у забоя дополнительные стойки под козырьки секций мехкрепи;

- при прогнозировании зажатия мехкрепи даже повышенного сопротивления в ЗПО производить разупрочнение труднообрушающихся пород кровли передовым торпедированием;

- в случае необходимости для исключения зажатия секций осуществлять присечку вмещающих пород.

В очистных забоях, находящихся в ЗПО, ОЗ, а при наличии ухудшения состояния и в ПЗ, должны осуществляться мероприятия по предотвращению обрушений пород кровли в призабойное пространство.

Рекомендуются к применению в зонах ПГД следующие способы предотвращения обрушений:

- затяжка кровли вразбежку деревянными распилами или обаполами;
- анкерование пород кровли с установкой анкеров со сплошным и точечным закреплением;
- применение опережающей штанговой крепи;
- устройство опережающих ниш;
- присечка неустойчивых нижних слоёв кровли при выемке угля.

При выборе способов предотвращения обрушений следует руководствоваться рекомендациями, изложенными в п. 2.5.

При работе лав в зонах ПГД Т-образную и Г-образную крепь следует применять только как временную для крепления участка изгиба конвейера за комбайном.

В ЗПО при остановке работ на время, большее одной смены, необходимо устанавливать дополнительную крепь у забоя: стойки под распил, под козырьки секций или между козырьками.

В сложных условиях мероприятия по управлению горным давлением в ЗПО следует согласовывать с ШахтНИУИ.

При переходе ЗПО от перпендикулярных целиков и мощности междупластья меньше ширины зоны опорного давления рекомендуется применять специальные способы снижения напряжений в массиве пород, в том числе: разрушение краевых частей пластов, разрушение и выемку целиков. Проект ведения работ по снижению напряжений в массиве пород должен быть согласован с ШахтНИУИ, утверждён техническим директором объединения.

Если проект предусматривает ведение буровзрывных работ, то необходимо согласование территориального управления Ростехнадзора.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КРОВЛИ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ

В призабойном пространстве очистных забоев состояние кровли определяется степенью её нарушенности (трещинами, заколами и вывалами).

Для изучения влияния этих факторов на ухудшение состояния кровли и выбора эффективных мероприятий по увеличению устойчивости кровли необходимы надёжные критерии состояния кровли в очистных забоях, которые должны отвечать следующим основным требованиям:

- объективности (однозначная оценка состояния кровли различными исследователями);
- сравнимости (возможность сравнения состояния кровель в различных условиях и различных лавах);
- экстремальности (определение наступления такого момента угрожаемого состояния, при котором работа очистного забоя ещё возможна, но дальнейшее ухудшение состояния кровли приводит к остановке лавы).

Важность требования экстремальности к критерию оценки нарушенности состоит в том, что появляется возможность своевременно принимать меры к недопущению аварийного состояния лавы.

При оценке состояния кровли необходимо учитывать только те виды нарушенности кровли, которые непосредственно влияют на состояние очистного забоя, работу крепи и выемочной машины. К ним относятся нарушения кровли уступами и вывалами. Количество и ориентировка трещин при отсутствии вывалов и уступов не является показателем плохого состояния кровли, но служит предвестником возможного снижения устойчивости обнажений кровли. Поэтому показатель нарушенности кровли трещинами следует использовать для оценки эффективности мероприятий по изменению технологии выемки и крепления в очистном забое только в тех случаях, когда отсутствуют вывалы и заколы.

При нарушении кровли уступами наихудшим состоянием следует считать такое, когда на отдельных участках лавы суммарная высота уступов на ширине призабойного пространства с учётом сближения боковых пород достигает величины, при которой крепь невозможно передвинуть на новое место вследствие полного исчерпания податливости хотя бы одной из стоек.

Коэффициент нарушения кровли уступами k_y в этом случае равен единице:

$$k_y = \frac{\sum h_y}{c_y (m_b - h_{cm})} \leq 1,$$

где $\sum h_y$ – суммарная высота уступов на ширине призабойного пространства с учётом сближения боковых пород, мм; $\sum h_y = m_b - h_k$. Здесь h_k – фактическая минимальная высота крепи, мм;

$c_y = 1 - h_m / m_b$ – показатель приспособленности крепи к диапазону вынимаемых мощностей пласта (он показывает, какая часть вынимаемой мощности пласта может быть использована конкретной крепью на сближение боковых пород в пределах призабойного пространства при условии, что в начале выемочного цикла крепь подхватывает обнажившуюся после выемки угля кровлю и создаёт определённой величины распор, а в конце цикла крепь не зажимается). Здесь h_m – минимальная конструктивная высота крепи, мм;

m_b – вынимаемая мощность пласта, мм;

h_{cm} – смятие боковых пород при наборе крепью рабочего сопротивления, мм. Ориентировочно можно принимать $h_{cm} = 30$ мм при $m_b \leq 1$ м и 50 мм при $m_b > 1$ м.

При нарушении кровли уступами положение в лаве становится угрожаемым, когда разность между вынимаемой мощностью пласта и минимальной конструктивной высотой крепи отличается от суммарной высоты уступов в пределах призабойного пространства на величину,

меньшую или равную регламентированному запасу на разгрузку крепи от давления.

Фактическая нарушенность кровли уступами определяется с помощью рулетки на участке длиной 1-2 м или 1-2 секции крепи. Среднее значение коэффициента $k_{y,ср}$ определяется по формуле:

$$k_{y,ср} = \frac{\sum k_y}{n},$$

где n – количество участков наблюдения.

При сравнении нарушенности кровли уступами в различных лавах или при различных горно-геологических и горнотехнических условиях в одной лаве наихудшим следует признать состояние кровли, нарушенной уступами в той лаве, где хотя бы на одном участке величина k_y равна или близка к единице. Если такие случаи отсутствуют в обеих лавах, то наихудшим следует признать состояние кровли в лаве, где значение k_y больше.

Вторым показателем нарушенности кровли является коэффициент нарушенности вывалами k_b . В лаве можно встретить два основных случая вывалообразования. Первый случай – непосредственно над пластом залегает ложная кровля, которая обрушается по всей обнажившейся площади одновременно с выемкой угля. Нарушенность слоёв, залегающих выше ложной кровли, следует оценивать без учёта обрушающейся пачки с помощью приведённого ниже критерия. При выборе типоразмера крепи обрушающуюся ложную кровлю включают в вынимаемую мощность пласта и учитывают обжатие контактов.

Второй случай рассматривает те условия, когда вслед за выемкой угля слой обрушается не на всей обнажившейся площади, а участками. Состояние кровли оценивается с помощью коэффициента нарушенности кровли вывалами:

$$k_b = \sum Sha / S_o h_o c,$$

где S – площадь вывала на участке, м;

h – высота вывала, м;

a – коэффициент, учитывающий форму или полноту вывала (при остропирамидальной форме $a = 0,33$, при треугольной $a = 0,5$, при сводчатой форме $a = 0,67$, при прямоугольной $a = 1$);

S_0 – площадь участка наблюдений, м;

h_0 – максимально допустимая высота вывала, при которой ещё возможно применение крепи с точки зрения обеспечения удовлетворительных условий поддержания кровли, м;

c – коэффициент, учитывающий долю наблюдаемой площади, на которой имеют место вывалы, в зависимости от высоты h_0 :

$h_0, \text{ м}$	0,8	1,6	2,4	$> 3,2$
c	0,625	0,25	0,15	0,05

По данным исследований, в различных горно-геологических условиях в очистных забоях при нарушениях кровли вывалами высотой h_0 , удельная площадь которых « c » соответствует приведённым выше значениям, очистной забой оказывается в предельном к аварийному состоянию. В этих условиях эффективное поддержание кровли не обеспечивается.

При аварийном состоянии кровли, нарушенной вывалами, $k_B = 1$. Угрожаемым с точки зрения остановки забоя следует считать состояние, при котором $k_B = 0,9$.

При сравнении состояний кровли в двух лавах или при изменении условий в одном и том же очистном забое наихудшим следует признать то, которому соответствует большее значение k_B .

В конкретных условиях кровля в очистных забоях может быть нарушена уступами и вывалами. В этом случае худшим следует признать состояние, которому соответствует значение коэффициентов k_y и k_B более 0,9. Если значения k_y и k_B в обоих очистных забоях меньше 0,9, то находится средняя величина нарушенности кровли вывалами и уступами:

$$k_H = (k_{y,cp} + k_B).$$

Наихудшим следует считать состояние кровли с наибольшим значением k_n .

Оценку состояния кровли в очистных забоях следует производить:

- для оценки эффективности применения различных типов крепей или изменений сопротивления одной и той же крепи;

- при изменении способа управления кровлей в очистных забоях;

- при применении способов разупрочнения труднообрушаемых кровель или применении способов предотвращения обрушений неустойчивых кровель;

- для оценки границ и реальной величины влияния зон ПГД на состояние кровель в очистном забое;

- для более точного выделения границ участков с труднообрушаемыми или неустойчивыми кровлями, например, зон геологических нарушений.

Давление на почву различных крепей

Тип крепи	Рабочее сопротивление стойки P , кН	Давление крепи на почву σ_k , МПа
1	2	3
Механизированные крепи		
МК98	1840	3,36
1М88	1560	2,9
«Донбасс»-М	1800	2,0
М87УМП	1560	2,9
2М87УМН, 2М87УМА	1560	2,9
1МКМ	1080	1,2
1МТ	5200	2,7
1МК103	2800	3,2
МКД-80	2560	2,0
МК-137	2196	0,9–1,1
ОКП-70	1900	1,2
Стойки индивидуальной крепи		
1ГВД, 2ГВД, 3ГВД, 4ГВД	300	20
ОГВП, 1ГВП, 2ГВП, 3ГВП, 4ГВП, 5ГВП, 6ГВП	300	20
4СУГВ30, 5СУГВ30, 6СУГВ30, 7СУГВ30, 8СУГВ30, 9СУГВ30, 10СУГВ30, 11СУГВ30,	300	25
4ГВУ30, 5ГВУ30, 6ГВУ30, 7ГВУ30, 8ГВУ30, 9ГВУ30, 10ГВУ30, 11ГВУ30, 12ГВУ30	300	18
13ГВКУ30, 14ГВКУ30, 15ГВКУ30, 16ГВКУ30, 17ГВКУ30	300	18
4СУГ30, 5СУГ30, 6СУГ30, 7СУГ30, 8СУГ30, 9СУГ30, 10СУГ30, 11СУГ30	300	25
СУГМ, СУГМ-01	300	25
13ГКУ30, 14ГКУ30, 15ГКУ30, 16ГКУ30, 17ГКУ30	300	18
«Спутник» (2СПТМ)	1000	3,6
СПГ	800	3,5
1ТУ20, 2ТУ20, 3ТУ20	200	23
4ТУ30, 5ТУ30, 6ТУ30	300	22,5
1ТУ15, 2ТУ15, 3ТУ15 устаревшая конструкция	150	17,3
4ТУ20, 5ТУ20, 6ТУ20, 7ТУ20, 8ТУ20 устаревшая конструкция	200	22,5
6ТКУ30, 7ТКУ30, 8ТКУ30, 9ТКУ30, 10ТКУ30, 11ТКУ30, 12ТКУ30, 13ТКУ30	300	25
ОКУ01Б, ОКУ01	1000	8,5
ОКУ02, ОКУ03	1500	8,5
ОКУ04	2000	8,5
ОКУ05, ОКУ06	2000	6,4

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ВДАВЛИВАНИЮ

Сопротивление почвы вдавливанию крепей (штампов) может быть определено статистическим и динамическим методами.

Статистический метод основан на испытании почвы с помощью гидродомкрата или серийной гидростойки ГСУМ (рис. П.3.1). В очистных выработках с вынимаемой мощностью угольного пласта до 1,4-1,5 м следует отдавать предпочтение испытанию почв с помощью гидростойки. Испытание производят два исполнителя. Для проведения испытаний с помощью гидравлической стойки ГСУМ необходимо сделать следующую предварительную подготовку:

- отсоединить выдвижную часть гидросистемы ГСУМ от цилиндра;
- просверлить отверстие диаметром 14 мм в боковой стенке цилиндра на расстоянии 45 мм от основания нижней опоры;
- приварить штуцер 2 с резьбой М20×1,5 для подключения гибкого рукава 3;
- изготовить переходник 4 для подключения рукава и манометра 5;
- подключить рукав и манометр к переходнику;
- установить на дно цилиндра гидростойки прокладку для предохранителя от повреждений манжеты выдвижной части гидростойки;
- собрать гидростойку;
- подключить комбинированный рукав к штуцеру.

Испытания проводят непосредственно нижним основанием стойки площадью 0,0154 м², если сопротивление почвы вдавливанию не превышает примерно 5 МПа.

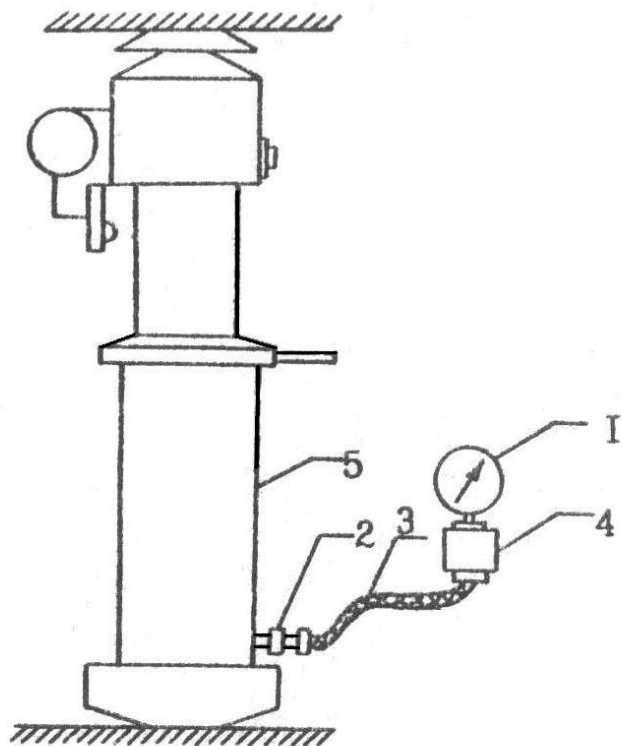


Рис. П.3.1. Схема испытания прочности почвы статистическим методом:
 1 – манометр 40 МПа; 2 – штуцер для подключения комбинированного рукава; 3 – рукав комбинированный 8×450-К-320/190 СТП7-33; 4 – переходник для подключения указанного рукава;

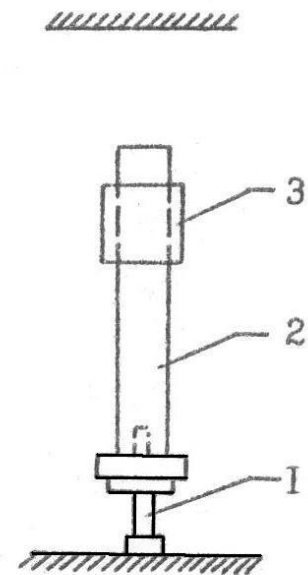


Рис. П.3.2. Схема испытания прочности почвы динамическим методом:
 1 – пуансон; 2 – направляющая труба;
 3 – груз

Испытания пород почвы вдавливаю необходимо проводить с учётом следующих основных методических положений:

1. Для определения предельного сопротивления почвы вдавливаю $\sigma_{вд}$ необходимо зафиксировать нагрузку P , соответствующую или первому хрупкому разрушению, или началу пластического деформирования пород, т. е. плавному внедрению штампа в почву без роста нагрузки. Первое хрупкое разрушение пород сопровождается сравнительно резким кратковременным снижением нагрузки при продолжающемся внедрении штампа в почву, а появление площадки текучести – постепенным уменьшением скорости нарастания нагрузки при продолжающемся внедрении штампа в породу.

2. Сопротивление пород почвы вдавливаю следует определять непосредственно в лавах.

3. В местах испытаний почву необходимо очистить от штыба, она не должна иметь нарушений, не связанных с её природными особенностями.

4. Нагрузка должна прикладываться равномерно (0,2–0,4 МПа в минуту).

5. Почву следует испытывать на расстоянии 1,2–1,5 м от забоя. По длине лавы расстояние между пунктами испытаний необходимо принимать 20–25 м.

6. Количество замеров для определения среднего сопротивления почвы вдавливаю в каждом пункте должно быть от трёх до пяти. При расхождении полученных после трёх испытаний значений более чем на 15 % необходимо производить пять испытаний.

7. Сопротивление (МПа) почвы вдавливаю штампа определяют по формуле:

$$\sigma_{вд} = \frac{P}{F},$$

где P – средняя разрушающая нагрузка на штампы, МН;

F – площадь штампа или площадь основания стойки ГСУМ, м².

Нагрузку P (МН) определяют по формуле:

$$P = \rho S ,$$

где ρ – показания манометра, МПа;

S – площадь плунжера стойки (0,005024 м²).

Порядок проведения испытаний сопротивления почвы вдавливанию следующий.

Стойку устанавливают перпендикулярно плоскости пласта под верхняк – жёсткую опору (опорная плита, металлический верхняк, швеллер № 16–18 длиной 0,5 м) с предварительным распором 2–2,5 МПа. После предварительного распора нагрузка подаётся равномерно до начала первого хрупкого разрушения (образование трещин, распространяющихся в сторону и вглубь от штампа) или начала пластического вдавливания нижнего основания стойки, а в случае сильно увлажнённых слабых пород до глубины вдавливания штампа 50 мм. Нагрузки, соответствующие этим моментам, следует фиксировать как сопротивление почвы вдавливанию. Необходимо учитывать, что ручным приводом гидравлической стойки ГСУМ можно создавать давление не более 50 % её номинальной нагрузки (15–20 МПа). Таким образом, для более прочных пород (более 5 МПа) следует использовать специальную насадку с площадью нижней поверхности 0,008 м². Для установки насадки под стойку к нижней опоре гидростойки необходимо приварить цилиндрический хвостовик диаметром 30 и длиной 20 мм (шарик), а в насадке иметь соответствующие углубления. Высота насадки должна быть 55 мм.

Результаты испытаний заносят в специальный журнал. При обработке результатов измерений следует обратить внимание на возможность разброса данных по длине лавы.

Единичные резкие отклонения от средних величин по пунктам испытаний по длине лавы следует исключить как случайные, не характерные для данной лавы. По остальным единичным результатам необходимо определить среднее сопротивление вдавливанию $\bar{\sigma}_{\text{вд}}$:

$$\bar{\sigma}_{\text{вд}} = \frac{\sum \bar{\sigma}_{\text{вд}i}}{n},$$

где $\bar{\sigma}_{\text{вд}i}$ – сопротивление вдавливаю по отдельным определениям, МПа;

n – число определений.

Динамический метод. Сущность метода заключается в забивании в почву пуансона круглого сечения с определённой площадью основания на заданную глубину и вычислении сопротивления почвы вдавливаю штампа по затраченной на это работе. В этом случае

$$\sigma_{\text{вд}} = cA,$$

где $\sigma_{\text{вд}}$ – сопротивление почвы вдавливаю штампа, МПа;

c – коэффициент пропорциональности, МПа/Дж; $c = 0,011$ МПа/Дж;

A – работа, затраченная на забивание пуансона площадью сечения 1 см^2 на глубину 5 см , Дж.

$$A = nQh,$$

где n – количество ударов при забивании пуансона на глубину 5 см ;

Q – вес груза, Н;

h – высота сбрасывания груза, м.

Схема проведения испытаний представлена на рис. П.3.2.

Испытания необходимо производить на расстоянии $1,2\text{--}1,5 \text{ м}$ от забоя (за конвейером примерно между стойками первого ряда крепи) в пунктах, равномерно размещённых по всей длине забоя. На особых участках должны быть проведены отдельные испытания.

В каждом пункте проводят пять испытаний. Для этого почву расчищают на площади примерно $0,5 \times 0,5 \text{ м}$. Пуансон забивают в центре и четырёх углах квадрата. При этом пуансон не следует забивать в видимые трещины и каверны. Несмотря на то, что динамический метод является косвенным, он даёт достаточно надёжные результаты, так как позволяет испытать почву в большом числе точек.

Динамический пробник может быть изготовлен в механических мастерских шахт по чертежам, представленным во Временных указаниях ВНИМИ.

Порядок работы с динамическим прибором следующий.

Протереть направляющую трубу сухой тряпкой, проверит плавность хода груза, зачистить почву от штыба, вставить пуансон в направляющую трубу примерно перпендикулярно плоскости почвы. При испытаниях надо поднимать груз до предельной отметки и сбрасывать его до тех пор, пока пуансон не войдет в почву на свою полную длину 5 см. Сосчитать количество сбрасываний, которое для этого потребовалось. Результаты, полученные на каждой точке, записать в журнал по предлагаемой форме:

Производственное объединение _____ Шахта _____
 Пласт _____ Лава _____ Угол падения _____

Номер пункта замера	Номер точки замера	Вес груза	Высота сбрасываний	Количество сбрасываний	Сопротивление вдавливания, МПа	Примечание

При угле падения угольного пласта $\alpha > 20^\circ$ необходимо учесть влияние силы трения и движения груза по наклонной направляющей. В этом случае

$$A = nhQ(\cos\alpha - f \sin\alpha),$$

где $f = 0,15$ – коэффициент трения.

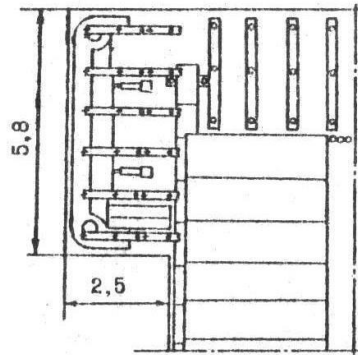
При испытании почвы статистическим и динамическим методами, кроме среднего значения $\bar{\sigma}_{вд}$ необходимо определять среднеквадратичное отклонение σ (стандарт распределения) по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} (\sigma_{вд i} - \bar{\sigma}_{вд})^2},$$

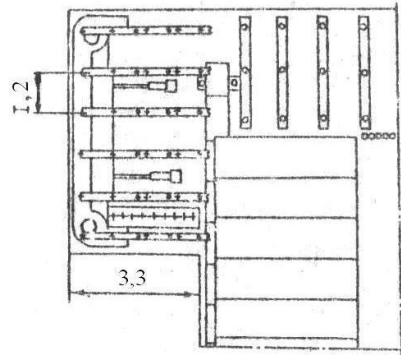
При проверке соответствия применяемой крепи сопротивлению почвы при вдавливании штампа следует иметь в виду, что величина сопротивления почвы снижается с течением времени.

Приложение 4

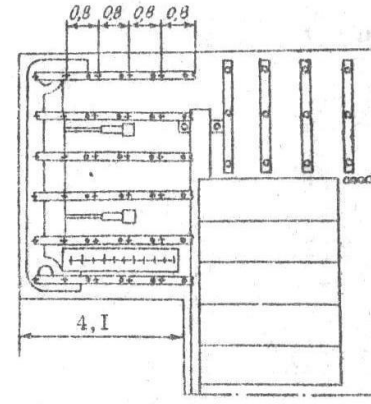
Паспорт крепления ниши при выемке угля нишевыемочной машиной МНФ и применении металлических верхняков длиной 0,8 м



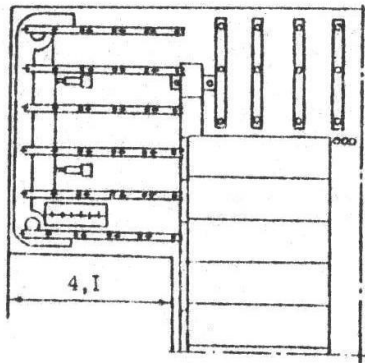
а - положение на начало цикла;



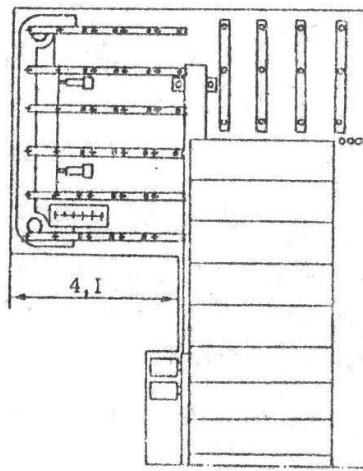
б - положение при подвигании забоя ниши на 0,8 м;



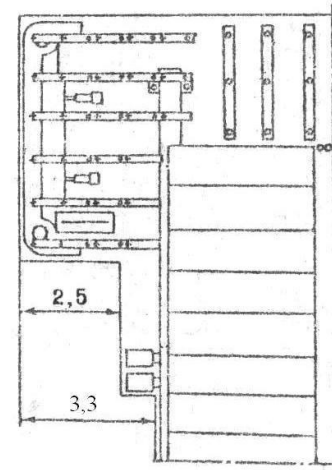
в - положение при подвигании забоя ниши на 1,6 м;



г - положение в нише перед выемкой полосы угля в лаве;



д - положение при выемке полосы угля в лаве на 0,8 м;



е - положение при выемке следующей полосы угля в лаве на 0,8 м

Характеристика анкерных крепей

Тип анкерной крепей	Условия применения	Параметры крепей				Несущая способность анкера, кН
		Диаметр стержня, мм	Длина анкера, мм	Затягивающее усилие гайки анкера до момента, Н·м	Конструктивная податливость, мм	
1	2	3	4	5	6	7
Металлические распорные анкеры						
ШК-1М, ШК-3	В породах $c f > 3$	20	1200–2400	200	–	95
АК-8 (АК-8У, АК-8М)	В породах $c f = 3–12$ В угле $c t = 0,8–2,0$	20	1000–2400	–	20–140	25–108
АД-1	То же	20	1600–2000	–	–	60–100
АР-2М	То же	18,3	1500–2000	–	–	В породах средней крепости 70–80. В крепких породах 90–100
ЭС	Замок располагать в породах $c f > 4$	20	900–2500	250	–	В породах $f > 8 – 100$ $f = 6–8 – 80$ $f = 4–6 – 50$
АКМ	В породах $c f > 3$ В угле $c t = 0,8$	16	1000–2400	–	20–120	40–96
ШР-1	Замок располагать в породах $c f > 4$	20	1600, 1800, 2000	–	–	50–100
Металлические клино-щелевые анкеры						
КЩА	В породах $c 4 < f < 10$	20–25	1600, 1800, 2000, 2200	–	–	40–80

Продолжение прилож. 5

Тип анкерной крепи	Условия применения	Параметры крепи				
		Диаметр стержня, мм	Длина анкера, мм	Затягивающее усилие гайки анкера до момента, Н·м	Конструктивная податливость, мм	Несущая способность анкера, кН
1	2	3	4	5	6	7
Анкеры с закреплением химическими составами типа АКХ						
АСП1Ф, АСП2Ф, АСП3Ф, АСП4Ф	В любых породах с $f > 1$	18–25	800–3400	–	–	88–95
АКП	То же	18–20 из стеклопластика	800–3400	–	–	88–95
Анкеры с закреплением смесями на цементной или фосфогипсовой основе						
АКЦ	В любых породах с $f > 1$	18–25	800–3400	–	–	95
АКПН	То же	18–25	8000–3400	–	–	95
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В расчёт принимается величина несущей способности анкера, полученная после проведения экспериментальных работ по проверке прочности их закрепления в конкретных условиях. 2. К применению рекомендуются анкеры с несущей способностью не ниже 35 кН 						

СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЯХ

Трёхзвенная арочная крепь

Металлические податливые арочные трёхзвенные крепи КМП-А3 представляют собой отдельные арки, устанавливаемые в выработках вразбежку и скрепляемые тремя межрамными стяжками, расположенными на верхняках и стойках. Промежутки между арками перекрываются межрамными ограждениями: железобетонными, металлическими сварными решётками или плетёными сетчатыми, рулонными стеклопластиковыми или деревянными.

Арки крепей КМП-А3 (рис. П.6.1) состоят из трёх основных элементов, изготавливаемых из спецпрофилей СВП: верхнего и двух боковых, соединяемых внахлестку замками ЗПК, ЗСД или кулачковыми. Размеры крепи, радиусы кривизны её элементов принимаются в соответствии с действующими типовыми проектами сечений горных выработок, чертежами или ТУ на их изготовление. Податливость крепи осуществляется за счёт скольжения верхняка и стоек в местах их соединения. Податливость крепи КМП-А3 составляет 300–400 мм.

Соединительный замок ЗПК (замок податливой крепи) НИИОГРа (рис. П.6.1) состоит из прогнутой по внешнему контуру спецпрофиля планки 1, скобы 2 и двух гаек 3. Изогнутые планки изготавливаются из полосы 16×60 мм или 18×60 мм, скобы – из круглой стали диаметром 20 мм (для СВП17) и 24 мм (для СВП22 и СВП27), боковины планки для повышения жёсткости выполнены выпуклыми. Нахлестка верхняка и стоек в местах их соединения равная 400 мм. Замки ЗПК устанавливаются на расстоянии 50 мм от концов соединяемых элементов рамы и на 300 мм друг от друга, образуя податливый узел. Благодаря такой конструкции замка ЗПК обеспечивается повышенное сопротивление податливого узла, в период податливости сопротивление его в зависимости от типоразмера спецпрофиля

составляет

90–140 кН, при зажатии 15–30 кН, узел податливости имеет достаточно устойчивую характеристику.

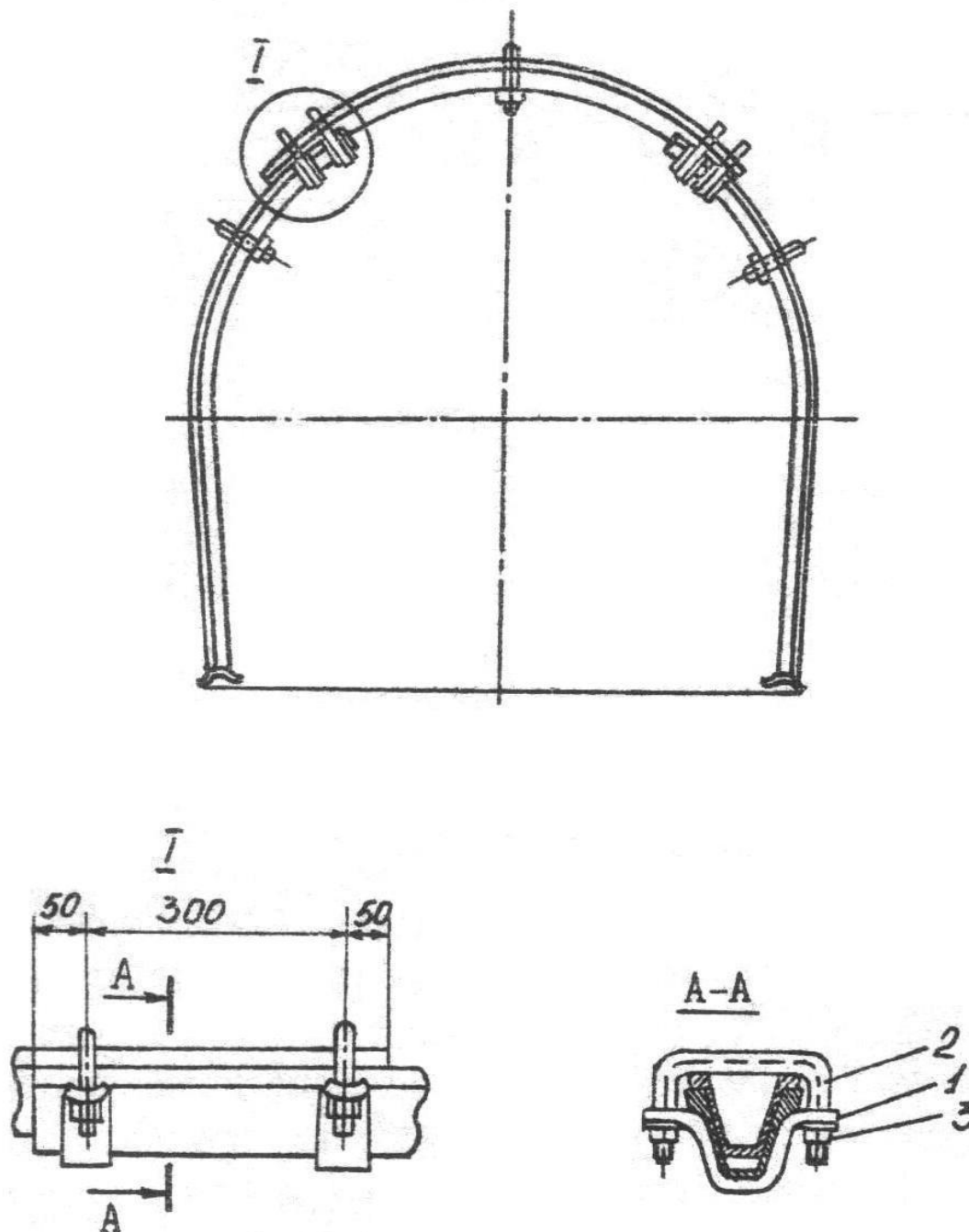


Рис. П.6.1. Металлическая податливая арочная трёхзвенная крепь КМП-А3 с замками ЗПК

Несущая способность арки крепи КМП-А3 с соединительным замком ЗПК в податливом режиме в зависимости от типоразмера спецпрофиля составляет 180–280 кН (18–28 тс).

Пятизвенная арочная крепь

Пятизвенная арочная крепь КМП-А5 (рис. П.6.2) аналогичная арочной крепи КМП-А3 и отличается от неё тем, что боковые элементы (стойки) выполнены составными из двух отрезков спецпрофиля СВП, соединяемых внахлёстку при помощи замков ЗПК, ЗСД или кулачковых, используемых в крепи КМП-А3. Это обеспечивает повышенную конструктивную податливость крепи до 1000 мм (по высоте). Крепь КМП-А5, по технической характеристике во многом аналогичная крепи КМП-А3, предназначена для выработок, подверженных влиянию очистных работ, со значительным смещением пород кровли (до 1000 мм).

Соединительный замок ЗСД конструкции ДонУГИ (рис. П.6.2) состоит из двух прямоугольных скоб 1 и 2 (диаметром 24 мм) с резьбой на концах, заблокированных фигурным хомутиком 3, планки 4 и четырёх гаек 5. Планка изготавливается из специального проката ПЗС-20 (по ТУ4-2-471-82) шириной 200 мм. Замки применяются для соединения внахлёстку элементов арочной и трапецевидной крепей.

Замки доставляются в собранном виде с «наживлёнными» гайками и надвигаются на места соединения элементов. При этом нижняя скоба 1 располагается перпендикулярно соединяемым элементам крепи, а верхняя скоба 2 – наклонно под углом примерно 30°. Затяжку гаек производят, начиная с нижней скобы. Гайки затягивают до расклинки профилей и начала изгиба планок с усилием 35–40 кН.

Соединённые замком элементы крепи образуют узел податливости. Для обеспечения необходимого сопротивления после осуществления податливости крепи на 50 мм производится контрольная затяжка гаек. Замок

обеспечивает сопротивление узлов податливости крепи от 100 до 200 кН (10–20 тс).

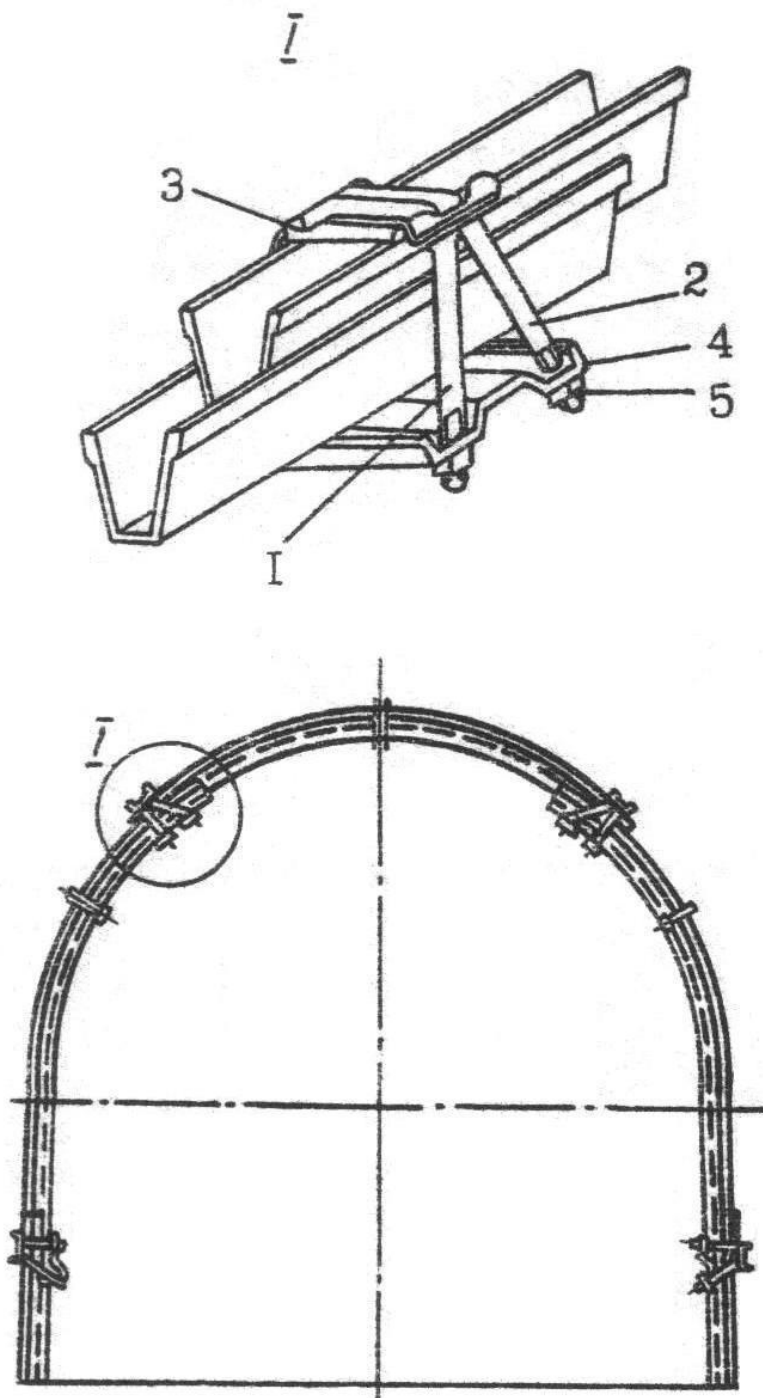


Рис. П.6.2. Металлическая податливая арочная пятизвенная крепь КМП-А5 с замками ЗСД

Трапециевидная крепь

Металлические трапециевидные (прямоугольные) податливые крепи КМП-Т(П) предназначены для крепления горизонтальных и наклонных выработок, преимущественно примыкающих к выемочному участку и подверженных активному влиянию очистных работ, при ожидаемом опускании пород кровли до 600 мм и отсутствии значительного бокового давления и пучения пород почвы.

Крепь КМП-Т(П) представляет собой отдельные рамы, устанавливаемые в выработках вразбежку и соединяемые между собой тремя межрамными стяжками. Рамы крепи (рис. П.6.3) состоят из двух податливых стоек 2 и 3 и верхняка 1. В выработках шириной более 3,5–4 м и при значительном давлении пород кровли устанавливаются дополнительные третьи (четвёртые) стойки усиления (КМП-Т(П)3). Стойка состоит из двух прямолинейных или криволинейных отрезков спецпрофиля 2 и 3, соединяемых внахлестку замками кулачковыми ЗСД или ЗПК. Кулачковое соединение 4 прямолинейных элементов отличается от соединения криволинейных элементов тем, что в них отсутствует фиксатор 9. Верхние торцы стоек имеют оголовья (сжатые концы), на которые опирается верхняк, усиленный приваренными пластинками в средней части.

Рамы трапециевидной крепи КМП-Т(П), изготавливаемые из спецпрофиля СВП17, составные податливые стойки которых соединяются внахлест кулачковыми замками, отличаются низкой трудоёмкостью при возведении и лёгкой разборностью и могут быть использованы в качестве инвентарной крепи. В этом случае она может быть многократно использована для крепления горизонтальных и наклонных выработок выемочных участков с небольшим сроком службы (не более года) при отсутствии значительного давления с боков и пучения пород почвы.

Кулачковый замок конструкции ИГД им. А. А. Скочинского (рис. П.6.3), соединяющий две податливые стойки 2 и 3, включает в себя П-образную скобу 5, ось 6 и два эксцентриковых кулачка 7 с ограничителями 8.

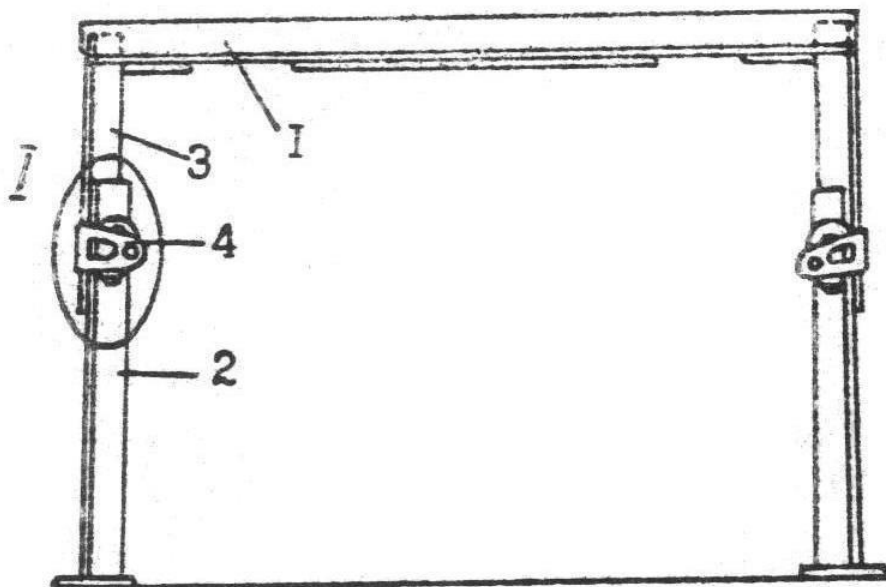
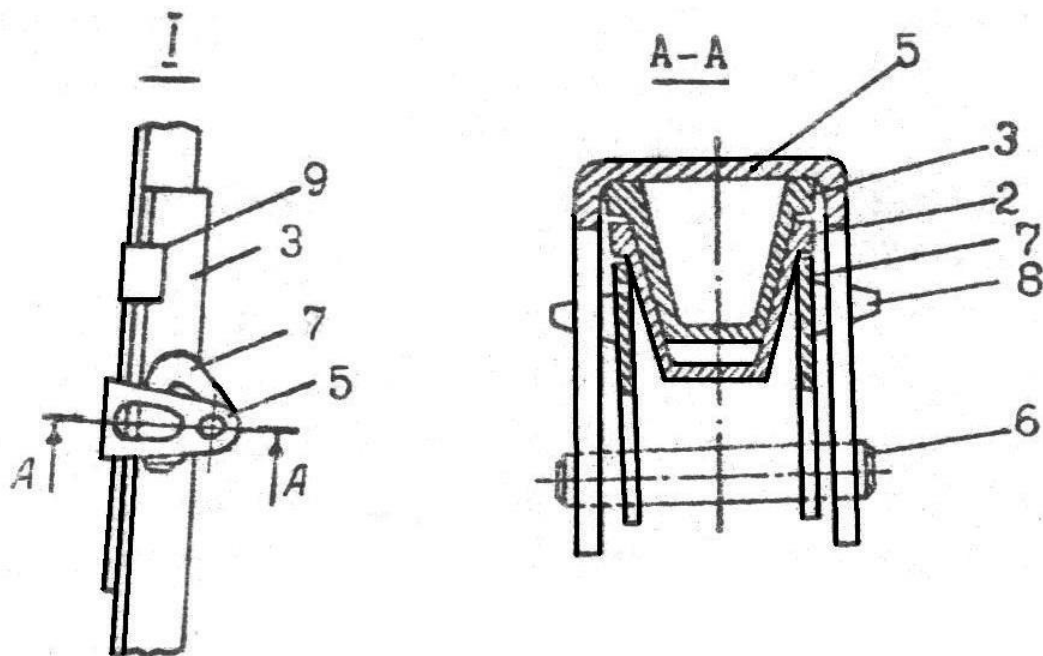


Рис. П.6.3. Металлическая податливая трапецевидная крепь КМП-Т(П)

Податливость крепи осуществляется за счёт взаимного скольжения прямолинейных и криволинейных частей стоек в соединительных узлах. Проектная вертикальная податливость крепи 600–800 мм. Несущая способность рамы в зависимости от применяемого спецпрофиля и количества стоек в раме в податливом режиме 200–400 кН, в конце исчерпания податливости – 270–540 кН.

Крепеустановщик

Подвесной монорельсовый крепеустановщик предназначен для частичной механизации работ по возведению рамной крепи при проведении горизонтальных и наклонных (до 20°) выработок с площадью сечения в свету не менее 9 м² (доставка элементов крепи в забой выработки, подъём к кровле и удержание верхних элементов крепи на период их сборки и закрепления).

Наряду с этим крепеустановщик выполняет функции временной предохранительной крепи в призабойной части проводимой выработки. Наличие в крепеустановщике механизированного полка устраняет необходимость сооружения рабочего полка (помоста) для установки верхняков, укладки затяжек, забутовки закрепного пространства и других операций, выполняемых в верхней части выработки.

Подвесной монорельсовый крепеустановщик конструкции НПО «Углемеханизация» (рис. П.6.4) представляет собой гидроподъёмник рычажно-параллелограммотипа, подвешенный на монорельсе в призабойной части проводимой выработки. Он состоит из корпуса 1 и закреплённых на нём механизма передвижения 2, маслостанции 3, перекрытия 4 с оградительными крыльями 5 и механизма подъёма. Механизм подъёма, обеспечивающий диагональные перемещения перекрытия, состоит

из рамы 6 и тяг 7, соединённых со стабилизатором 8, на котором закреплено перекрытие. На перекрытии установлены четыре башмака 9, куда укладывают верхняки арочной крепи. Имеются также опоры для укладки стоек.

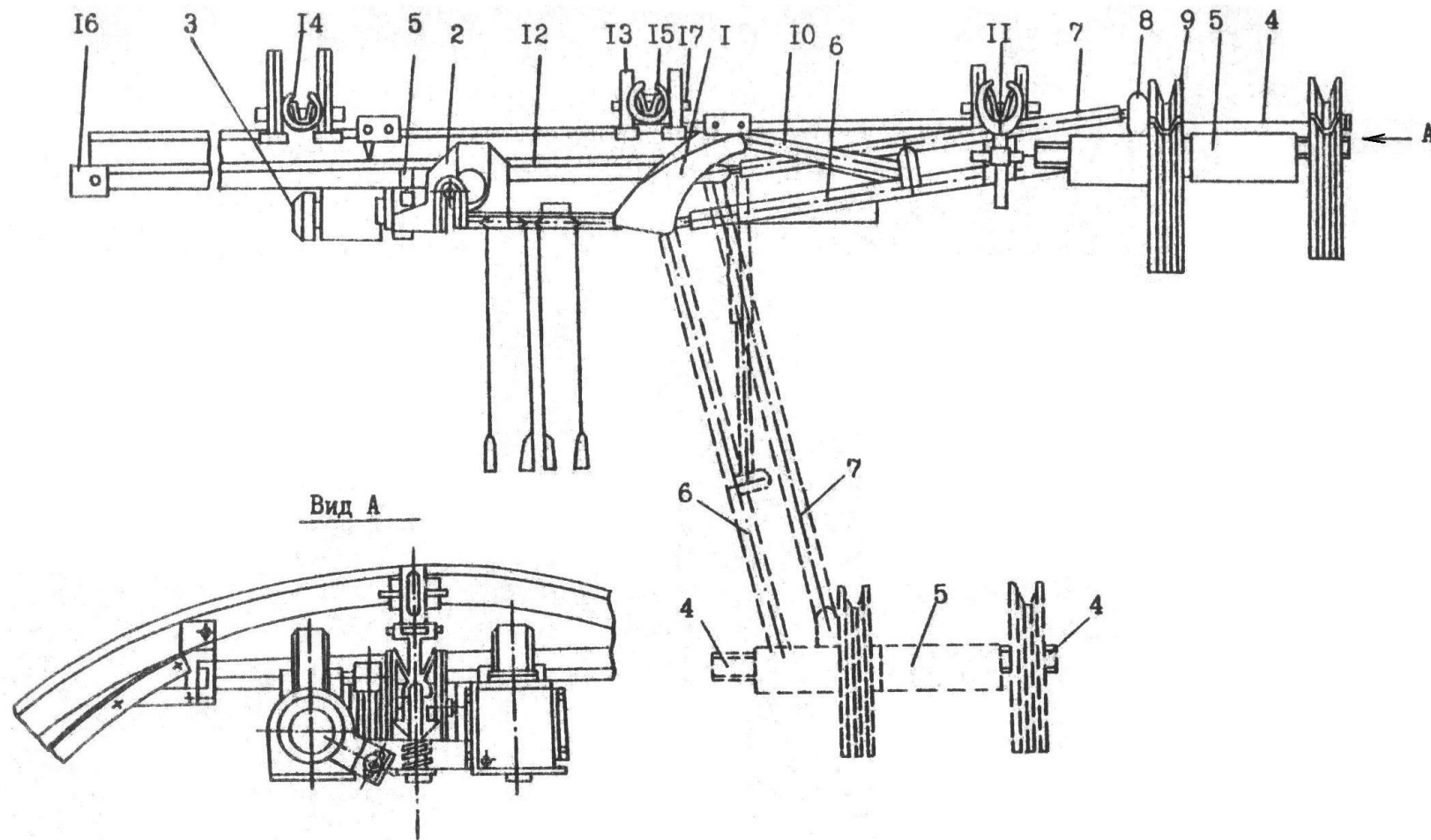


Рис. П.6.4. Крепеустановщик КМП-8

Подъём перекрытия производится двумя гидроцилиндрами 10, которые крепятся к раме и корпусу. Для жёсткой фиксации перекрытия в верхнем положении рама снабжена двумя захватами 11. Монорельс 12, состоящий из 25-ти секций двухметровой длины и четырёх секций длиной 2,5 м, шарнирно соединённых между собой, подвешивают вдоль выработки к верхним элементам постоянной крепи с помощью подвесок 13. Подвеска состоит из траверсы 14, которая захватами 15 с помощью клиньев 17 жёстко крепится к крепи, и двух скоб с клином, надеваемых на секции монорельса и подводимых к траверсе. На обоих концах монорельса жёстко закреплены упоры 16, предотвращающие соскальзывание крепеустановщика с монорельса. По мере подвигания забоя последнюю секцию монорельса демонтируют и переносят вперёд к забою.

Возведение опережающей предохранительной крепи в выработках, закреплённых металлической арочной крепью

В соответствии с требованиями правил безопасности при проведении выработок необходимо возведение временной крепи.

Рекомендуется применять опережающую предохранительную временную крепь следующей конструкции. На верхняке арочной крепи первой от забоя и четвёртой рам навешивают две фигурные скобы, которые соединяют стяжками и гайками (рис. П.6.5). С помощью скоб подвешивают спецпрофиль СВП-17, СВП-22 длиной 4,5–5,0 м. После взрывных работ спецпрофиль выдвигается к забою. Затем надевают на него верхняки арочной крепи. В спецпрофиле должны быть сделаны специальные выемки для предотвращения смещения верхняков. Крепление спецпрофиля к четвёртой раме должно позволять смещать его таким образом, чтобы верхняки арочной крепи на забойной части профиля были прижаты к кровле. Верхняки должны расклиниваться по бокам выработки. После уборки породы устанавливают стойки арочной крепи и соединяют их с верхняками.

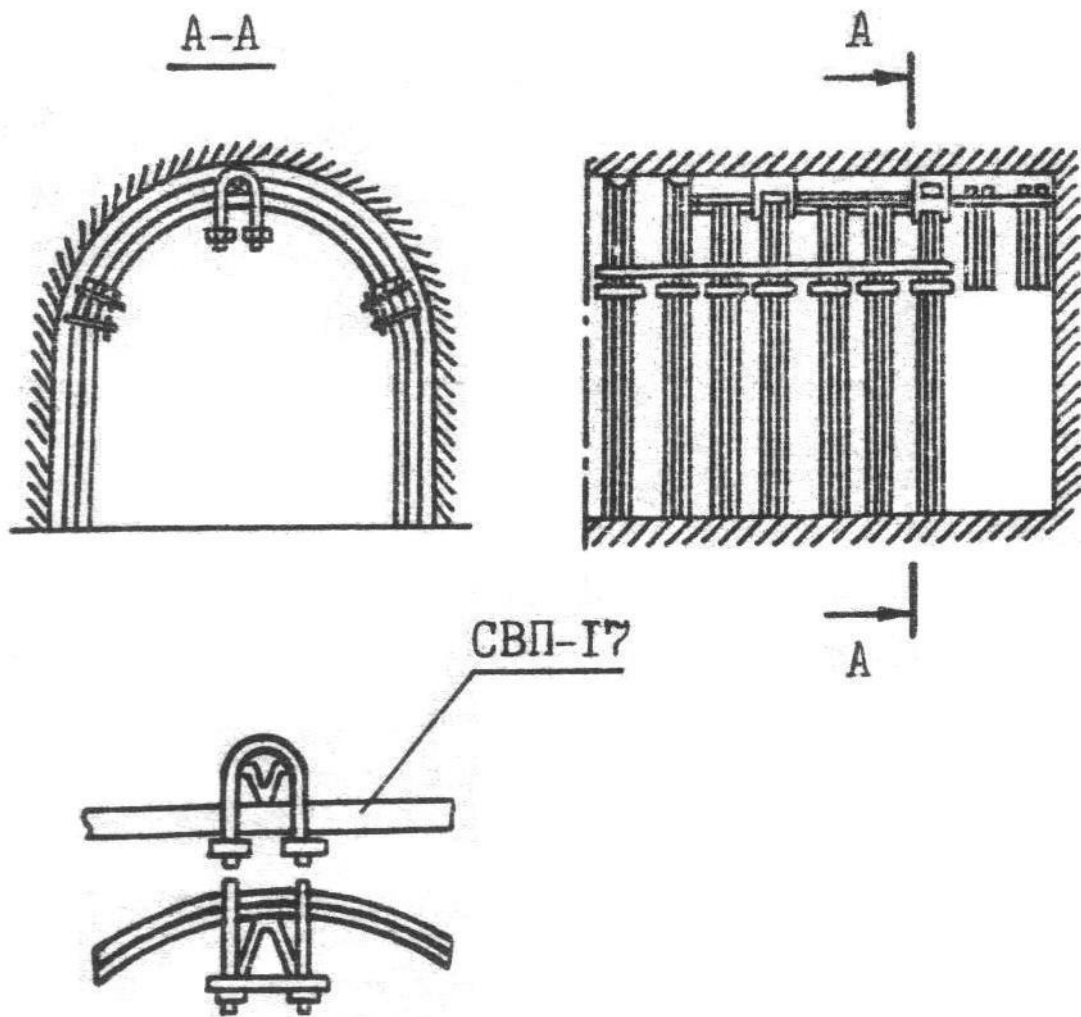


Рис. П.6.5. Опережающая предохранительная крепь

Параметры металлических податливых крепей

Сечение выработки в свету до осадки, м ²	Ширина выработки в свету до осадки, м	Тип спецпрофиля	Сопротивление крепи в податливом режиме <i>P</i> , кН, в зависимости от вида соединительных узлов			Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм
			Прямые планки и скобы с резьбой	ЗСД	ЗПК	
1	2	3	4	5	6	7
Арочная крепь КМП-А3						
До 10,0	3,2–3,4	СВП-17	150	180	200	300/360
До 10,0	3,5–3,8	СВП-19	160	200	230	300/360
10,0–13,0	4,0–4,8	СВП-22	190	220	260	300/400
10,0–13,0	4,0–4,8	СВП-27	210	250	290	300/400
13,0–18,0	5,2–5,5	СВП-27	–	310	290	300/400
13,0–18,0	5,2–5,5	СВП-33	–	310	360	300/400
Более 18,0	Более 5,5	СВП-33	–	–	320	/400
Арочная крепь КМП-А4						
10,0–13,0	4,0–4,8	СВП-22	–	–	260	/400
14,0–18,0	5,2–5,5	СВП-27	–	–	290	То же
Более 18,0	Более 5,5	СВП-33	–	–	320	То же
Арочная крепь КМП-А5						
До 10,0	3,2–3,4	СВП-17	150	180	200	600, 800, 1000
10,0–11,4	3,5–3,8	СВП-19	160	200	230	То же
11,6–14,3	4,0–4,8	СВП-22	190	220	260	То же
14,3–16,2	4,2–4,8	СВП-27	210	250	290	То же
16,4–19,0	5,2–5,5	СВП-27	–	–	290	То же
16,4–19,0	5,2–5,5	СВП-33	–	310	320	То же
Более 19,0	Более 5,5	СВП-33	–	310	320	То же
Кольцевая крепь КМП-К4						
До 8,0	До 3,0	СВП-17	–	–	200	300
8,0–10,0	3,0–3,8	СВП-22	–	–	260	То же
Более 10,0	Более 3,8	СВП-27	–	–	290	То же

Параметры металлических податливых крепей (продолжение)

Сечение выработки в свету до осадки, м ²	Ширина выработки в свету до осадки, м	Тип спецпрофиля	Сопротивление крепи в податливом режиме P , кН, в зависимости от вида соединительных узлов			Конструктивная вертикальная податливость крепи, мм
			Прямые планки и скобы с резьбой	ЗСД	ЗПК	
1	2	3	4	5	6	7
Трапецевидная (прямоугольная) крепь КМП-Т(П)						
8,0–11,0	3,8–5,0	СВП-22	–	220	260	700
8,0–11,0	3,8–5,5	СВП-27	–	240	–	700
9,5–13,1	3,8–5,0	СВП-22	–	220	–	1300
9,5–13,1	3,8–5,0	СВП-27	–	240	290	1300
Трапецевидная (прямоугольная) крепь КМП-Т(П) с одной средней стойкой						
8,0–11,0	3,8–5,0	СВП-22	–	420	500	700
8,0–11,0	3,8–5,0	СВП-27	–	490	570	700
9,5–13,1	3,8–5,0	СВП-22	–	420	500	1300
9,5–13,1	3,8–5,0	СВП-27	–	490	570	1300
<p>Примечания</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конструктивная податливость крепи: в числителе – с плоской планкой и ЗСД, в знаменателе – с замками ЗПК. 2. Для крепей КМП-А5 первое, второе и третье значение конструктивной податливости относится к крепи с дополнительной стойкой длиной соответственно 700, 900, 1200 мм. 3. Данные по сопротивлению крепи в податливом режиме представлены ДонУГИ и НИИОГР (замки ЗПК) 						

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАКРЕПНОГО ПРОСТРАНСТВА, ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЪЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ, МАТЕРИАЛОВ, РАСЧЁТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ

Технологические схемы заполнения закрепного пространства твердеющими материалами

Технология полного заполнения закрепного пространства гидромеханическим способом по параллельной схеме (рис. П.7.1, а, условное обозначение технологии 1) включает в себя следующие процессы:

- доставку материалов к месту производства работ;
- устройство тампонажных перемычек в закрепном пространстве;
- гидроизоляцию контура выработки;
- гидроизоляцию сводовой части закрепного пространства для оставления свободного доступа к пласту со стороны верхнего бока;
- установку кондукторов;
- приготовление и нагнетание раствора;
- перемещение при необходимости тампонажного оборудования.

Доставка материалов к месту производства работ осуществляется в шахтных вагонетках или специальных контейнерах. Если по пути следования встречается капёж воды, вагонетки с вяжущим веществом должны быть закрыты водонепроницаемым материалом (полиэтиленовой плёнкой, прорезиненной тканью, брезентом).

Устройство тампонажных перемычек производится с целью недопущения неконтролируемого распространения раствора по длине выработки. В противном случае расход тампонажных материалов, трудоёмкость и продолжительность работ увеличиваются на 20–25 %.

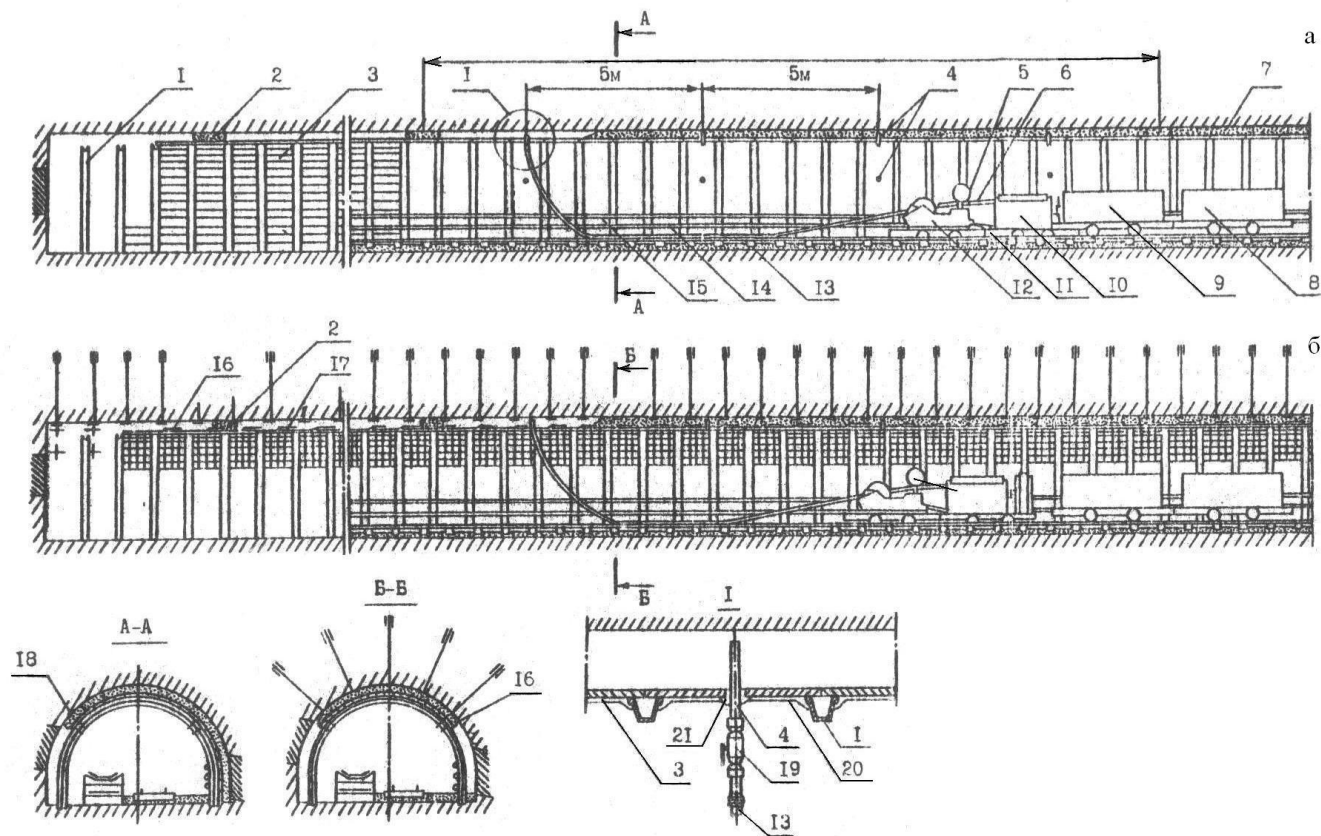


Рис. П.7.1. Параллельная технологическая схема:

а – 1, с полным заполнением; б – 1с, с частичным заполнением;

- 1 – арочная податливая крепь; 2 – тампонажная перемычка; 3 – железобетонная затяжка; 4 – кондукторы; 5 – трёхходовой кран; 6 – перепускной рукав; 7 – заполненное раствором закрепное пространство; 8 – вагонетка с вяжущим веществом; 9 – вагонетка с заполнителем; 10 – растворосмеситель; 11 – всасывающий рукав; 12 – буровой насос; 13 – нагнетательный рукав; 14 – водопровод; 15 – трубопровод сжатого воздуха; 16 – полосы из РСО; 17 – решётчатая затяжка; 18 – гидроизоляционная перемычка; 19 – пробковый кран; 20 – гидроизолирующий слой; 21 – уплотнение

Расстояние между тампонажными перемычками выбираются в зависимости от состояния закрепного пространства (пережимы, состояние забутовки и т. д.) и составляет 20–40 м. Перемычки сооружают с отставанием от проходческого забоя не более чем на 20 м. Для этого в заранее выбранное место крепь устанавливают без межрамного ограждения. Укладывая постепенно затяжку снизу вверх, закрепное пространство заполняют горной породой на растворе. Ширина перемычки принимается 0,5–1,0 м.

При небольших зазорах между крепью и породным обнажением (например при комбайновой проходке) перемычки возводят с помощью уложенных на рамы рукавов из тканевого материала, в которые нагнетают раствор. Оставшиеся щели чеканят вручную. Эти операции выполняют в непосредственной близости к проходческому забою.

Сооружение тампонажных перемычек на границах тампонируемого участка может также осуществляться в процессе заполнения закрепного пространства растворами на основе цементов путём порционного нагнетания по периметру выработки через специально пробуренные скважины ускорителя схватывания в поток тампонажного раствора.

При использовании в качестве межрамного ограждения железобетонных затяжек гидроизоляция контура производится путём «мокрого» набрызга вяжущего раствора на поверхность затяжки и крепи с помощью полиэтиленовых кассет, с помощью рулонного стекловолоконного ограждения (РСО) или, как исключение, чеканкой щелей вручную.

Большие щели в межрамном ограждении заделываются вручную паковочной тканью, глиной, деревянными вставками, деформированные затяжки заменяются.

При набрызге раствор наносится равномерно при круговом движении сопла слоем толщиной 10–20 мм. Угол встречи струи раствора с поверхностью должен быть близким к 90°. Для уменьшения потерь раствора вследствие отскока необходимо выдерживать расстояние от сопла в следующих пределах: до поверхности среднего участка вертикальной

стенки – 1,0–1,3 м; до нижнего и верхнего участков вертикальной стенки – 0,9–1,0 м; до кровли выработки – 0,7–0,9 м. Набрызг осуществляется на удалении от проходческого забоя 20 м и более.

Гидроизоляция с помощью полиэтиленовых кассет и рулонного стекловолоконного ограждения производится в непосредственной близости к проходческому забою. Полиэтиленовые рулоны (листы РП ВТУ 29-81) могут служить материалом для изготовления таких кассет в ЦЭММ шахт. При сооружении межрамного ограждения затяжки укладываются в эти кассеты.

Полосы рулонного стекловолоконного ограждения укладываются на железобетонные затяжки внахлестку. При использовании межрамного ограждения из проволочной сетки применяется этот же способ гидроизоляции.

Гидроизоляция (отшивка) сводовой части закрепного пространства производится с помощью уложенных за крепь вдоль оси выработки тканевых рукавов, в которые нагнетается раствор. Оставшиеся части чеканятся вручную. Так же гидроизоляция сводовой части закрепного пространства производится с помощью полос из РСО, концы которых закрепляются на анкерах.

Для нагнетания раствора в закрепное пространство по периметру выработки устанавливаются кондукторы (один в своде, один в боку выработки). Расстояние между рядами кондукторов вдоль оси выработки выбирается в зависимости от нарушенности приконтурного массива, в среднем 5 м. Для установки кондуктора в межрамном ограждении устраивается отверстие. Для предохранения резьбы кондуктора при его забивке применяются колпачки. Выступающая в выработку часть кондуктора должна составлять 20–30 см. После установки кондуктора в отверстие в железобетонной затяжке при необходимости его расклинивают деревянными клиньями, а зазоры заделывают густым быстротвердеющим раствором.

Кондукторы, устанавливаемые в отверстиях в РСО при решётчатой затяжке, дополнительно крепятся к рамам с помощью стальной проволоки, а их гидроизоляция осуществляется с помощью специального уплотнителя. Кондукторы изготавливаются из труб с наружным диаметром 50 мм. Длина их определяется толщиной крепи и шириной закрепного пространства.

Заполнение закрепного пространства производится параллельно проходческим работам участками по 20–40 м на определённом удалении от забоя. Комплекс тампонажного оборудования устанавливается стационарно, как правило, в нише выработки. При удалении тампонируемого участка горной выработки от комплекса на расстояние, равное максимальной дальности подачи насоса, оборудование перемещается и вновь устанавливается в ближайшем к забою уширение.

Перед тампонажем производится подготовка комплекса оборудования к работе, включающая следующие операции: осмотр комплекса, замену изношенных деталей (например, сальниковых уплотнений), промывку смесителя, насоса и рукавов, переноску шлангов, наращивание става труб.

Объём раствора при разовом приготовлении определяется возможностью перекачки его в закрепное пространство до начала схватывания. Наиболее оптимально на 1 цикл приготавливать 0,8–1,5 м³ раствора. При использовании быстротвердеющего вяжущего вещества очередность загрузки растворосмесителя следующая.

Сначала заливается из шахтного водопровода необходимое количество воды, контролируемое визуально по меткам в смесителе. При включённом растворосмесителе засыпается песок мерной ёмкостью и вяжущее вещество из мешков. Перемешивание (приготовление) раствора после засыпки всех компонентов продолжается 5–6 мин.

Для подачи раствора к месту производства работ применяются прорезиненные напорные рукава диаметром 60 и 32 мм по ГОСТ 10362-76 и металлические трубы диаметром 50 мм. Для регулировки подачи раствора за

крепь используются перепускные краны, с помощью которых часть раствора возвращается в растворосмеситель.

При полном тампонаже сначала производится заполнение закрепных пустот в боку выработки в пределах тампонажного участка. После этого нагнетание производится через кондукторы, установленные в своде выработки до достижения давления 0,1 МПа. В процессе нагнетания осуществляется контроль состояния гидроизоляции в крепи. При появлении обильных течей и деформаций крепи подача раствора прекращается и устраняется нарушение гидроизоляции. После окончания нагнетания производится тщательная промывка насоса, растворосмесителя, трубопровода и шлангов.

Технология заполнения сводовой части закрепного пространства гидромеханическим способом по параллельной схеме (рис. П.7.1, б, условное обозначение 1с) имеет следующие отличия от технологии заполнения закрепных пустот по этой же схеме (условное обозначение 1):

- гидроизоляция сводовой части закрепного пространства производится с обоих боков выработки;
 - нагнетание раствора в закрепные пустоты осуществляется через кондукторы, установленные только в своде выработки;
 - гидроизоляция контура выработки производится только в своде.
- Отличий в методах выполнения процессов нет.

Технология полного заполнения закрепного пространства по совмещённой схеме пневматическим способом с радиальной подачей материала (рис. П.7.2, а, условное обозначение 2) включает в себя следующие процессы:

- доставку материалов к месту производства работ;
- загрузку бетомашины материалом;
- набрызг затворённой смеси на кровлю и нижний бок выработки через межрамное ограждение из металлической сетки;
- перемещение оборудования при необходимости.

При использовании бетономшины ПБМ-2 её нагрузка производится на поверхности или в шахте. В последнем случае к месту производства работ доставляются отдельно инертный заполнитель и вяжущее вещество. При применении других бетономшин к месту производства работ доставляется приготовленная на поверхности бетонная смесь.

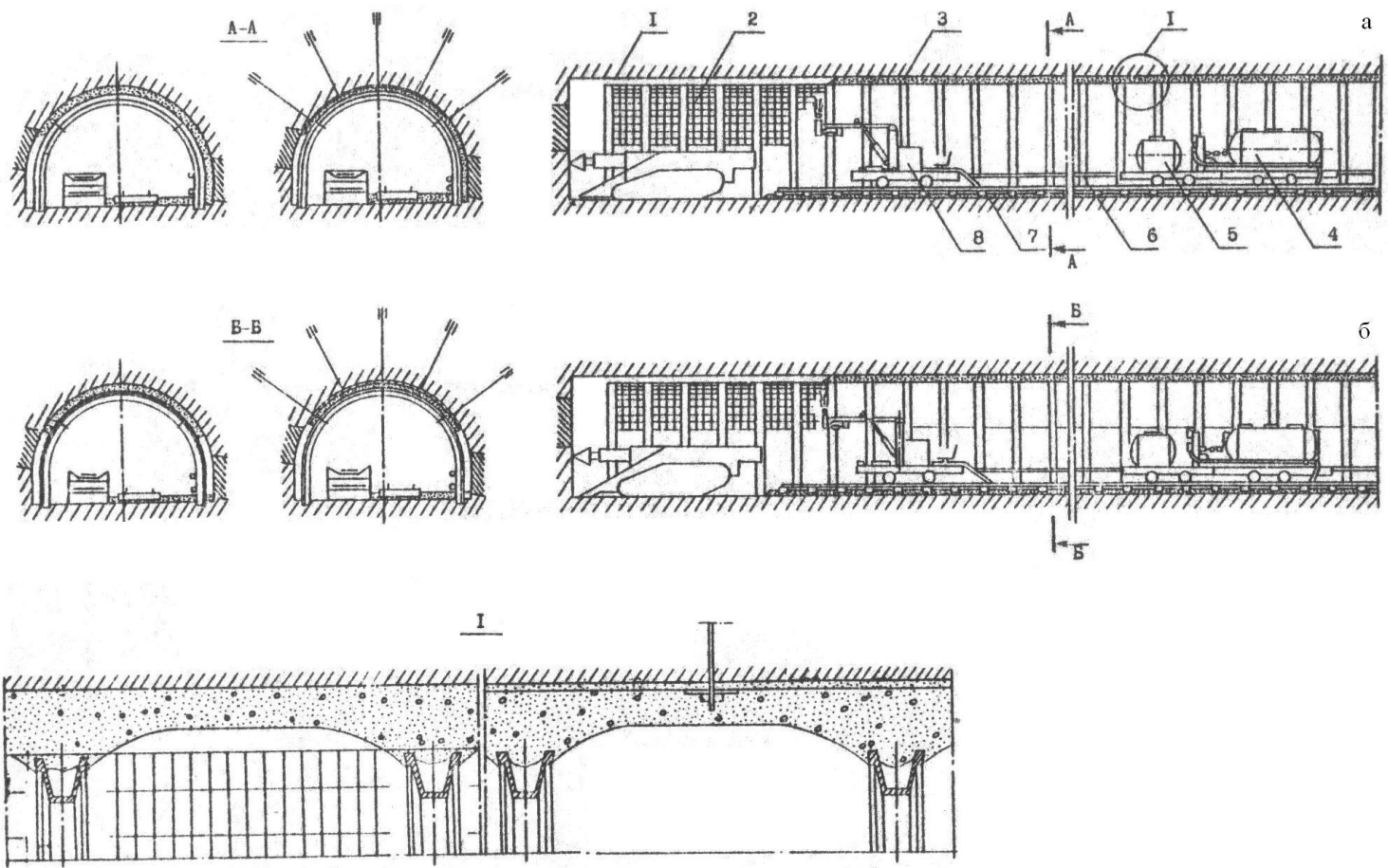


Рис. П.7.2. Совмещённая технологическая схема:

а – 2, с полным заполнением; б – 2с, с частичным заполнением;

1 – арочная податливая крепь; 2 – решётчатая затяжка; 3 – слой набрызгбетона; 4 – пневмобетономашина;
 5 – ёмкость для ускорителя твердения; 6 – водопровод; 7 – материальный рукав; 8 – механизм вождения сопла

Перед загрузкой производится осмотр бетономшины, рукавов, проверка уровня смазки в редукторе привода и в пневмодвигателях.

Загрузка осуществляется с помощью ленточного перегружателя или вручную. После этого производится подготовка к работе (подсоединяется материальный рукав, подключается вода к камере затворения, подключается машина к сети сжатого воздуха).

Эти процессы выполняются одновременно с проходческими работами. Затем проходка останавливается и осуществляется набрызг затворённой смеси через металлическую решетчатую затяжку на нижний бок и свод выработки.

После заполнения закрепных пустот производится в течение двух-трёх минут продувка машины и материального рукава.

Бетономашину размещают на почве выработки на расстоянии не менее 30 м от проходческого забоя. При удалении забоя на 200 м машину перемещают и вновь устанавливают на почве выработки на таком же расстоянии.

Технология заполнения сводовой части закрепного пространства по совмещённой схеме пневматическим способом с радиальной подачей материала (рис. П.7.2, б, условное обозначение 2с) отличается от технологии полного заполнения по этой же схеме (условное обозначение 2) лишь тем, что набрызг производится только по кровле выработки.

Технология полного заполнения закрепного пространства по параллельно-совмещённой схеме с подачей материала пневматическим способом в осевом направлении (рис. П.7.3, а, условное обозначение технологии 3) включает в себя следующие процессы:

- доставку материалов к месту производства работ;
- гидроизоляцию контура выработки;
- гидроизоляцию сводовой части закрепного пространства со стороны верхнего бока выработки;
- устройство второго рабочего уровня;

- загрузку бетономшины материалом;
- набрызг затворённой смеси с торца выработки в зазор между межрамным ограждением и породным обнажением;
- перемещение тампонажного оборудования при необходимости.

Доставку материалов к месту производства работ и загрузку бетономшины производят так же, как при заполнении по совмещённой схеме (условное обозначение 2).

Если в качестве межрамного ограждения используется рештчатая затяжка, то гидроизоляция контура выработки производится с помощью полос из рулонного стекловолоконистого ограждения. Гидроизоляция сводовой части закрепного пространства осуществляется закреплением конца полосы из РСО на анкерах.

Если в качестве межрамного ограждения используются железобетонные затяжки, то тщательная гидроизоляция контура выработки не требуется. В этом случае заделываются вручную только крупные щели. Гидроизоляция сводовой части закрепного пространства производится закладкой зазора между затяжкой и породным обнажением деревянными вставками и паковочной тканью.

Для одновременного выполнения операций по заполнению закрепных пустот с работами проходческого цикла необходимо устройство второго рабочего уровня. С этой целью сооружаются подвесные подмости. Они состоят из крючьев, закрепляемых в замках крепи, и не менее двух щитов шириной 0,5 м каждый из досок толщиной 40–50 мм.

При подаче материала сопло вводится со стороны забоя в зазор между крепью и породным обнажением в самом низком месте. По мере заполнения закрепных пустот оно периодически перемещается по периметру крепи снизу вверх.

После заполнения закрепных пустот производится продувка трубопровода и шланга и очистка бетономшины от остатков материала.

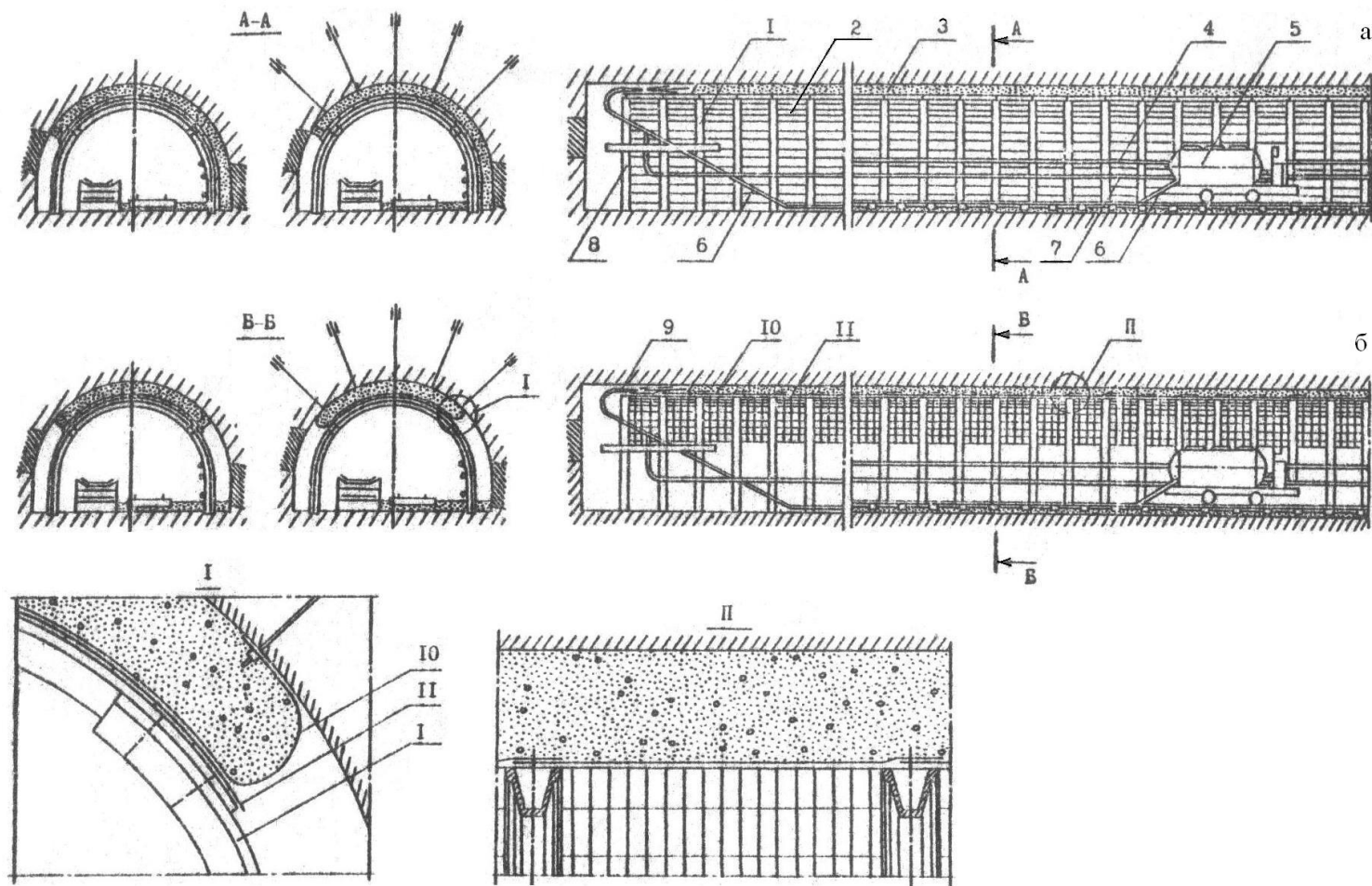


Рис. П.7.3. Параллельно-совмещённая технологическая схема с заполнением пневматическим способом:
 а – 3, с полным заполнением; б – 3с, с частичным заполнением;
 1 – арочная податливая крепь; 2 – железобетонная затяжка; 3 – заполненное твердеющим материалом закрепное пространство; 4 – трубопровод сжатого воздуха; 5 – пневмобетономашина; 6 – нагнетательный рукав; 7 – водопровод;
 8 – подмости; 9 – сопло; 10 – полосы из РСО; 11 – решётчатая затяжка

Бетономашину размещают на почве выработки на расстоянии не менее 30 м от проходческого забоя. При удалении забоя на 200 м машину перемещают и вновь устанавливают на почве выработки на таком же расстоянии.

Технология заполнения сводовой части закрепного пространства по параллельно-совмещённой схеме с подачей материала пневматическим способом в осевом направлении (рис. П.7.3, б, условное обозначение 3с) имеет следующие отличия от технологии полного заполнения по этой же схеме (условное обозначение 3);

- гидроизоляция сводовой части закрепного пространства производится с обоих боков выработки;

- набрызг осуществляется только в зазор между верхняком и породным обнажением.

В методах выполнения процессов заполнения отличий нет.

Технологии заполнения закрепного пространства по параллельно-совмещённой схеме с подачей материала гидромеханическим способом в рукава или мешки, уложенные за крепь (рис. П.7.4), условное обозначение технологии 3р и 3см, соответственно) включают в себя следующие процессы:

- доставку материалов и специальных рукавов (мешков) к месту производства работ;

- укладку специальных рукавов (мешков) на крепь;

- приготовление и нагнетание раствора;

- перемещение тампонажного оборудования вслед за подвиганием забоя.

При комбайновой проходке обеспечивается небольшой зазор между крепью и породным обнажением. В этом случае возможно применение специальных тканевых рукавов диаметром 20–30 см и длиной, соответствующей размерам арок и верхняков. Середина каждого рукава маркируется краской, один из его концов перевязывается. Затем рукав скатывается от концов к середине.

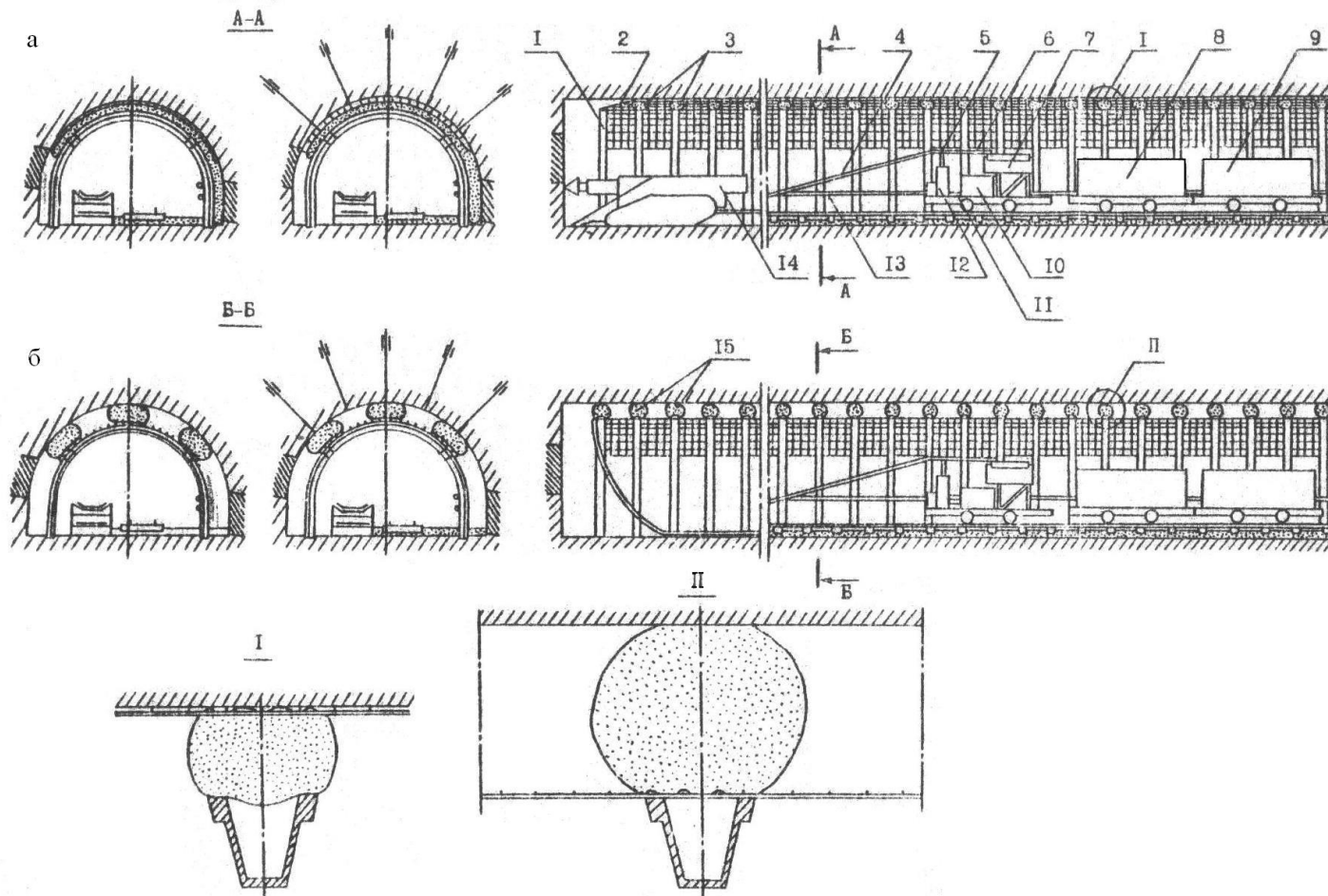


Рис. П.7.4. Параллельно-совмещённая технологическая схема с заполнением твердеющими материалами гидромеханическим способом: а – Зр, с подачей раствора в специальные рукава; б – Зсм, с подачей раствора в специальные мешки; 1 – арочная податливая крепь; 2 – решётчатая затяжка; 3 – тканевый рукав, заполненный раствором; 4 – нагнетательный рукав; 5 – трёхходовой кран; 6 – перепускной рукав; 7 – растворосмеситель; 8 – вагонетка с заполнителем; 9 – вагонетка с вяжущим веществом; 10 – приёмная ёмкость; 11 – перепускной рукав; 12 – растворонасос; 13 – водопровод; 14 – комбайн; 15 – тканевый мешок, заполненный раствором

В забое выработки скатанный рукав накладывается на верхняк установленной рамы и раскатывается по направлению от середины верхняка к стойкам. Укладка облегчается наличием маркировки на середине рукава. После этого устанавливается сетчатая затяжка. Рекомендуется каждый рукав свободно привязывать к соответствующему звену крепи по меньшей мере в двух точках.

Тампонажное оборудование размещается на расстоянии от проходческого забоя в 30–100 м и периодически перемещается вслед за его продвижением. Работы по приготовлению раствора аналогичны описанным выше (технология 1).

В качестве подающего трубопровода используется шланг диаметром 50 мм, проложенный и жёстко закреплённый на рамках крепи.

Раствор подаётся через патрубки, которые вводятся в открытые концы рукавов и закрепляются зажимами. Патрубок представляет собой отрезок трубы диаметром 50 мм и длиной 300 мм. К нему приварен штуцер для соединения со шлангом. Подачу раствора прекращают при достижении давления 0,3 МПа.

При буровзрывной проходке из-за значительных зазоров между крепью и породным обнажением вместо рукавов применяются специальные мешки (подушки). Их изготавливают из тканевого материала или РСО. Размеры мешков определяются величиной закрепных пустот и составляют от 50×50 см до 80×80 см. В один из углов мешка вводится патрубок и закрепляется зажимами. К патрубку приварен штуцер.

В забое выработки мешки укладываются на установленные рамы. На каждую раму обычно укладывается 3 мешка – один на середине верхняка и два на узлах податливости. Межрамное ограждение устанавливается под мешками. Перед нагнетанием раствора рамы расклинивают. Подача раствора осуществляется сначала в верхний мешок, а затем в боковые. Нагнетание прекращают при достижении давления 0,3 МПа.

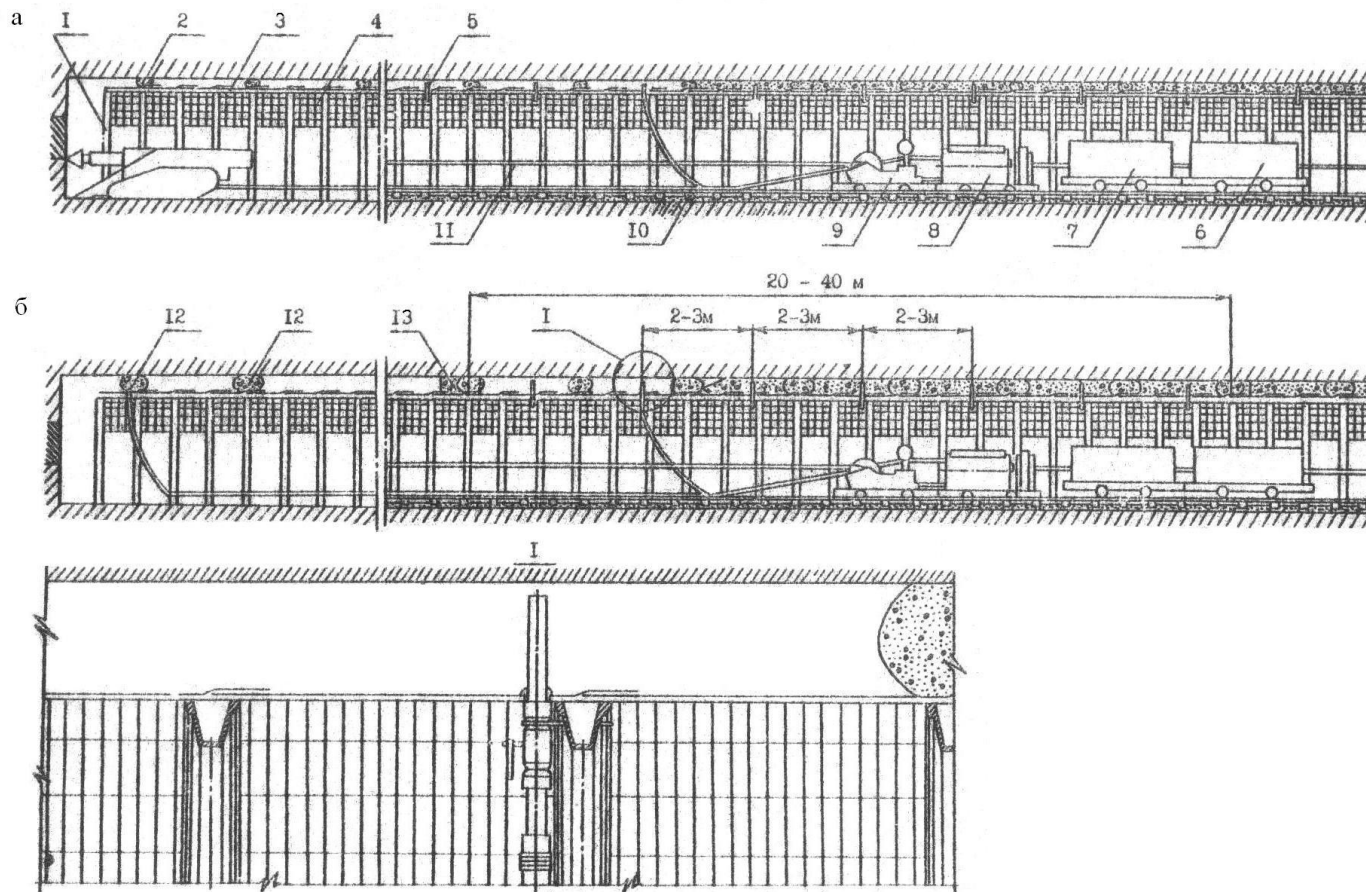


Рис. П.7.5. Комбинированная технологическая схема с заполнением гидромеханическим способом:
 а – $3p + 1$ или $3p + 1c$, с подачей раствора и последующим проведением тампонажа по параллельной схеме; б – $3cm + 1$ или $3cm + 1c$, с подачей раствора в специальные мешки и последующим проведением тампонажа по параллельной схеме;
 1 – арочная податливая крепь; 2 – тканевый рукав, заполненный раствором; 3 – полосы из РСО; 4 – решётчатая затяжка;
 5 – кондуктор; 6 – вагонетка с вяжущим веществом; 7 – вагонетка с заполнителем; 8 – смеситель; 9 – буровой насос;
 10 – нагнетательный шланг; 11 – водопровод; 12 – тканевый мешок, заполненный раствором; 13 – тампонажная перемычка

При производстве тампонажных работ по комбинированной технологии (рис. П.7.5, условное обозначение 3см +1; 3р +1; 3см +1; 3р +1с) в непосредственной близости к проходческому забою рукава (мешки) укладываются на рамы (обычно через две на третью) и заполняются раствором по технологии 3р (3см). На удалении от забоя производится заполнение оставшихся закрепных пустот по технологии 1 или 1с, но со следующими отличиями:

- кондукторы устанавливаются в своде выработки в каждый пролёт между рамами, на которые уложены рукава (мешки), обычно через 3 м;
- при использовании рукавов последние выполняют функции тампонажных перемычек, поэтому заполнение осуществляется короткими участками (обычно по 3 м);
- затяжка располагается под рукавами.

Средства механизации заполнения закрепного пространства горных выработок

Перечень и технические характеристики серийных средств механизации, которые могут быть использованы при тампонаже выработок гидромеханическим способом, приведены ниже.

Показатели	Марка насоса					
	НБ3-120/140	НБ4-320/63	НБ5-320/100	11ГрЦИ	НБ-50	НБ-32
Подача, м ³ /ч	0,9–7,2	1,9–19,2	1,9–19,2	20; 32	23; 29,2; 35,6	17,6; 23; 29,2
Давление, МПа	4,2	6,3–3,0	10,0–3,0	10; 6,3	6,3; 5,0; 4,0	4,0; 4,0; 3,2
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	22	26	38	40	32
Размеры, мм:						
- длина	1970	2100	2100	1830	1860	1860
- ширина	910	1145	1145	735	740	740
- высота	980	880	880	1200	1445	1455
Масса, кг	680	1250	1250	964	1040	1040
Внутренний диаметр всасывающего / напорного рукавов, мм	50/38	50/38	50/38	113/50	113/50	113/50

Буровые насосы способны перекачивать растворы с мелким наполнителем и без него при водотвёрдом отношении 0,5 и более.

В насосах НБ-32; НБ-50; 11ГрЦИ изменение подачи (или давления нагнетания) осуществляется заменой цилиндрических втулок. Насосы НБЗ-120/40; НБ4-320/63; НБ5-320/100 снабжены механическим приспособлением для регулирования подачи. Для обеспечения надёжной работы насосов на грубодисперсных и быстросхватывающихся растворах их тарельчатые клапаны рекомендуется заменить шаровыми. Насосы монтируют на грузовых платформах и при необходимости перемещают по рельсовым путям.

Приготовление раствора для перекачивания в закрепное пространство указанными насосами должно осуществляться растворосмесителями непрерывного действия соответствующей производительности или циклическими растворосмесителями ёмкостью более 0,8 м³. Отечественная промышленность не выпускает шахтных растворосмесителей непрерывного действия. Серийные циклические бетономешалки типа БПШ (КГЛ-150, ГЛ-160, У-250 и др.), предназначенные для использования непосредственно в горных выработках, трудно приспособить для работы в комплексах с вышеупомянутыми насосами. К тому же они имеют низкую производительность (до 2,5 м³/ч), не пригодны для приготовления быстросхватывающихся растворов. Поэтому для работы в комплексах с этими насосами применяют лопастные или шнековые смесители индивидуального изготовления (в ремонтных мастерских шахт), например, растворосмеситель РП-1 (рис. П.7.6).

Техническая характеристика растворосмесителя РП-1

Объём раствора, приготовленного за цикл, м	1,0
Продолжительность перемешивания компонентов раствора, с	300–360
Частота вращения вала, с ⁻¹	0,5

Мощность электродвигателя, кВт	7,5
Основные размеры, мм: длина × ширина × высота от головки рельсов	2800×1400×1450
Масса, кг	1300

Смесители также изготавливают на базе шахтных вагонеток ёмкостью 2,5 или 3,5 м³ с приводом шнеков или лопастного вала от пневмо- или электродвигателя (рис. П.7.7).

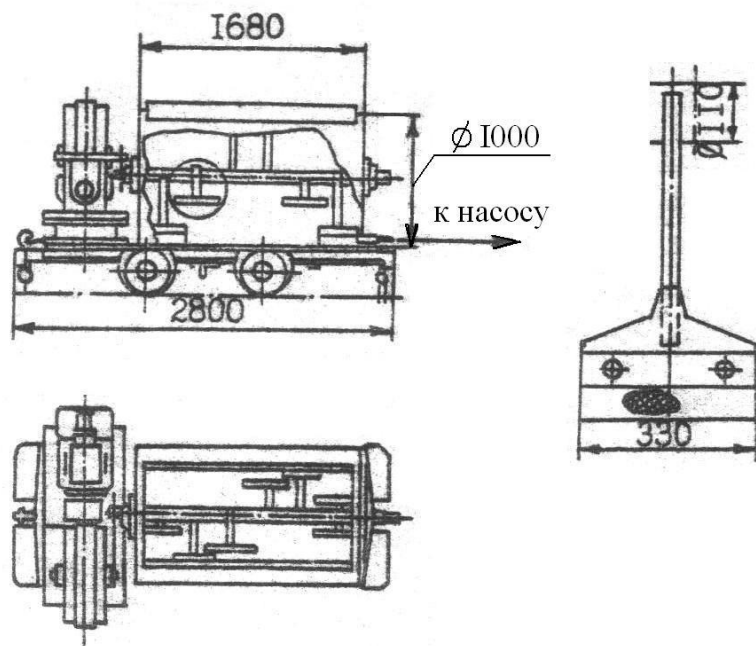


Рис. П.7.6. Растворосмеситель РП-1

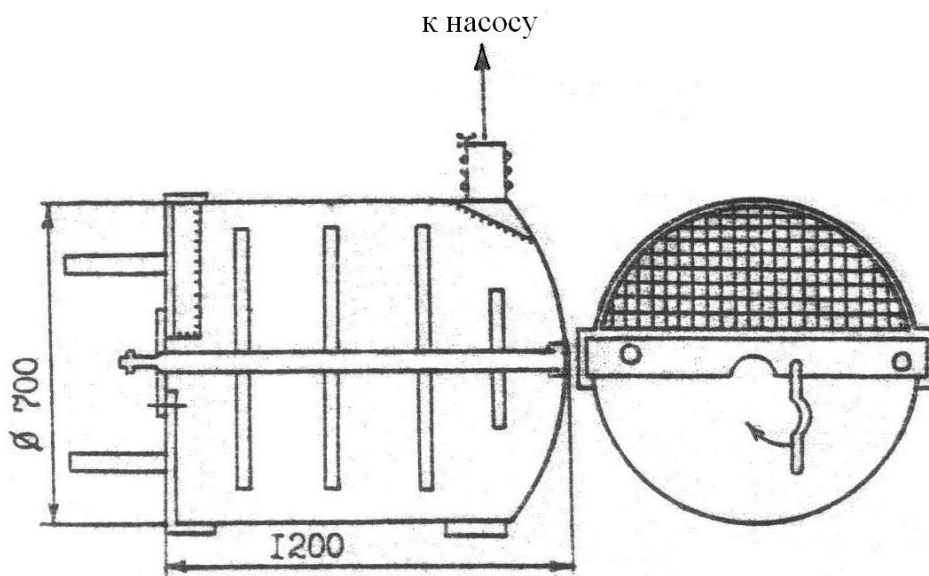


Рис. П.7.7. Смеситель с приводом от электро- или пневмосверла

Дальность транспортирования раствора от буровых насосов к месту укладки за крепь ограничивается расстоянием 200 м, что является недостатком, так как значительные габариты перечисленных насосов и

смесителей требуют их стационарного размещения, чаще всего в уширениях и специальных нишах, устройство которых вызывает дополнительные трудности.

Для приготовления и нагнетания малообразивных растворов (в основном растворов фосфогипса без заполнителя с водотвёрдым отношением более 0,35 используют агрегаты «Монолит-2(3)» или «Темп-22(550)» конструкции ВНИИГД (г. Донецк). Эти агрегаты компактны, их несложно перемещать вслед за подвиганием проходческого забоя. Дальность подачи по горизонтам – до 50 м.

В комплексе с растворонасосами рекомендуется применять серийные смесители СО-46 и СБ-43 или смесители индивидуального изготовления вместимостью 0,20–0,30 м³ с приводом от ручного электро- или пневмосверла (рис. П.7.7). Растворонасосами можно перекачивать растворы с мелким заполнителем и без него при водотвёрдом отношении 0,35 и более. Растворонасос и смеситель устанавливают на платформе, выполненной на базе стандартной вагонетки.

Техническая характеристика тампонажных агрегатов

Показатели	Тип агрегата	
	«Монолит-2(3)»	«Темп-2(550)»
Производительность, м ³ /ч	7–9	7–9
Давление нагнетания, МПа	1,0	1,0
Мощность привода, кВт	15	15
Основные размеры, мм:		
- длина	2100	2310 (2100)
- ширина	660	660
- высота	980	980
Масса, кг	445	420

Техническая характеристика растворонасосов

Показатели	Марка насоса					
	СО-30	СО-48	СО-49	СО-50	СО-58	СО-263

Подача, м ³ /ч	4	2	4	6	6	3
Дальность подачи раствора, м:						
- по горизонтали	100	50	150	200	200	150
- по вертикали	30	15	30	40	40	35
Мощность электродвигателя, кВт	4,0	2,0	4,5	7,0	4,5	2,8
Основные размеры, мм:						
- длина	1470	1160	1260	1200	1200	1160
- ширина	520	470	480	560	570	470
- высота	900	760	800	1000	890	760
Масса (без бункера), кг	254	195	254	450	650	198
Примечание – Максимальное рабочее давление равно 1,5 МПа для всех типов растворонасосов						

Техническая характеристика растворосмесителей

Показатели	Марка смесителя	
	СО-46А	СБ-43
Производительность, м ³ /ч	2,0	2,0–2,6
Вместимость при загрузке, м ³	0,080	0,080
Объём готового замеса, м ³	0,065	0,065
Частота вращения смесительного органа, с ⁻¹	0,53	9,2
Продолжительность перемешивания, с	60–120	10–20
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	3,0
Основные размеры, мм:		
- длина	1600	1470
- ширина	710	585
- высота	1130	895
Масса, кг	210	160

Для нанесения гидроизоляционного покрытия на поверхность межрамного ограждения и крепи, а также для нагнетания раствора в закрепные пустоты могут использоваться машины для мокрого набрызгбетонирования МНБ-1, «Тампонаж-1».

Техническая характеристика машин для мокрого набрызгбетонирования

Показатели	Тип машины
------------	------------

	МНБ-1	«Тампоаж-1»
Производительность, м ³ /ч	4 ± 0,5	5 ± 0,5
Объём готового замеса в смесителе, л	165	1000
Вместимость бункера, л	220	–
Мощность двигателя, кВт:		
- растворонасоса	7,5	11
- смесителя	7,5	18,5
Тип энергии привода	Пневматическая	
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4–0,5	0,4
Расход воздуха, м ³ /мин,	21	28
в том числе на набрызг	5	5
Крупность заполнителя, мм, не более	5	5
Основные размеры, мм:		
- длина	3450	3450
- ширина	1160	1320
- высота	2080	1940
Высота по загрузке, мм	1820	1370
Масса машины, кг	2200	2450

Составы для заполнения закрепного пространства

Для тампоажа закрепных пустот применяют составы, прочность которых в отверждённом состоянии (через 28 суток) не менее 10 МПа. При проведении заполнения по совмещению или параллельно совмещённой схеме предъявляют дополнительные требования к тампоажным составам:

- начало твердения (схватывания) – не более 1 ч;
- конец твердения – не более 3 ч;
- прочность на сжатие в суточном возрасте – не менее 5 МПа.

Составы для тампоажа гидромеханическим способом приведены ниже.

Составы цементно-песчаных растворов

Состав раствора (Ц : П : В)	Расход компонентов для приготовления 1 м ³ раствора, кг		
	Цемент	Песок	Вода

1 : 2 : 1	480	960	480
1 : 3 : 1,1	392	1176	423
1 : 3 : 2	288	865	576
1 : 4 : 1,6	292	1168	458
1 : 5 : 2,1	228	1142	488

Для увеличения подвижности растворов и предотвращения их расслаивания применяют пластифицирующие добавки: сульфитно-дрожжевую бражку (сульфитно-спиртовую барду) в количестве 0,2–0,3 % веса цемента или бентонит в количестве 1–4 %.

Рецептура фосфогипсовых растворов без наполнителя

Содержание воды в растворе, % от массы вяжущего вещества	Объём раствора, м ³	Состав раствора		
		Фосфогипсовое вяжущее, кг	Вода, л	Замедлитель схватывания (Na ₃ PO ₄), кг
35	0,6	510	175	0,61
	0,8	680	230	0,81
	1,0	850	290	1,02
	1,2	1020	350	1,22
	1,4	1190	410	1,43
	1,6	1360	465	1,63
	1,8	1530	525	1,84
	2,0	1700	580	2,05

Рецептура фосфогипсовых растворов с наполнителем

Содержание компонентов в растворе			Объём раствора, м ³	Состав раствора			
Фосфогипсовое вяжущее, %	Песок (% от массы вяжущего)	Вода (% от массы вяжущего)		Фосфогипсовое вяжущее, кг	Песок, кг	Вода, л	Замедлитель схватывания (Na ₃ PO ₄), кг
100	50	35	0,6	400	210	140	0,48
	50		1,0	670	335	230	0,80
	50		1,4	940	470	320	1,12
	50		2,0	1340	670	460	1,6
	100		0,6	330	330	115	0,40
	100		1,0	550	550	190	0,66
	100		1,4	770	770	270	0,92
	100		2,0	1100	1100	390	1,32

Составы магниевых растворов

Компонент	Состав 1	Состав 2
-----------	----------	----------

	Содержание компонентов , %	Расход на 1 м ³ раствора, кг	Содержание компонентов , %	Расход на 1 м ³ раствора, кг
Водный раствор хлористого магния плотностью 1,24·10 ³ – 1,26·10 ³ кг/м ³ , ГОСТ 4209-77	40	667	42	661
Порошок магнезитовый каустический марки ПМК75 ГОСТ 1216-87	48	800	–	–
Порошок магнезитовый каустический марки ПМК83 ГОСТ 1216-87	–	–	50	787
Глина бентонитовая ТУ 39-043-74	12	200	8	126

При пневматическом способе тампонажа в набрызгбетонных смесях в качестве вяжущего рекомендуется применять портланд, шлакопортланд, гипсоглиноземнистые и водонепроницаемые расширяющиеся цементы марки не ниже 400, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 10178-85, а также фосфогипс.

В качестве мелкого заполнителя предпочтительно применении крупнозернистых песков. Влажность песка должна быть не менее 2–5 %.

Составы доломитовых растворов

Компонент	Содержание компонентов, %	Расход на 1 м ³ раствора, кг	Содержание компонентов, %	Расход на 1 м ³ раствора, кг
Доломитовый порошок (пыль) ПГД	66	1150	25	465
Песок	–	–	50	930
Вода	34	580	25	460

В качестве крупного заполнителя следует применять щебень из природного камня с максимальной крупностью фракций 15 мм.

Возможно также применение гранулированного доменного шлака и гранитного отсева с фракцией до 10 мм.

При внесении материала в закрепное пространство в радиальном направлении в состав смеси следует вводить химические добавки –

ускорители схватывания и отвердения. В зависимости от заданных сроков схватывания ориентировочное количество добавок приведено ниже.

Дозирование добавок в набрызгбетонных смесях

Добавки	Физическое состояние	Количество от массы цемента, %	Продолжительность схватывания, мин
ОЭС	Порошок	3–4	1–5
Фтористый натрий	Порошок	3–4	2–4
Хлористый кальций	Порошок или жидкость	3–5	10–12
Стекло натриево	Жидкость	3–10	1–15
Алюминат натрия	Жидкость	2–5	7–15
Хлористое железо	Жидкость	2–6	3–5

Срок хранения сухой смеси с влажностью заполнителей 2–5 %, приготовленной централизованно, но не должен превышать 4 ч.

При нанесении набрызгбетона на слабые и размокаемые горные породы водоцементное отношение не должно превышать 0,4; для обычных пород – 0,4-0,5.

Ориентировочные расходы материалов для разных марок набрызгбетона и цементов приведены ниже.

Составы набрызгбетонных смесей на основе цемента

Заполнители	Марка набрызг-бетона	Марка цемента	Содержание исходных компонентов в 1 м ³ бетонной смеси						Соотношение компонентов, %					
			По массе, кг			По объёму, л			По массе, кг			По объёму, л		
			Ц	П	Щ	Ц	П	Щ	Ц	П	Щ	Ц	П	Щ
Песок средней крупности, щебень	300	400	428	875	289	356	547	207	1	2,04	0,68	1	1,54	0,58
	300	500	342	865	397	285	541	284	1	2,52	1,16	1	1,89	0,99
	300	400	535	1064	–	445	665	–	1	1,98	–	1	1,49	–
	300	500	428	1206	–	356	754	–	1	2,81	–	1	2,11	–
Отходы камнедробления (отсев) средней крупности	300	400	535	1117	–	445	665	–	1	2,24	–	1	1,49	–
	300	500	428	1357	–	356	754	–	1	3,17	–	1	2,11	–
Примечание – При расчёте составов набрызгбетонных смесей принята плотность цемента 1200 кг/м ³ , песка – 1600 кг/м ³ , щебня – 1400 кг/м ³ и отходов камнедробления (отсева) – 1800 кг/м ³														

Сведения о стоимости и реквизитах компонентов тампонажных составов приведены ниже.

Реквизиты компонентов тампонажных составов

Материал	ГОСТ или ТУ	Завод-изготовитель	Стоимость 1 т, руб.
Порошок магнезитовый каустический марок ПМК-75 и ПМК-83	ГОСТ 1216-87	ОАО «Комбинат Магнезит», г. Сатка Челябинской обл.	
Магний хлористый технический (бишофит)	–	ООО «Волгоградский магниевый завод», р. п. Городище Волгоградской обл.	
Бентонитовая глина	ТУ 39-043-74	Природные месторождения бентонитов	
Пыль (мука) доломитовая	ТУ 14-105-676-01	ООО «Минерал Ресурс», г. Екатеринбург	
Фосфогипс	–	АО «Воскресенские минеральные удобрения», г. Воскресенск Московской обл.	

Расчёт расхода нагнетаемого раствора

Ориентировочный расход раствора как при полном, так и при частичном тампонаже гидромеханическим способом в зависимости от величины пустот закрепного пространства и степени трещиноватости приконтурного массива принимается равным 0,2–0,4 м³ на 1 м² поверхности крепи горной выработки.

Более точно расход нагнетаемого раствора при полном тампонаже 1 м горной выработки может быть определён по формуле:

$$V = [S_{вч} (k_{п} - 1)k_{заб} + PB_y k_{тр} k_{зап}] k_{ф} k_{н} + V_{сп}, \text{ м}^3,$$

где $S_{вч}$ – площадь поперечного сечения горной выработки вчерне, м²;

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий увеличение поперечного сечения

горной выработки за счёт переборов и вывалообразований горных пород, определяется в зависимости от сечения горной выработки.

При $S_{вч} < 8 \text{ м}^2 - k_{п} = 1,21$; при $S_{вч} = 8 - 15 \text{ м}^2 - k_{п} = 1,20$;

при $S_{вч} > 15 \text{ м}^2 - k_{п} = 1,19$;

$k_{заб}$ – коэффициент, учитывающий степень забутовки горной породой пустот закрепного пространства, $k_{заб} = 0,5-0,7$;

P – периметр крепи горной выработки, м;

B_y – глубина упрочнения горных пород зоны интенсивной трещиноватости, равная глубине проникновения тампонажного раствора, определяется в зависимости от величины показателя $\frac{\gamma H}{R}$.

Для раствора с водотвёрдым отношением $B : T \geq 0,5$:

при $\frac{\gamma H}{R} < 0,3 - B_y = 0$; при $0,3 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,4 - B_y = 0,2$;

при $0,4 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,5 - B_y = 0,4$; при $0,5 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,8 - B_y = 0,6$.

Для раствора с водотвёрдым отношением менее 0,5:

при $\frac{\gamma H}{R} < 0,3 - B_y = 0$; при $0,3 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,4 - B_y = 0,1$;

при $0,4 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,5 - B_y = 0,2$; при $0,5 \leq \frac{\gamma H}{R} < 0,8 - B_y = 0,3$;

$k_{тр}$ – коэффициент трещиноватости массива, изменяется от 0,02 до 0,08;

$k_{зап}$ – коэффициент, учитывающий степень заполнения крупных трещин приконтурной зоны массива раствором, $k_{зап} = 0,5$;

$k_{ф}$ – коэффициент, учитывающий отфильтрование и отжим жидкой фазы раствора при нагнетании. Принимается в зависимости от состава раствора:

Ц : П : В	$k_{ф}$
1 : 3 : 2	1,33
1 : 4 : 2	1,30
1 : 5 : 2	1,25
1 : 6 : 1,75	1,20

$k_{н}$ – коэффициент, учитывающий потери раствора из-за некачественной гидроизоляции поверхности крепи и просачивания его в местах контакта

крепи с почвой, $k_n = 1,15$;

$V_{\text{сп}}$ – количество раствора, заполняющего жёлоб спецпрофиля крепи, определяется по формуле:

$$V_{\text{сп}} = \omega P n, \text{ м}^3,$$

где ω – объём внутренней части жёлоба 1 м спецпрофиля. Определяется в зависимости от типоразмера спецпрофиля:

для СВП-22 – $\omega = 0,0075 \text{ м}^3$; для СВП-27 – $\omega = 0,0081 \text{ м}^3$;

для СВП-33 – $\omega = 0,0087 \text{ м}^3$;

n – плотность установки крепи, рам/м.

Расход сухой смеси при полном тампонаже 1 м выработки пневматическим способом с осевой подачей материала в закрепное пространство может быть определён по формуле:

$$V = S_{\text{вч}} (k_n - 1), \text{ м}^3.$$

Расход сухой смеси при полном тампонаже 1 м выработки пневматическим способом с радиальной подачей материала в закрепное пространство может быть определён по формуле:

$$V = S_{\text{вч}} (k_n - 1) k_{\text{от}}, \text{ м}^3,$$

где $k_{\text{от}}$ – коэффициент, учитывающий отскок набрызгиваемой смеси; при использовании ускорителя схватывания (4 % жидкого стекла от массы цемента)

$k_{\text{от}} = 1,08-1,15$, без добавки $k_{\text{от}} = 1,20-1,25$.

Расход материала при частичном тампонаже 1 м выработки может быть определён по формуле:

$$V_{\text{ч}} = \frac{P_3}{P} V, \text{ м}^3,$$

где P_3 – часть периметра крепи, над которой производят заполнение закрепных пустот, м.

Расход материала на 1 м выработки при его нагнетании в специальные ёмкости (рукава, мешки), уложенные за крепь, может быть определён по формуле:

$$V_{\text{ч}} = V_{\text{е}} n, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{е}}$ – объём ёмкостей, уложенных на спецпрофиль в закрепном пространстве, м^3 .

Приложение 8

МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ КРЕПИ СОПРЯЖЕНИЙ

Крепёжь сопряжения КСМП

Крепёжь сопряжения КСМП (рис. П.8.1, а и П.8.1, б) применяется для поддержания сопряжения выемочного штрека с лавой при маломощном пласте угля. Крепёжь КСМП состоит из средней секции 1 и крайних секций 2. Средняя секция состоит из каретки 3 с пазами 4, на которой установлены гидростойки 5 с направляющими 6 под продольные блоки 7 крайних секций крепи, гидростойки 8, которые расположены в одной плоскости с соответствующими гидростойки 5 средней секции.

Каждая гидравлическая стойка 8 установлена на опорных плитах 9. Плита имеет шарнирную связь 10 с торцевыми частями направляющих балок 11, входящих в продольные пазы 4 каретки 3. В свою очередь, каждая направляющая балка 11 соединена с кареткой 3 гидродомкратами передвижения 12 с двух сторон. На каретке 3 укреплены поперечные направляющие 13 для установки привода 14 лавного конвейера 15. Прокладки 15 предназначены для обеспечения распора продольных балок направляющими 6 гидростоек средней секции 1 крепи.

Для обеспечения возможности использования крепи сопряжения в выработках с различной формой исполнения предусмотрены рессоры 17 под каждую гидростойку 8 и шарнирные элементы 18 в креплении гидростоек 5 и 8. В конструкции крепи предусмотрены гидродомкраты 19.

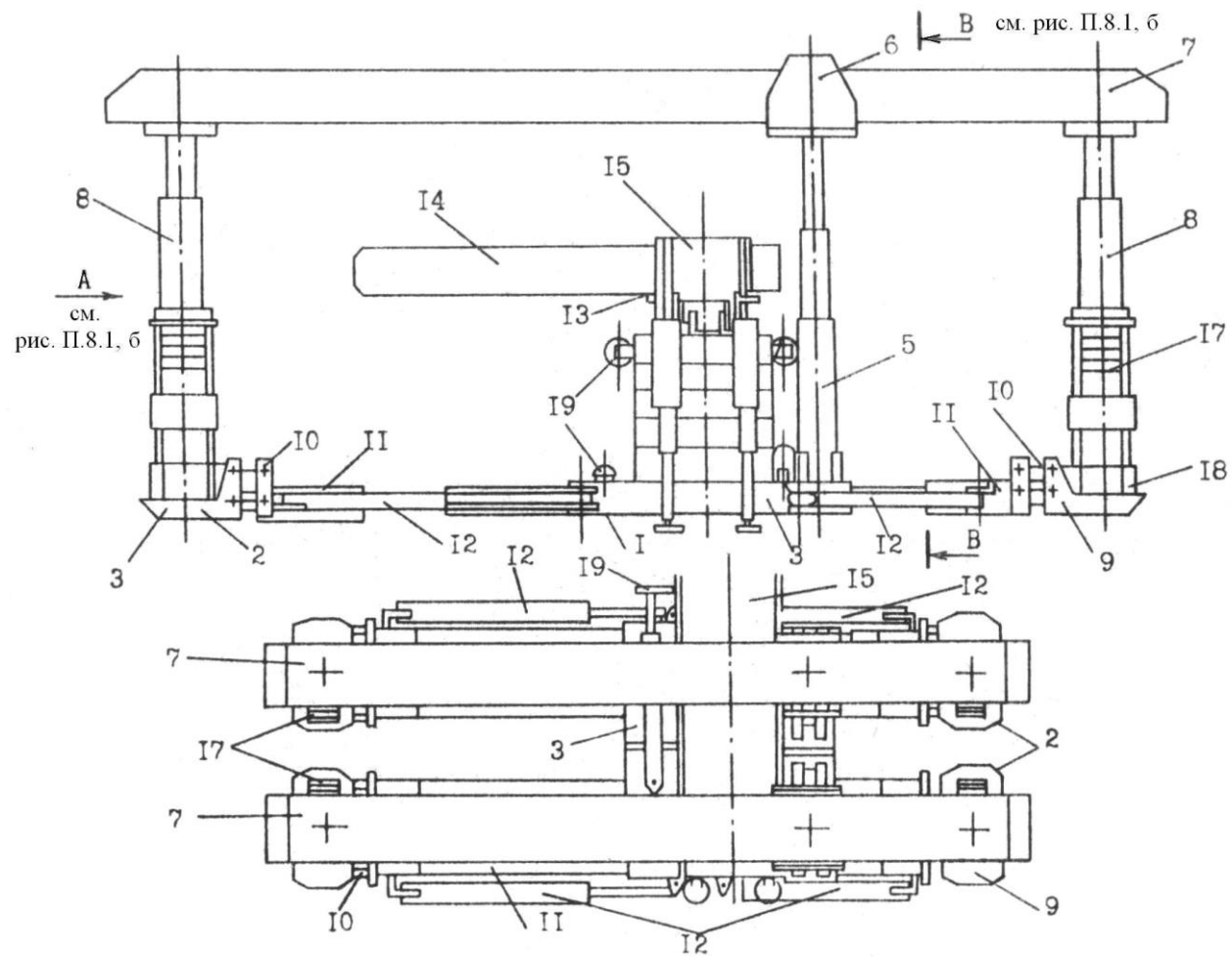


Рис. П.8.1, а. Крепь сопряжения КСМП

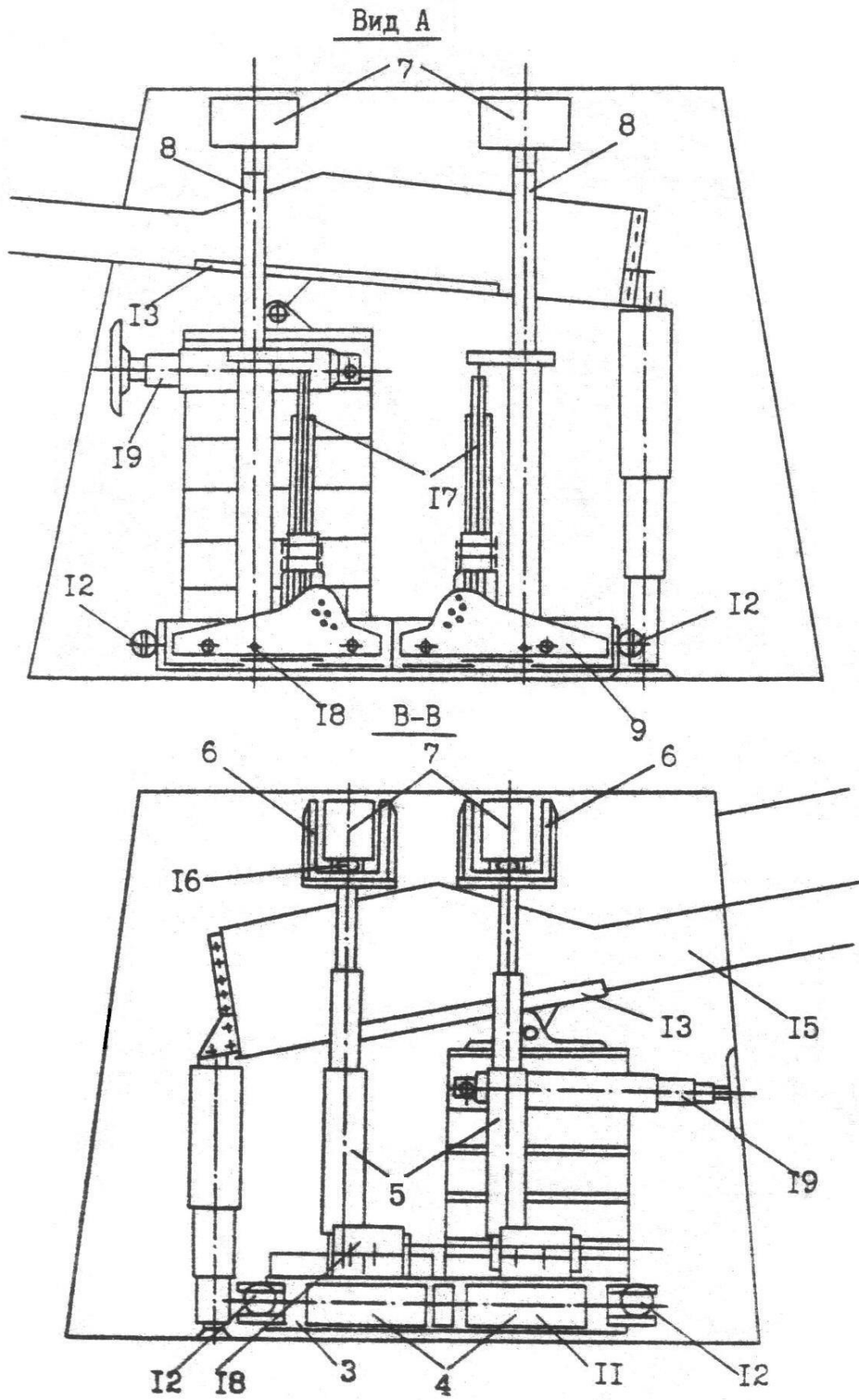


Рис. П.8.1, б. Крепь сопряжения КСМП

Механизированная крепь сопряжения для выработок, закреплённых арочной крепью

Механизированная крепь сопряжения с подготовительной выработкой, разработанная изобретателями шахты им. 50-летия Октября ПО «Гуковуголь», состоит из двух секций, поочерёдно передвигаемых параллельно оси выработки (см. рис. П.8.2).

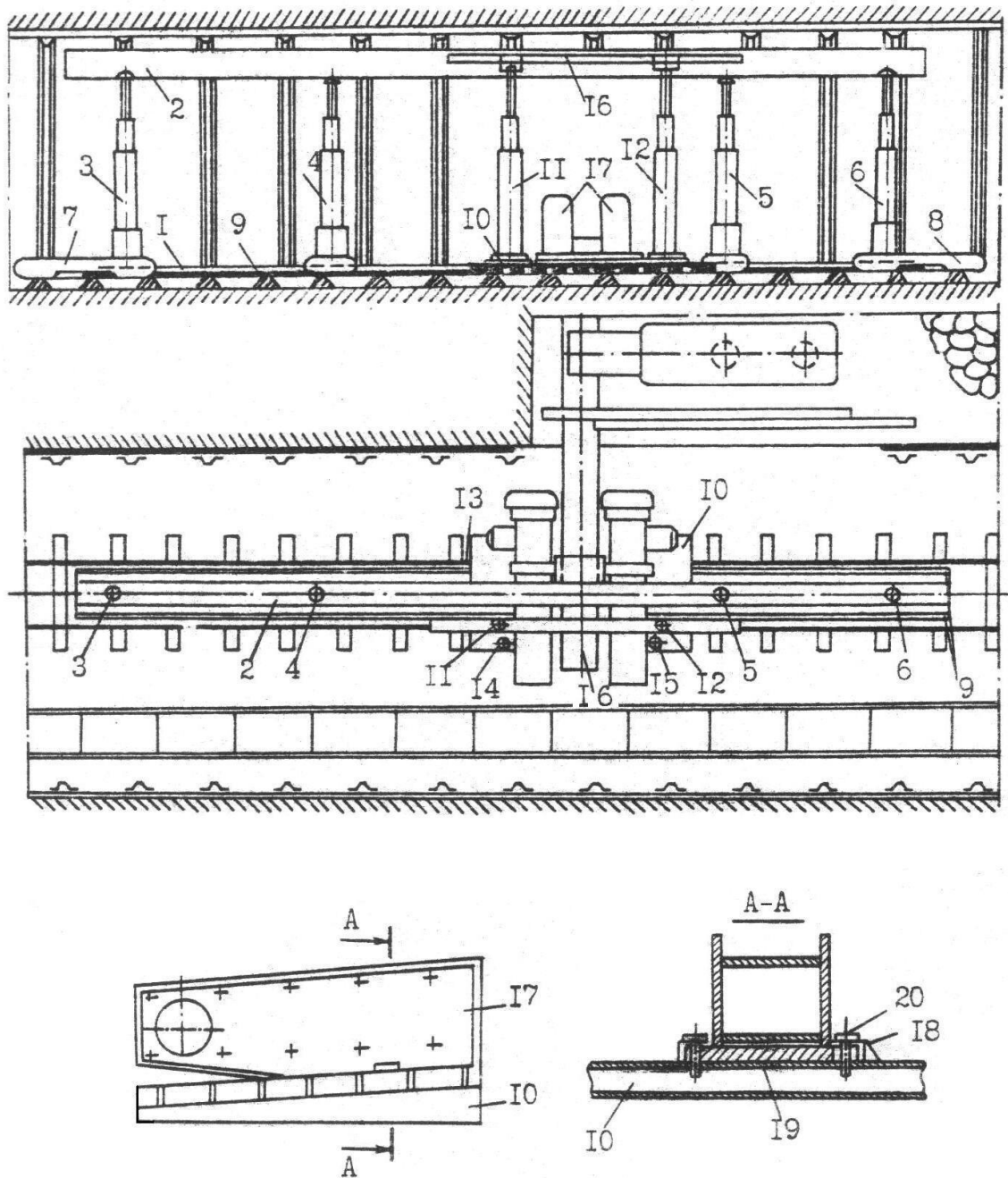


Рис. П.8.2. Механизированная крепь сопряжения

Внутренняя секция состоит из основания 1, податливого балочного верхняка 2, гидростойки 3, промежуточных гидростоек 4 и 5 с насадками, гидростойки 6 и гидродомкратов 7 и 8 передвижки.

Основание выполнено в форме короба из металлического листа и балок двутаврового профиля и размещено в направляющем устройстве 9, например, в колее рельсового пути, используемого обычно в конвейерных штреках.

Верхняя секция состоит из основания 10, выполненного в виде стола с закреплёнными в нём гидростойками 11 и 12. Основание снабжено гидродомкратом 13 передвижки и двумя гидродомкратами 14 и 15 подъёма. Гидростойки 11 и 12 связаны с металлическим верхняком 16. Основание 10 расположено над основанием 1 внутренней секции, опирается на него и несёт размещённый между гидростойками 11 и 12 внешней рамы привод лавного конвейера.

Для обеспечения полужёсткой связи между приводами 17 и основанием 10 на основании установлены поперечные направляющие 18 в виде лап, которые удерживают пластину 19, приваренную к нижней плоскости приводов конвейера, от поперечного смещения привода. Направляющие ограничивают смещение привода также и в вертикальной плоскости. Для ограничения перемещения привода вдоль направляющих 18 применяются стопоры 20, которые устанавливаются в отверстия, имеющиеся в полке направляющей 18 и в полке основания 10 внешней рамы.

Расположение основания 10 с приводом 17, перемещаемого по основанию внутренней рамы, можно отрегулировать по ширине выработки благодаря гибкой кинематической связи между домкратом основания 13 и основанием 1, а по высоте – с помощью гидродомкратов подъёма.

Механизированная крепь сопряжения работает следующим образом. В исходном положении внутренняя секция, имеющая опережающий верхняк, выдвинута вперёд. Основание внешней секции с приводом лавного

конвейера находится в хвостовой части внутренней секции. Все гидростойки распёрты.

После выемки полосы угля в лаве снимается распор с гидростоек 11 и 12 и привод лавного конвейера под действием гидродомкрата 13 передвигается по основанию внутренней секции на шаг выемки, затем гидростойки 11 и 12 снова распираются.

По мере движения вперёд привода лавного конвейера гидростойки 4 и 5 передвигаются по основанию внутренней рамы на новое место с помощью гидродомкрата 7 и 8 передвигки, для чего гидростойки предварительно разгружают от давления, а на новом месте снова распирают. После того, как привод лавного конвейера во внутренней секции займёт крайнее переднее положение, передвигается внутренняя секция.

Перед передвигкой внутренней секции с помощью гидродомкратов 14 и 15 подъёма поднимают основание 10 с приводом лавного конвейера 17 и распирают гидростойки 11 и 12 внешней рамы.

Затем снимается распор с гидростоек 3–6 и внутренняя секция передвигается в колее её рельсового пути с помощью гидродомкрата 7, на шток которого навешено прицепное устройство. После передвигки внутренней рамы в исходное положение гидростойки 3–6 распирают, затем основание 10 внешней секции с помощью гидродомкратом 14 и 15 опускают на основание 1 внутренней рамы и регулируют распор гидростоек 11 и 12 внешней секции.

Гидродомкрат 8 передвигку использует для корректировки положения основания 10, передвигки промежуточной гидростойки 5, извлечения ножек арочной крепи и других работ на сопряжении. Такое выполнение крепи сопряжения позволяет обеспечить сохранение крепи подготовительной выработки для повторного использования и получить при этом лучшие технико-экономические показатели по сравнению с крепями, применяемыми в выработках арочной формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках Л.: ВНИМИ, 1982. – 120 с.
2. Разупрочнение труднообрушаемых кровель угольных пластов / С. Г. Кузнецов, Ю. А. Семёнов и др. / М. : «Недра», 1987. – 200 с.
3. Докукин А. В., Коровин Ю. А., Яковлев Н. И. Механизированные крепи и их развитие М.: «Недра», 1984. – 288 с.
4. Методика отнесения шахтопластов к трудноуправляемым по горному давлению. Донецк, 1990. – 12 с.
5. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Л.: ВНИМИ, 1984. – 62 с.
6. Рекомендации по управлению кровлей и креплению в лавах со сложными горно-геологическими условиями / Дополнение к «Руководству по управлению кровлей и креплению очистных забоев на пластах с углом падения до 35°. Донецк, 1976 / Донецк, 1983. – 98 с.
7. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Л.: ВНИМИ, 1982. – 136 с.
8. Методическое руководство по укреплению углепородных массивов химическим анкерованием. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1987. – 39 с.
9. Методическое руководство по упрочнению неустойчивых горных пород нагнетанием полиуретанового состава. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1985. – 26 с.
10. Указания о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах. Л.: ВНИМИ, 1986. – 42 с.
11. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л.: ВНИМИ, 1985. – 22 с.

12. Инструкция по выбору рамной металлической податливой крепи горных выработок. Л.: ВНИМИ, 1986. – 50 с.

13. Руководство по охране повторно используемых подготовительных выработок отсечными скважинами на шахтах Минуглепрома УССР. Донецк, 1986. – 16 с.

14. Временное руководство по применению фосфогипсового вяжущего на угольных шахтах. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1985. – 36 с.

15. Руководство по применению крепей, использующих несущую способность упрочнённого массива. Макеевка: МакНИИ, 1984. – 60 с.

16. Временная инструкция по охране выемочных выработок полосами из твердеющих материалов. М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1981. – 20 с.

17. Закладочные работы в угольных шахтах. Справочник (ред. Бражников Д. М., Цыганков М. Н.), М., Недра, 1989. – 400 с.

18. Отраслевая инструкция по применению рамных и анкерных крепей в подготовительных выработках. М., ИГД им. А.А. Скочинского, 1985. – 148 с.

19. Руководство по управлению кровлей и креплению очистных забоев на пластах с углом падения до 35°. Донецк, ДонУГИ, 1976. – 108 с.

20. Прогрессивные паспорта крепления, охраны и поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой технологии отработки угольных пластов. Л.: ВНИМИ, 1985. – 112 с.

21. Временные технологические схемы охраны подготовительных выработок полосами из твердеющих смесей для бесцеликовой отработки угольных пластов, М., ИГД им. А. А. Скочинского, 1987.

22. Руководство по выбору параметров способа охраны подготовительных выработок литыми полосами в условиях шахт Донбасса. Донецк, ДонУГИ, 1987.

23. Временное руководство по прогнозу пучения породы шахт Донбасса на стадии геологоразведочных работ. Донецк, ДонУГИ, 1986.

24. Борзых А. Ф., Данилов А. А., Тоцкий А. В. Расчёт ожидаемых нагрузок на опоры из железобетонных блоков для охраны подготовительных выработок. // Уголь. – 1988 . – № 9. – С. 11–14.

25. Храпаль В. А., Десятерик Н. И., Кардаков В. Е., Литвинов Ю. Д. Бесцеликовая охрана подготовительных выработок опорами высокой прочности и ограниченной податливости. // Уголь Украины. – 1977. – № 4. – С. 13–14.

26. Методические указания по выбору рациональных параметров управления горным давлением при основных системах разработки для шахт Ленинградского месторождения горючих сланцев. ВНИМИ, Л., 1981. – 60 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ	4
1.1. Прогнозирование обрушаемости пород кровли	5
1.2. Прогнозирование устойчивости пород непосредственной кровли в очистных забоях.....	15
1.3. Прогнозирование несущей способности почвы пласта.....	19
1.4. Выделение выемочных полей и их участков, трудноуправляемых по горному давлению	21
1.5. Прогнозирование устойчивости пород в подготовительных выработках.....	22
2. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ	28
2.1. Основные принципы управления горным давлением при ведении очистных работ	28
2.2. Условия применения и технология работ при различных способах управления горным давлением в лаве.....	30
2.3. Выбор крепи	38
2.3.1. Выбор сопротивления крепи	38
2.3.2. Выбор типоразмера крепи в очистном забое	42
2.3.3. Выбор шага расстановки крепи	46
2.4. Разупрочнение труднообрушающихся кровель угольных пластов	48
2.4.1. Передовое торпедирование	49
2.4.2. Гидромикроторпедирование	50
2.4.3. Принудительное обрушение кровли взрыванием скважинных зарядов над выработанным пространством.....	52
2.4.4. Принудительное обрушение кровли взрыванием шпуровых зарядов	53
2.4.5. Взрывогидрообработка.....	54
2.4.6. Выбор способа разупрочнения.....	54
2.5. Предотвращение вывалообразования в очистных забоях	60
2.5.1. Устройство опережающей штанговой крепи	63
2.5.2. Устройство опережающих ниш	65
2.5.3. Установка анкеров с точечным и сплошным закреплением	65
2.5.4. Нагнетание скрепляющих составов в породы кровли через предварительно пробуренные шпурсы	68
2.5.5. Выбор способов предотвращения вывалообразования в призабойном пространстве лав	71

2.6. Предотвращение обрушений пород на концевых участках лавы	74
2.7. Особенности управления горным давлением в забоях со слабыми почвами	78
2.8. Особенности управления горным давлением в зонах геологических нарушений	80
2.9. Управление горным давлением при выемке угля в лаве широкозахватными комбайнами и врубовыми машинами	81
2.10. Управление горным давлением при переходе подготовительных выработок очистными забоями	88
3. УПРАВЛЕНИЕ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ	95
3.1. Общие положения	95
3.2. Расчёт смещений кровли и почвы подготовительных выработок выемочных участков.....	97
3.2.1. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, погашаемых за очистным забоем	97
3.2.2. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, проводимых вприсечку к выработанному пространству	99
3.2.3. Определение смещения пород кровли и почвы в выработках, сохраняемых для повторного использования	100
3.2.4. Определение смещений пород кровли и почвы в выработках, проводимых за очистным забоем	101
3.3. Расчёт и выбор охраны выемочной выработки	102
3.3.1. Принципиальные рекомендации по охране выемочных выработок.....	102
3.3.2. Выбор способов охраны выемочных выработок при бесцеликовой выемке	104
3.3.3. Расчёт максимальных ожидаемых нагрузок на искусственные охранные конструкции	107
3.3.4. Расчёт параметров охранных конструкций	111
3.4. Выбор формы и размеров сечения выработки, типа и параметров крепи.....	127
3.5. Способы уменьшения смещений пород кровли в подготовительных выработках	130
3.6. Управление горным давлением при использовании технологии заполнения закрепного пространства	136
3.6.1. Технология заполнения закрепного пространства выработок твердеющими материалами.....	138
3.6.2. Выбор технологии заполнения закрепного пространства	141
3.7. Способы борьбы с пучением пород почвы	144
3.8. Управление горным давлением на сопряжении подготовительной выработки с очистным забоем	150

4. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ОТРАБОТКЕ СБЛИЖЕННЫХ ПЛАСТОВ	156
4.1. Поддержание выработок на сближенных пластах, выбор мест их заложения, порядка отработки пластов.....	157
4.2. Управление горным давлением в очистных забоях при отработке сближенных пластов.....	161
Приложение 1. Методика оценки состояния кровли в очистных забоях	166
Приложение 2. Давление на почву различных крепей.....	171
Приложение 3. Методы измерения сопротивления почвы вдавлению	172
Приложение 4. Управление кровлей на конечном участке лавы при выемке ниши нишевыемочной машиной МНФ	178
Приложение 5. Характеристика анкерных крепей	179
Приложение 6. Сведения о металлических податливых крепях	181
Приложение 7. Технологические схемы заполнения закрепного пространства, перечень используемого оборудования, материалов, расчёт необходимого количества материалов.....	193
Приложение 8. Механизированные крепи сопряжений.....	220
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	226